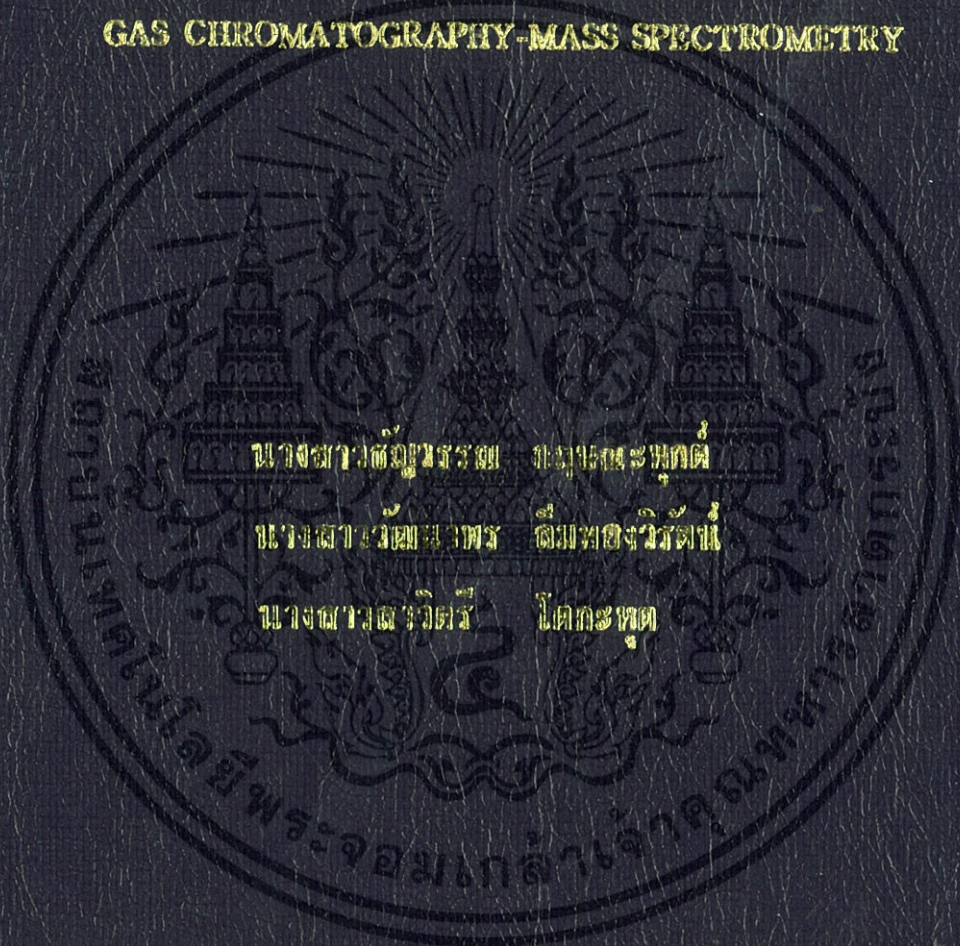


การวิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลในน้ำส้มควันไม้และควันจากการเผาผ่าน
กระดาษกรองด้วยเทคนิคเมตาดิสเพนโซติกเฟสไมโครเอกซแทรกชัน-

แก๊สโครมาโทกราฟี-แมตาดิสเพนโซติกเฟส

ANALYSIS OF PHENOLIC COMPOUNDS IN WOOD VINEGAR AND
WOOD SMOKE FROM BURNING COCONUT SHELL BY
HEADSPACE SOLID PHASE MICRO EXTRACTION-
GAS CHROMATOGRAPHY-MASS SPECTROMETRY



นางสาวศุภมาสร์ อภัยประสิทธิ์

นางสาวณิชาพร สิมทองวิรัตน์

นางสาวณิชาพร โคกกระทัน

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานศึกษาและพัฒนาศึกษาพิเศษเฉลิมเกล้า

สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม

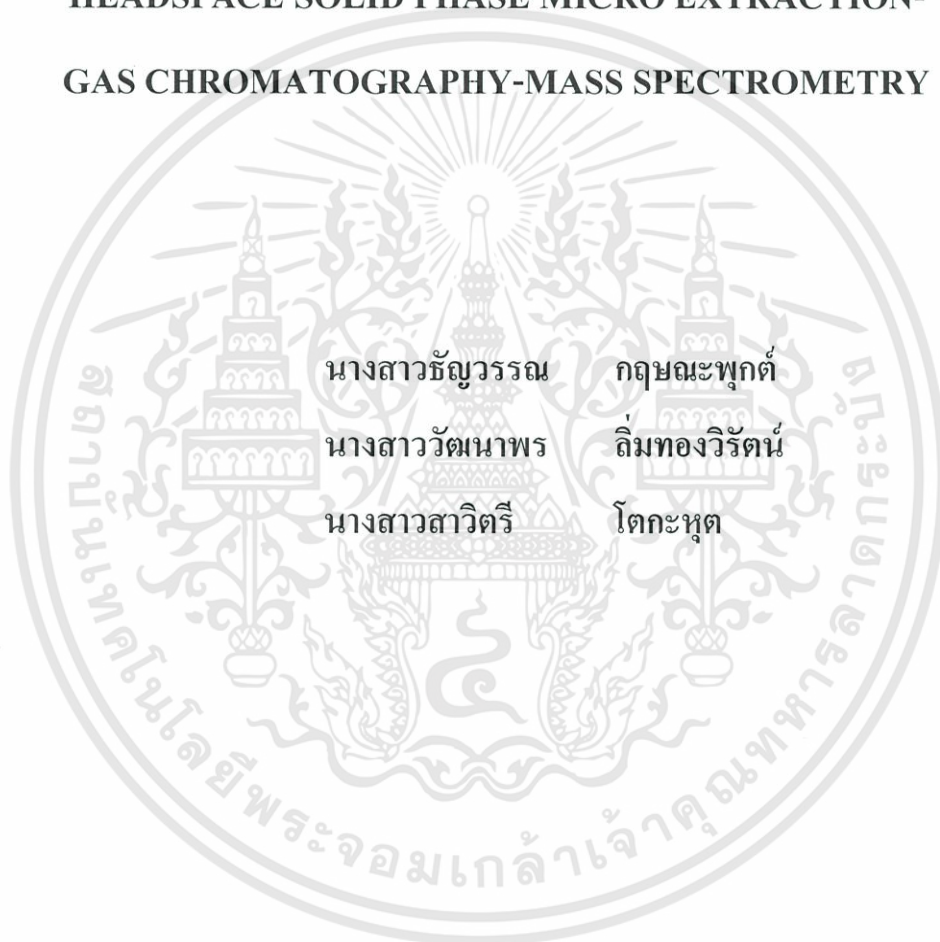
คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา ๒๕๕๖

การวิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลในน้ำส้มควันไม้และควันจากการเผาถ่าน
กะลามะพร้าวด้วยเทคนิคเฮดสเปซโซลิดเฟสไมโครเอกซ์แทรกชัน-
แก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี

ANALYSIS OF PHENOLIC COMPOUNDS IN WOOD VINEGAR AND
WOOD SMOKE FROM BURNING COCONUT SHELL BY
HEADSPACE SOLID PHASE MICRO EXTRACTION-
GAS CHROMATOGRAPHY-MASS SPECTROMETRY



นางสาวธัญวรรณ กฤษณะพุกต์
นางสาววัฒนาพร ลิ้มทองวิรัตน์
นางสาวสาวิตรี โตกะหูด

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ANALYSIS OF PHENOLIC COMPOUNDS IN WOOD VINEGAR AND
WOOD SMOKE FROM BURNING COCONUT SHELL BY
HEADSPACE SOLID PHASE MICRO EXTRACTION-
GAS CHROMATOGRAPHY-MASS SPECTROMETRY**



**A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
IN ENVIRONMENTAL CHEMISTRY
FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2012**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ การวิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลในน้ำส้มควันไม้และควันจากการเผาถ่านกะลามะพร้าวด้วยเทคนิคเฮดสเปซโซลิดเฟสไมโครเอกซ์แทรกชัน-แก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี

ANALYSIS OF PHENOLIC COMPOUNDS IN WOOD VINEGAR AND WOOD SMOKE FROM BURNING COCONUT SHELLS BY HEADSPACE SOLID PHASE MICRO EXTRACTION-GAS CHROMATOGRAPHY-MASS SPECTROMETRY

ชื่อนักศึกษา

นางสาวธัญวรรณ กฤษณะพุกต์

นางสาววัฒนาพร ลิ่มทองวิรัตน์

นางสาวสาวิตรี โตกะหูด

ปริญญา

วิทยาศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชา

เคมีสิ่งแวดล้อม

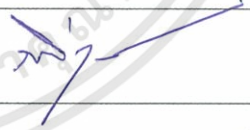

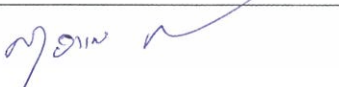
ปีการศึกษา

2555

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.สุวรรณ ไชยสิทธิ์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม ประจำปีการศึกษา 2555

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
อ. กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์	
ดร. วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ	
รศ.ดร. สุวรรณ ไชยสิทธิ์	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การวิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลในน้ำส้มควันไม้และควันจากการเผาถ่านกะลามะพร้าวด้วยเทคนิคเฮดสเปซโซลิดเฟสไมโครเอกซ์แทรกชัน-แก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมทรี
ชื่อนักศึกษา	นางสาวธัญวรรณ กฤษณะพุกต์ นางสาววัฒนาพร ลิ่มทองวิรัตน์ นางสาวสาวิตรี โดกะหุด
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชา	เคมีสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา	2555
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.สุวรรณ ไชยสิทธิ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประสิทธิภาพของเอสพีเอ็มไอไฟเบอร์ ที่เคลือบด้วยสารดูดซับต่างกัน 2 ชนิด คือ คาร์โบเซน/พีดีเอ็มเอส ขนาด 75 ไมโครเมตร และพีดีเอ็มเอส/ดีวีบี ขนาด 65 ไมโครเมตร ในการวิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลในน้ำส้มควันไม้จากกะลามะพร้าวเปรียบเทียบกับควันที่ได้จากการเผาถ่านกะลามะพร้าว โดยใช้เทคนิคเฮดสเปซโซลิดเฟสไมโครเอกซ์แทรกชัน (เอสเอส-เอสพีเอ็มไอ) และวิเคราะห์ด้วยวิธีแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมทรี (จีซี-เอ็มเอส) จากการศึกษาพบว่า ในควันจากการเผาถ่านกะลามะพร้าวมีสารประกอบฟีนอลหลากหลายชนิดกว่าในน้ำส้มควันไม้ ซึ่งในการสกัดสารประกอบฟีนอลในน้ำส้มควันไม้ โดยใช้ไฟเบอร์คาร์โบเซน/พีดีเอ็มเอส และไฟเบอร์พีดีเอ็มเอส/ดีวีบี วิเคราะห์พบสารประกอบฟีนอล 10 ชนิด และ 14 ชนิด ตามลำดับ ส่วนการสกัดสารประกอบฟีนอลในควันที่ได้จากการเผาถ่านกะลามะพร้าว โดยใช้ไฟเบอร์คาร์โบเซน/พีดีเอ็มเอส และไฟเบอร์พีดีเอ็มเอส/ดีวีบี วิเคราะห์พบสารประกอบฟีนอลเท่ากันคือ 17 ชนิด ซึ่งพบปริมาณของฟีนอลมากที่สุดในทั้ง 2 ตัวอย่าง ดังนั้นไฟเบอร์พีดีเอ็มเอส/ดีวีบี จึงมีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลได้หลากหลายชนิดกว่าไฟเบอร์คาร์โบเซน/พีดีเอ็มเอส

คำสำคัญ : น้ำส้มควันไม้, กะลามะพร้าว, เฮดสเปซโซลิดเฟสไมโครเอกซ์แทรกชัน, สารประกอบฟีนอล

Title	ANALYSIS OF PHENOLIC COMPOUNDS IN WOOD VINEGAR AND WOOD SMOKE FROM BURNING COCONUT SHELL BY HEADSPACE SOLID PHASE MICRO EXTRACTION- GAS CHROMATOGRAPHY-MASS SPECTROMETRY
Students	Miss Tanyawan Kissanapuk Miss Wattanpong Limtongviat Miss Sawitree Tokahuta
Degree	Bachelor of Science
Major Program	Environmental Chemistry
Academic Year	2555
Advisor	Assoc.Prof.Dr. Suwan Chaiyasith

ABSTRACT

The investigation of this project was to study the performance of 2 differences SPME fibers that is 75 μm Carboxen/PDMS and 65 μm PDMS/DVB. In this analysis, phenolic compounds in wood vinegar were found and compared with smoke from burning coconut shell by Gas Chromatography and Mass Spectrometry (GC-MS) with Head Space Solid Phase Micro Extraction (HS-SPME). It was found that in wood vinegar using Carboxen/PDMS fiber we found 10 types of phenolic compounds and using PDMS/DVB fiber we found 14 types of phenolic compounds. In smoke from burning coconut shell we found 17 types of phenolic compounds equally. We found that the almost of phenol in wood vinegar and smoke from burning coconut shell. So PDMS/DVB has efficiency in this analysis more than Carboxen/PDMS.

Keywords: wood vinegar, coconut shells, Head Space Solid Phase Micro Extraction, phenolic compounds

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษเล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากรศ.ดร.สุวรรณ ไชยสิทธิ์ อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้คำแนะนำ และคำปรึกษาอย่างใกล้ชิด และเสนอแนวทางแก้ปัญหาต่างๆที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อโครงการพิเศษนี้ รวมทั้งตรวจแก้โครงการพิเศษฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์เพิ่มขึ้น

ขอขอบพระคุณ อ.กตินุศนธ์ สุวรรณรัตน์ และ ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำเป็นอย่างสูงที่กรุณาเป็นกรรมการในการสอบโครงการพิเศษ ให้คำแนะนำ ตรวจทาน และแก้ไขข้อบกพร่องที่เป็นประโยชน์ในโครงการพิเศษฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ คุณลือ มั่งมี ที่ให้การอนุเคราะห์ตัวอย่างน้ำส้มควิน ไม้ และอำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่าง

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ศูนย์บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกของเครื่องมือในการทำโครงการพิเศษนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณนักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่นักวิทยาศาสตร์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่เอื้อเฟื้อและอำนวยความสะดวกในด้านเครื่องมือ อุปกรณ์และสถานที่ในการจัดทำโครงการพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่และครอบครัวที่เป็นกำลังใจและให้ความอุปการะตลอดมา และขอบคุณเพื่อนๆ ที่เป็นกำลังใจและคอยช่วยเหลือในการจัดทำโครงการพิเศษนี้ คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีของโครงการพิเศษฉบับนี้ขออุทิศให้แด่คุณพ่อ คุณแม่ ครอบครัว ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณต่อคณะวิจัยทุกท่าน

นางสาวธัญวรรณ กฤษณะพุกต์
นางสาววัฒนาพร ลิ้มทองวิรัตน์
นางสาวสาวิตรี โตกะหุด

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
สัญลักษณ์และคำย่อ	IX
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 น้ำส้มควันไม้	3
2.1.1 ขั้นตอนการเผาถ่าน	3
2.1.2 การทำให้น้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์	5
2.1.3 องค์ประกอบของน้ำส้มควันไม้	6
2.1.4 คุณสมบัติของน้ำส้มควันไม้	7
2.1.5 ประโยชน์ของน้ำส้มควันไม้	8
2.1.6 ข้อควรระวังในการใช้น้ำส้มควันไม้	9
2.2 สารประกอบฟีนอล	9
2.2.1 การแบ่งชนิดของสารประกอบฟีนอล	10
2.2.2 ความเป็นพิษของฟีนอลต่อมนุษย์	11
2.3 Solid Phase Micro Extraction (SPME)	12
2.3.1 หลักการ	13
2.3.2 การใช้ SPME ในงานวิเคราะห์	15
2.3.3 ปัจจัยหลักๆ ที่ต้องคำนึงถึง	16

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.4 การเพิ่มประสิทธิภาพของ SPME	17
2.3.5 ข้อดี- ข้อด้อยของ SPME	18
2.3.6 การประยุกต์ใช้งาน	18
2.3.7 ความมีขี้ของไฟเบอร์ SPME	18
2.3.8 ไฟเบอร์ Polydimethylsiloxane/Divinylbenzene	19
2.3.9 ไฟเบอร์ Carboxen/Polydimethylsiloxane	20
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 อุปกรณ์และสารตัวอย่าง	24
3.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์	24
3.1.2 สารตัวอย่างที่ใช้	24
3.2 การดำเนินการวิจัย	25
3.2.1 การเตรียมตัวอย่างน้ำส้มควันไม้	25
3.2.2 การเตรียมตัวอย่างควันจากการเผาถ่าน	25
3.2.3 การสกัดสารที่ระเหยได้จากสารตัวอย่างด้วยเทคนิค HS-SPME	25
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 ศึกษาหาสารประกอบฟีนอลในน้ำส้มควันไม้เปรียบเทียบกับควันที่ได้จากการเผาถ่านด้วยเทคนิค HS-SPME-GC-MS	28
4.1.1 น้ำส้มควันไม้	28
4.1.2 ควันจากการเผาถ่าน	30
4.2 ศึกษาและเปรียบเทียบการใช้ไฟเบอร์ SPME ที่เคลือบด้วยสารดูดซับต่างกัน	32
2 ชนิด ในการวิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอล	
4.2.1 น้ำส้มควันไม้	32
4.2.2 ควันจากการเผาถ่าน	34

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปการวิจัย	36
5.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง	37
5.3 ข้อเสนอแนะ	37
เอกสารอ้างอิง	38
ภาคผนวก ก	41
ภาคผนวก ข	45
ภาคผนวก ค	49



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 สารประกอบต่างๆในน้ำส้มควันไม้	7
ตารางที่ 2.2 คุณลักษณะที่ดีของน้ำส้มควันไม้	7
ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติบางประการของสารประกอบฟีนอล	11
ตารางที่ 2.4 พอลิเมอร์ที่ใช้สกัดสารชนิดต่างๆ	16
ตารางที่ 2.5 ความมีขี้ของไฟเบอร์ SPME	19
ตารางที่ 2.6 สมบัติของไฟเบอร์ PDMS/DVB	20
ตารางที่ 2.7 สมบัติของไฟเบอร์ Carboxen/PDMS	21
ตารางที่ 3.1 สภาพะในการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ด้วย เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ-แมสสเปกโตรมิเตอร์ (GC-MS)	27
ตารางที่ 4.1 ชนิดของสารประกอบฟีนอลที่พบในน้ำส้มควันไม้ โดยใช้ไฟเบอร์ Carboxen/PDMS	28
ตารางที่ 4.2 ชนิดของสารประกอบฟีนอลที่พบในน้ำส้มควันไม้ โดยใช้ไฟเบอร์ PDMS/DVB	29
ตารางที่ 4.3 ชนิดของสารประกอบฟีนอลที่พบในควันจากการเผาถ่าน โดยใช้ไฟเบอร์ Carboxen/PDMS	30
ตารางที่ 4.4 ชนิดของสารประกอบฟีนอลที่พบในควันจากการเผาถ่าน โดยใช้ไฟเบอร์ PDMS/DVB	31
ตารางที่ 4.5 สารประกอบฟีนอลในควันจากการเผาถ่านจากไฟเบอร์ Carboxen/PDMS กับ PDMS/DVB	33
ตารางที่ 4.6 สารประกอบฟีนอลในควันจากการเผาถ่านจากไฟเบอร์ Carboxen/PDMS กับ PDMS/DVB	35

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ช่วงเวลาและอุณหภูมิในการเผาถ่าน	5
รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของน้ำส้มควันไม้ดิบ	6
รูปที่ 2.3 โครงสร้างของสารประกอบฟีนอล	10
รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบของไฟเบอร์ที่ใช้ในการสกัดสาร โดยเทคนิค SPME	13
รูปที่ 2.5 ขั้นตอนการสกัดสาร โดยเทคนิค SPME	14
รูปที่ 2.6 ขั้นตอนการชะสาร โดยเทคนิค SPME	15
รูปที่ 2.7 โครงสร้างของ PDMS	19
รูปที่ 2.8 โครงสร้างของ DVB	20
รูปที่ 2.9 ลักษณะไฟเบอร์ Carboxen/PDMS	20
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการสกัดสารด้วย SPME	26
รูปที่ 4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณและชนิดของสารประกอบฟีนอล ในน้ำส้มควันไม้จากไฟเบอร์ Carboxen/PDMS กับ PDMS/DVB	32
รูปที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณและชนิดของสารประกอบฟีนอล ในควันจากการเผาถ่านจากไฟเบอร์ Carboxen/ PDMS กับ PDMS/DVB	34

สัญลักษณ์และคำย่อ

HS	=	headspace
SPME	=	solid phase micro extraction
GC	=	gas chromatography
LC	=	liquid chromatography
CE	=	capillary electrophoresis
MS	=	mass spectrometry
PDMS	=	Polydimethylsiloxane
DVB	=	Divinylbenzene
μm	=	micrommeter
LD_{50}	=	Lethal Dosage 50%
LDL_0	=	Lethal Dose Low

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

น้ำส้มควันไม้ (wood vinegar หรือ pyrolygneous acid) จัดเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่กำลังเป็นที่นิยมใช้ในหมู่เกษตรกร ซึ่งเป็นสารเกษตรอินทรีย์ธรรมชาติที่เป็นผลพลอยได้มาจากการเผาถ่านไม้ จึงมีต้นทุนในการผลิตต่ำ น้ำส้มควันไม้จึงเป็นหนึ่งทางเลือกของเกษตรกรเนื่องจากช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่าย เกษตรกรยังมีความเชื่อว่าน้ำส้มควันไม้เป็นสารสกัดที่ได้จากธรรมชาติ จึงไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมต่อสิ่งแวดล้อมได้

สารที่พบในน้ำส้มควันไม้มีหลายชนิด โดยหนึ่งในนั้น คือ ฟีนอล ซึ่งฟีนอลทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของโปรตีน (Protein denature) ทำลายผนังเซลล์ และก่อให้เกิด coagulative tissue necrosis ซึ่งมีฤทธิ์กัดกร่อนเยื่อ สำหรับสารประกอบของฟีนอลบางชนิด (dinitrophenol, hydroquinone) สามารถทำให้เกิดเม็ดเลือดแดงแตก (hemolysis) และเกิดภาวะ methemoglobinemia ได้เมื่อเข้าสู่ร่างกาย ฟีนอลจะถูกกำจัดออกภายใน 16 ชั่วโมง โดยกลายเป็น conjugated phenol ขับออกทางปัสสาวะ ดังนั้นฟีนอลจึงสามารถส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมได้ หากเกิดการสะสมเป็นระยะเวลานาน

ในการทดลอง HS-SPME ได้รับการยอมรับว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูง ในการเตรียมตัวอย่าง HS-SPME ถูกพัฒนาขึ้นครั้งแรกในปี 1989 โดยมีจุดประสงค์เพื่อสกัดสารอินทรีย์จากตัวอย่างสิ่งแวดล้อม ก่อนจะนำไปวิเคราะห์โดย GC ซึ่ง HS-SPME มีข้อดีที่สำคัญคือ ใช้งานง่าย ค่าใช้จ่ายต่ำ เหมาะสมกับระบบการตรวจวิเคราะห์ มีระบบอัตโนมัติ ไม่ต้องใช้ตัวทำละลายในการสกัดและใช้สารตัวอย่างในปริมาณน้อยก็สามารถทำการวิเคราะห์ได้ ยิ่งไปกว่านั้น SPME ยังสามารถใช้ร่วมกับเทคนิค LC และ CE จึงถูกนำมาใช้วิเคราะห์สารโมเลกุลใหญ่ในตัวอย่างชีวภาพที่หลากหลาย นอกจากนี้เมื่อไม่กี่ปีที่ผ่านมา SPME ได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางทั้งในตัวอย่างอาหารและยา สารที่ถูกนำมาวิเคราะห์โดย SPME เช่น สารเสพติด ยาลดอาการเสีร่าซึม สเตียรอยด์ แอลกอฮอล์ ยาแก้ปวด ยากำจัดศัตรูพืช เป็นต้น

จากการศึกษาน้ำส้มควันไม้ ทำให้ผู้วิจัยคิดว่าสารประกอบในน้ำส้มควันไม้และควันที่เกิดจากการเผาถ่านกะลามะพร้าว น่าจะมีสารประกอบฟีนอลที่เหมือนกันหรือใกล้เคียงกัน

และสารประกอบเหล่านี้อาจส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม จึงได้ทำการศึกษาสารประกอบฟีนอลที่มีอยู่ในน้ำส้มควันไม้และควันที่เกิดจากการเผาถ่านกะลามะพร้าว โดยใช้เทคนิค HS-SPME-GC-MS ซึ่งไฟเบอร์ของ SPME ที่ใช้คือ Carboxen/PDMS และ PDMS/DVB

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลในน้ำส้มควันไม้เปรียบเทียบกับควันที่ได้จากการเผาถ่านกะลามะพร้าวด้วยเทคนิค HS-SPME-GC-MS
2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการใช้ไฟเบอร์ SPME ที่เคลือบด้วยสารดูดซับต่างกัน 2 ชนิด ในการวิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอล

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ศึกษาชนิดของสารประกอบฟีนอลในน้ำส้มควันไม้และควันจากการเผาถ่านกะลามะพร้าว โดยใช้เทคนิค HS-SPME-GC-MS และใช้ไฟเบอร์ในการวิเคราะห์ 2 ชนิด คือ Carboxen/PDMS กับ PDMS/DVB และคอลัมน์ GC ที่ใช้คือ HP-1

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถทราบถึงชนิดของสารประกอบฟีนอลในน้ำส้มควันไม้และในควันจากการเผาถ่านกะลามะพร้าว
2. ทราบวิธีการวิเคราะห์หาชนิดของสารประกอบฟีนอลด้วยเทคนิค HS-SPME-GC-MS
3. ทราบถึงคุณสมบัติของไฟเบอร์ทั้ง 2 ชนิด ในการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอล

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 น้ำส้มควันไม้ (สุพรชัย, 2550)

น้ำส้มควันไม้ (Wood vinegar) เป็นของเหลวซึ่งได้จากการสลายตัวของสารอินทรีย์ในเนื้อไม้ด้วยความร้อน (Wood pyrolysis) และเป็นผลพลอยได้จากการเผาถ่านแบบอับอากาศ (airless condition) โดยอาศัยกระบวนการถ่ายเทความร้อนจากปล่องเตาที่มีอุณหภูมิสูงสู่อากาศรอบปล่องที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ทำให้เกิดการควบแน่น (Condensed) เป็นหยดน้ำของควันจากการเผาถ่านไม้ ในช่วงที่ไม้เปลี่ยนเป็นถ่าน (Carbonization) จะได้ของเหลวที่มีลักษณะใสมีสีเหลืองหรือน้ำตาลปนแดงขึ้นอยู่กับชนิดของเนื้อไม้ มีกลิ่นไหม้ น้ำส้มควันไม้ที่มีคุณภาพสูงจะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ประมาณ 3 ความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.007-1.013 ในการเก็บน้ำส้มควันไม้ อุณหภูมิที่ปากปล่องจะอยู่ระหว่าง 80-150 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิภายในเตาจะอยู่ระหว่าง 300-400 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิที่ปากปล่องและในเตาสูงหรือต่ำกว่าที่กล่าวมา จะได้น้ำส้มควันไม้คุณภาพไม่ดี ไม่ปลอดภัยในการนำมาใช้เพื่อการเกษตร ปศุสัตว์ หรือในครัวเรือน

2.1.1 ขั้นตอนการเผาถ่าน

เวลาและอุณหภูมิ ถือว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญมากสำหรับการเผาถ่าน โดยจะต้องควบคุมเวลาและอุณหภูมิให้ดี จากรูปที่ 2.1 แสดงช่วงเวลาและอุณหภูมิที่ใช้การเผาถ่าน ซึ่งแบ่งเป็น 4 ช่วง ดังนี้ (http://www.fisheries.go.th/cf-kung_krabaen/agricul1.htm)

ช่วงที่ 1 ไล่ความชื้นหรือคายความร้อน

เริ่มจุดไฟเตาให้ความร้อนเข้าสู่เตา เพื่อไล่อากาศเย็นและความชื้นที่อยู่ในเตาและในเนื้อไม้ ควันที่ออกมาจากปล่องจะเป็นสีขาว มีกลิ่นเหม็นของกรดประเภทเมทานอล เมื่ออุณหภูมิบริเวณปากปล่องประมาณ 55-60 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในเตาจะประมาณ 150 องศาเซลเซียส ทำการใส่เชื้อเพลิงต่อไป ควันสีขาวจะเพิ่มขึ้น และเมื่ออุณหภูมิบริเวณปากปล่องประมาณ 70-75

องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในเตาประมาณ 200-250 องศาเซลเซียส ควันมีกลิ่นเหม็นฉุนช่วงนี้เป็นการไล่ความชื้นหรือคายความชื้นใช้เวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมงหลังจากคุดไฟ

ช่วงที่ 2 เมื่อไม้กลายเป็นถ่านหรือปฏิกิริยาคลายความร้อน

เมื่อเผาไปอีกระยะหนึ่งควันสีขาวจะเริ่มบางลงและเปลี่ยนเป็นสีเทา อุณหภูมิบริเวณปากปล่องประมาณ 80-85 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในเตาประมาณ 300-400 องศาเซลเซียส ซึ่งช่วงนี้ไม้จะเริ่มกลายเป็นถ่าน โดยไม้ที่อยู่ในเตาจะคายความร้อนที่สะสมเอาไว้ทำให้อุณหภูมิในเตาจะเพิ่มสูงขึ้น ในช่วงนี้ค่อยๆลดการป้อนเชื้อเพลิงหน้าเตาจนหยุดการป้อนเชื้อเพลิง และเริ่มเก็บน้ำส้มควันไม้หลังจากการหยุดการป้อนเชื้อเพลิงหน้าเตาจะต้องควบคุมอากาศ โดยการลดพื้นที่หน้าเตาลงให้เหลือช่องพื้นที่หน้าเตาประมาณ 20-30 ตารางเซนติเมตร สำหรับให้อากาศเข้าเพื่อรักษาระดับของอุณหภูมิในเตาไว้ให้นานที่สุดและยี่ระยะเวลากการเก็บน้ำส้มควันไม้ให้นานที่สุด โดยช่วงที่เหมาะสมกับการเก็บน้ำส้มควันไม้ ควรมีอุณหภูมิบริเวณปากปล่องประมาณ 85-120 องศาเซลเซียส เนื่องจากเป็นช่วงที่สารในเนื้อไม้ถูกขับออกมา จากนั้นควันก็เปลี่ยนจากควันสีเทาเป็นสีน้ำเงิน จึงหยุดเก็บน้ำส้มควันไม้ อุณหภูมิบริเวณปากปล่องประมาณ 100-200 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในเตาประมาณ 400-450 องศาเซลเซียส

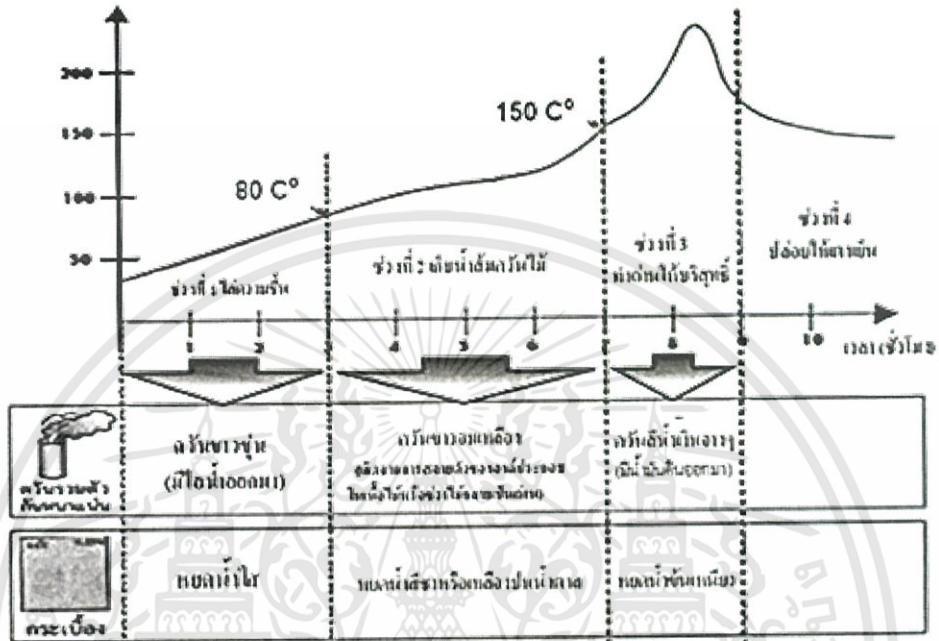
ช่วงที่ 3 ช่วงทำถ่านให้บริสุทธิ์

ในช่วงนี้จะต้องทำการเพิ่มอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว โดยการเปิดหน้าเตาประมาณ 1 ใน 3 ของหน้าเตาเพื่อให้อากาศไหลเข้าเตาเพิ่มขึ้น โดยการเพิ่มความร้อนเพื่อเผาไล่น้ำมันดินให้ออกไปจากถ่าน ที่ใช้เวลาประมาณ 30 นาที เมื่อควันสีน้ำเงินเป็นสีฟ้า แสดงว่าไม้เริ่มเป็นถ่านใกล้หมด จากนั้นควันสีฟ้าอ่อนลงและจะกลายเป็นควันใสแทน เมื่อมีควันใสเริ่มทำการปิดหน้าเตาโดยใช้ดินเหนียวปิดรอยรั่วและรอยต่อ จากนั้นทำการปิดปล่องควันให้สนิทและอุดรูรั่วทั้งหมดไม่ให้อากาศภายนอกผ่านเข้าไปได้

ช่วงที่ 4 ช่วงทำการให้ถ่านในเตาเย็นลง

เกลี่ยดินบนเตาออกให้เห็นหลังเตาเพื่อระบายความร้อนในเตา จากนั้นทิ้งไว้ประมาณ 1 คืนหรือประมาณ 8 ชั่วโมงเป็นอย่างน้อย เพื่อให้ถ่านดับสนิทแล้วจึงเริ่มการเปิดเตา โดยการเปิด

เตาต้องเปิดที่ปล่องก่อนเพื่อระบายความร้อนและก๊าซที่ยังค้างอยู่ในเตา จากนั้นก็เปิดหน้าเตาเพื่อนำถ่านออกจากเตา และนำไปใช้ประโยชน์



รูปที่ 2.1 ช่วงเวลาและอุณหภูมิในการเผาถ่าน (วรรณธิดาและคณะ, 2550)

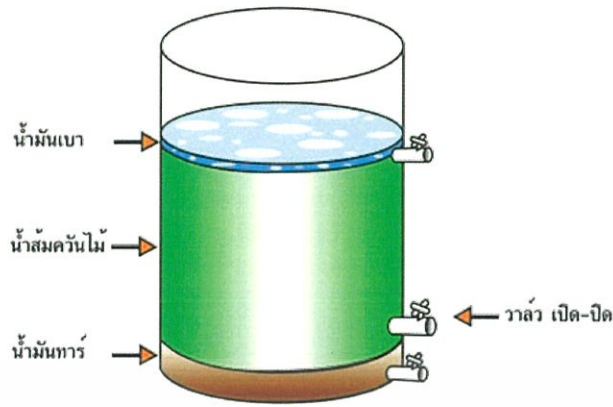
2.1.2 การทำให้น้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์

น้ำส้มควันไม้ดิบที่ได้จากการกลั่นในหัวข้อที่ 2.1.1 นั้นยังไม่มีคุณภาพบริสุทธิ์ อาจยังมีการปนเปื้อนของน้ำมันดินที่เป็นอันตรายอยู่ ดังนั้นจึงต้องนำมาผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ก่อน ซึ่งมีกระบวนการดังนี้

1. ปล่องให้ตกตะกอน (สุพรชัย, 2550)

นำน้ำส้มควันไม้ดิบที่กลั่นได้มาเก็บในถังทรงสูง ทิ้งให้ตกตะกอน 90 วัน จะทำให้น้ำส้มควันไม้แยกตัวเป็น 3 ระดับ ชั้นบนจะเป็นน้ำมันใส (light oil) ชั้นกลางจะเป็นของเหลวสีเทา ซึ่งคือ น้ำส้มควันไม้ที่จะนำไปใช้ได้ ส่วนชั้นล่างสุดนั้นเป็นของเหลวข้นสีดำคือ น้ำมันดิน (tar) ดังแสดงในรูปที่ 2.2 เราสามารถลดเวลาการตกตะกอนโดยการผสมผงถ่านประมาณ 5% ของน้ำหนักรวมของน้ำส้มควันไม้ทั้งหมด โดยผงถ่านจะดูดซับทั้งน้ำมันใสชั้นบน และน้ำมันดินลงสู่ชั้นล่างสุด ในเวลา 45 วันเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของน้ำส้มควันไม้ดิบ

(<http://www.ata.or.th/webpage/woodvinegar.html>)

2. การกรอง

ใช้ผ้ากรองหรือถังกรองที่ใช้ผงถ่านกัมมันต์ ซึ่งจะได้คุณสมบัติแตกต่างกันไป เพราะถ่านกัมมันต์จะลดความเป็นกรดของน้ำส้มควันไม้ และจะใช้วิธีนี้เพื่อนำไปเป็นวัตถุดิบในด้านอุตสาหกรรม

3. การกลั่น

โดยกลั่นได้ทั้งมีความดันบรรยากาศและกลั่นแบบลดความดัน รวมทั้งกลั่นแบบลำดับส่วนเพื่อแยกเฉพาะสารใดสารหนึ่งในน้ำส้มควันไม้มาใช้ประโยชน์ มักใช้ในอุตสาหกรรมผลิตยาอย่างไรก็ตามทั้งการกรองและการกลั่น ต้องทำหลังจากตกตะกอนก่อนเท่านั้น เนื่องจากต้องรอให้เกิดปฏิกิริยาในน้ำส้มควันไม้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์

2.1.3 องค์ประกอบของน้ำส้มควันไม้

น้ำส้มควันไม้ประกอบด้วยกรดอะซิติก 3% น้ำประมาณ 85% และสารอินทรีย์อื่นๆอีกประมาณ 12% กรดอินทรีย์นั้นประกอบด้วยกรดหลายชนิด เช่น กรดอะซิติกและแอลกอฮอล์ เป็นส่วนประกอบไพโรลิกนีส (Pyrolyigneous) ของเซลลูโลส (cellulose) และกึ่งเซลลูโลส (hemicelluloses) (สุพรชัย, 2550) นอกจากนี้ยังมีสารชนิดต่างๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สารประกอบต่างๆในน้ำส้มควันไม้ (วรรณธิดาและคณะ, 2550)

สาร	สารประกอบ
กรดอินทรีย์ (Organic acid)	ฟอร์มิกแอซิด (Formic acid), อะซิติกแอซิด (Acetic acid), โพรพิโนอิกแอซิด (Propionic acid)
ฟีนอล (Phenol)	ไกลคอล (Glycol)
คาร์บอนิล (Carbonyl)	ฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde), อะซีตัลดีไฮด์ (Acetaldehyde), คีโตน (Ketone), อะซีโตน (Acetone)
แอลกอฮอล์ (Alcohols)	เมทานอล (Methanol), เอทานอล (Ethanol), โพรพานอล (Propanol), ไอโซโพรพานอล (Isopropanol)
องค์ประกอบที่เป็นกลาง (Neutral component)	ลิวโวกลูโคแซน (Levoglucozane)
ด่าง (Base)	แอมโมเนีย (Ammonia), เมททิลามีน (Methylamine), ไดเมททิลามีน (Dimethylamine)
แร่ธาตุต่างๆ (Element)	ไนโตรเจน (Nitrogen), ฟอสฟอรัส (Phosphorus)

2.1.4 คุณสมบัติของน้ำส้มควันไม้

(<http://mkbiomassandcharcoal.igetweb.com/index.php?mo=3&art=82545>)

น้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการเผาไม้ต่างชนิดกันและมีสถานะในการเผาต่างกัน จะมีสมบัติแตกต่างกัน คุณลักษณะที่ดีของน้ำส้มควันไม้แสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คุณลักษณะที่ดีของน้ำส้มควันไม้

ปัจจัย	สมบัติของน้ำส้มควันไม้
ค่า pH	2.8 – 3.7
ค่าความถ่วงจำเพาะ	> 1.005
ลักษณะสี	สีเหลือง น้ำตาลแดงจาง หรือน้ำตาลแดง
การส่องผ่านของแสง	แสงส่องผ่านได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 ประโยชน์ของน้ำส้มควันไม้

น้ำส้มควันไม้มีประโยชน์หลายด้านด้วยกัน ซึ่งได้แก่

1.ใช้ในการเกษตร (<http://www.budmgt.com/agri/agri02/wood-vinegar-cs.html>)

ในทางด้านการเกษตรได้มีการนำน้ำส้มควันไม้มาใช้ประโยชน์ที่หลากหลาย โดยในการนำน้ำส้มควันไม้มาใช้จำเป็นต้องมีการเจือจางด้วยอัตราส่วนที่ต่างกัน เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้ ซึ่งได้แก่

- ใช้ทำปุ๋ยคุณภาพสูงโดยใช้น้ำส้มควันไม้เข้มข้น 100% หมักกับหอยเชอรี่บด เศษปลา เศษเนื้อหรือกากถั่วเหลือง โดยใช้โปรตีนต่างๆ 1 กิโลกรัมต่อน้ำส้มควันไม้ 2 ลิตร หมักนาน 1 เดือน แล้วกรองกากออกเวลาใช้ผสมน้ำ 200 เท่า

- ใช้หมักกับสมุนไพรเช่นเมล็ดและใบสะเดา หางไหลแดง ข่าแก่ ตะไคร้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ

- ผสมน้ำ 20 เท่า พ่นลงดินเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และแมลงในดิน แต่ควรทำก่อนเพาะปลูก 10 วัน

- ผสมน้ำ 50 เท่า พ่นลงดินเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่เข้าทำลายพืช แต่หากใช้ความเข้มข้นมากกว่านี้ รากพืชอาจได้รับอันตราย

- ผสมน้ำ 200 เท่า พ่นใบไม้เพื่อขับไล่แมลง ป้องกันเชื้อรา และโรคโคนต้นไม้ เพื่อเร่งการเจริญเติบโตของต้นไม้

- ผสมน้ำ 500 เท่า ฉีดพ่นผลอ่อนของพืช เพื่อช่วยขยายให้ผลมีขนาดใหญ่ขึ้น

- ผสมน้ำ 1000 เท่า เป็นสารจับใบช่วยลดการใช้สารเคมี

2.ด้านปศุสัตว์

เมื่อนำน้ำส้มควันไม้มาผสมน้ำ 100 เท่า จะสามารถใช้รดคอก และแมลงในฟาร์มปศุสัตว์ได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำมาผสมกับอาหารสัตว์ เพื่อช่วยในการย่อยอาหารและป้องกันโรคท้องเสีย

3.ใช้ในครัวเรือน (http://www.charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/charcoal_fun4.php)

เนื่องจากน้ำส้มควันไม้มีความเป็นกรดในระดับที่ต่างกัน ก็จะทำให้ประสิทธิภาพในการใช้งานแตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องมีการเจือจางในอัตราส่วนที่เหมาะสมกับการใช้งาน และเพื่อมิให้เป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อันตรายต่อการนำมาใช้ในครัวเรือน เช่น

- ผสมน้ำ 20 เท่า ราคทำลายปลวกและมด
 - ผสมน้ำ 50 เท่า ป้องกันปลวก มดและสัตว์ต่างๆ เช่น ตะขาบ ตะเข็บ กิ้งกือ
 - ผสมน้ำ 100 เท่า ราคโค่นต้นไม้รักษาโรคราและโรคเน่า รวมทั้งป้องกันแมลงไม่ให้วางไข่
- ฉีดพ่นถึงขยะ เพื่อป้องกันกลิ่นและแมลงวัน ใช้ดับกลิ่นในห้องน้ำครัวและบริเวณชั้นและ ใช้ดับกลิ่นทรงสัตว์เลี้ยง ใช้หมักขยะสดและเศษอาหาร เป็นปุ๋ยไม้ประดับรอบบ้าน โดยต้องผสมน้ำอีก 5 เท่า หลังจากหมักแล้ว 1 เดือน

4.ใช้ในอุตสาหกรรม

ในด้านอุตสาหกรรม สามารถนำน้ำส้มควันไม้ไปประยุกต์ใช้ได้ เช่น ใช้ผลิตสารดับกลิ่นตัว ใช้ผลิตสารปรับผ้านุ่ม ใช้ในอุตสาหกรรมย้อมผ้า ใช้ผลิตสารป้องกันเนื้อไม้จากราและแมลง ใช้ผลิตสารช่วยย่อย เป็นต้น

2.1.6 ข้อควรระวังในการใช้น้ำส้มควันไม้ (<http://www.budmgt.com/agri/agri02/wood-vinegar-cs.html>)

ในการนำน้ำส้มควันไม้ไปใช้ ควรใช้อย่างระมัดระวัง เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้และเพื่อให้เหมาะกับการใช้งาน ซึ่งข้อควรระวังมีด้วยกัน ดังนี้

1. ก่อนนำน้ำส้มควันไม้ไปใช้ ต้องทิ้งไว้จากการกักเก็บก่อนอย่างน้อย 3 เดือน
2. เนื่องจากน้ำส้มควันไม้มีความเป็นกรดสูง ควรระวังอย่าให้เข้าตา อาจทำให้ตาบอดได้
3. น้ำส้มควันไม้ไม่ใช่ปุ๋ย แต่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนั้นการนำไปใช้ทางการเกษตรจะเป็นตัวเสริมประสิทธิภาพให้กับพืช แต่ไม่สามารถใช้แทนปุ๋ยได้
4. การใช้เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และแมลงในดิน ควรทำก่อนเพาะปลูกอย่างน้อย 10 วัน
5. การนำน้ำส้มควันไม้ไปใช้ต้องผสมน้ำให้เจือจางตามความเหมาะสมที่จะนำไปใช้

2.2 สารประกอบฟีนอล (<http://coursewares.mju.ac.th:81/e-learning47/section2/pt331/08.html>)

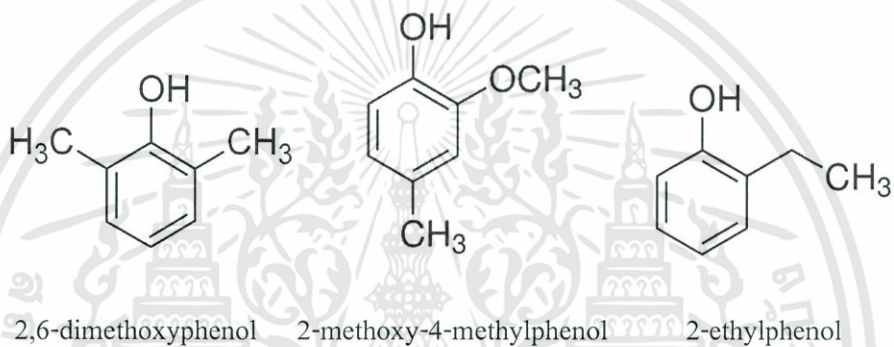
สารประกอบฟีนอล (phenolic compound หรือ phenolics) ได้แก่ สารประกอบที่มี aromatic ring และมีหมู่ hydroxyl รวมไปถึงอนุพันธ์ของสารประกอบฟีนอล ซึ่งมีการแทนที่ด้วยหมู่เคมีต่างๆ ตัวอย่างสารประกอบฟีนอล ได้แก่ flavonoids, lignin, ฮอร์โมน abscisic acid, cinnamic acid, เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

caffeic acid, chlorogenic acid, กรดอะมิโน tyrosine, phenylalanine และ dihydroxy-phenylalanine (DOPA), coenzyme- Q และผลผลิตจากเมแทบอลิซึมอีกหลายชนิด สารฟีนอลิกพื้นฐาน คือ ฟีนอล (phenol) ประกอบด้วยวงแหวนเบนซีน 1 วง และหมู่ไฮดรอกซิล 1 หมู่



Phenol

Phenolic acid



2,6-dimethoxyphenol

2-methoxy-4-methylphenol

2-ethylphenol

รูปที่ 2.3 โครงสร้างของสารประกอบฟีนอล

(<http://coursewares.mju.ac.th:81/e-learning47/section2/pt331/08.html>)

2.2.1 การแบ่งชนิดของสารประกอบฟีนอล

สารประกอบฟีนอลแบ่งได้ตามวงแหวนเป็น 3 ชนิด ดังนี้

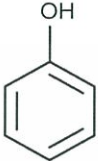
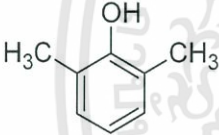
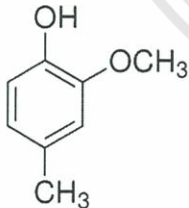
1. Monocyclic phenols มี 1 phenol ring ที่พบทั่วไปในพืช ได้แก่ phenol, catechol, hydroquinone และ p-hydroxycinnamic acid
2. Dicyclic phenols มี 2 phenol rings ได้แก่ flavonoids และ lignans
3. Polycyclic phenols หรือ polyphenol ได้แก่ lignins, catechol melanins, flavolans (condensed tannins)

ซึ่งในการศึกษาพบสารประกอบฟีนอลหลายชนิด เช่นดังแสดงในตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติบางประการของสารประกอบฟีนอล

(www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9926463.)

ชนิดสาร	จุดเดือด	จุดหลอมเหลว	ความเป็นพิษ	การละลายน้ำ
Phenol 	182 องศาเซลเซียส	42 องศาเซลเซียส	พิษเฉียบพลันทางปาก (LD ₅₀): 270 มิลลิกรัม/กิโลกรัม [ทดสอบในหนู] พิษเฉียบพลันทางผิวหนัง (LD ₅₀): 630 มิลลิกรัม/กิโลกรัม [ทดสอบในกระต่าย]	8 กรัม/100 มิลลิตร ในน้ำ
2,6-dimethoxy phenol 	264.5 องศาเซลเซียส	50-57 องศาเซลเซียส	ไม่มีข้อมูล	2 กรัม/100 มิลลิตร (13 องศาเซลเซียส)
2-methoxy-4-methylphenol 	220 องศาเซลเซียส	5 องศาเซลเซียส	พิษเฉียบพลันทางปาก (LD ₅₀): 740 มิลลิกรัม/กิโลกรัม [ทดสอบในหนู]	ไม่มีข้อมูล

2.2.2 ความเป็นพิษของฟีนอลต่อมนุษย์

(<http://www.chemtrack.org/MSDSSG/Trf/msdst/msdst108-95-2.html>)

ฟีนอล สามารถแสดงความเป็นพิษเฉียบพลันได้ คือ

LDL₀ ทางปาก: 14000 mg/kg

ข้อสังเกต: เกี่ยวกับพฤติกรรม: กล้ามเนื้ออ่อนแรง, ปวด, ทรวงอก, และระบบหายใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LDL₀ ทางปาก: 140 mg/kg

ข้อสังเกต: เกี่ยวกับพฤติกรรม: ประสาทหลอน, การรับรู้ผิดเพี้ยน. ผิวหนังและแขนขา

ข้อชี้บ่งและอาการของการได้รับสาร

สารนี้ก่อให้เกิดอันตรายอย่างร้ายแรงต่อเยื่อเมือกกระบบทางเดินหายใจส่วนบน ดวงตา และ ผิวหนัง การสูดดมอาจทำให้เกิดการหดเกร็งของกล้ามเนื้อ อักเสบ การบวมน้ำของ larynx and bronchi, chemical pneumonitis และอาการบวมน้ำที่ปอด อาการที่เกิดจากการได้รับสารนี้ได้แก่ รู้สึกแสบร้อน ไอ หายใจมีเสียง หลอดลมตอนบนอักเสบ หายใจถี่ปวดหัว คลื่นไส้ และอาเจียน การกลืนกินสามารถทำให้การไหลเวียนของโลหิตล้มเหลว อัตราหายใจเร็ว อัมพาต อาการชัก อาการโคม่า เนื้อในปากและทางเดินอาหารตายได้ซึ่งถึงแก่ความตาย เพราะการหายใจล้มเหลว บางครั้งก็เพราะหัวใจหยุดเต้น.

วิธีการที่ได้รับสาร

การสัมผัสทางผิวหนัง: ทำให้เกิดแผลไหม้

การดูดซึมทางผิวหนัง: เป็นพิษ เมื่อถูกดูดซึมผ่านทางผิวหนังทันที

การสัมผัสทางตา: ทำให้เกิดแผลไหม้

การสูดดม: สารนี้ทำให้เนื้อเยื่อของเยื่อเมือกและบริเวณทางเดินหายใจส่วนบนถูกทำลายอย่างรุนแรงมาก อาจเป็นอันตรายหากสูดดม

การกลืนกิน: เป็นพิษ เมื่อกลืนกิน

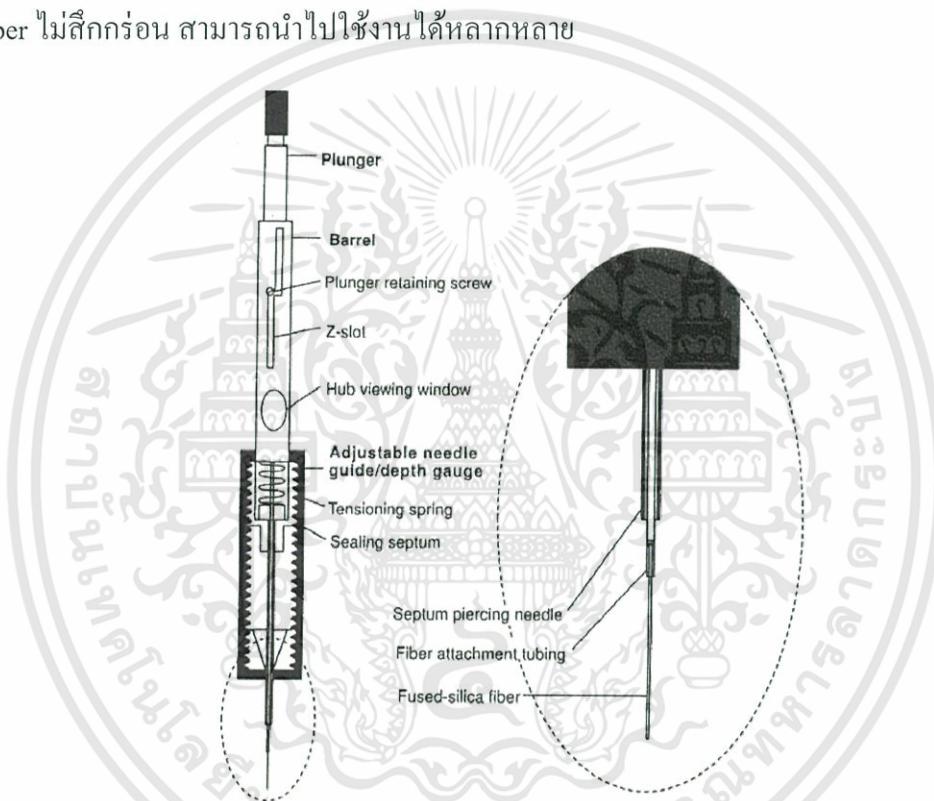
ข้อมูลของอวัยวะเป้าหมาย: ระบบประสาทส่วนกลาง ไต ตับ ตับอ่อนม้าม

2.3 Solid Phase Micro Extraction (SPME) (<http://share.psu.ac.th/blog/sci-discus/17227>)

Solid Phase Micro Extraction (SPME) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการสกัดสารละลายจากตัวอย่างเข้ามาอยู่ในชั้นของ SPME adsorptive material หลังจากช่วงเวลาที่มีการสกัดเข้าสู่สมดุลแล้ว สารละลายที่ถูกดูดไว้ในชั้นของ SPME จะถูกส่งผ่านเข้าสู่ inlet system และปลดปล่อยสารละลายให้ออกมาอยู่ใน carrier gas (สำหรับ GC) และอยู่ใน liquid mobile phase (สำหรับ LC) โดยจะต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกหรือปรับสภาวะให้สารตัวอย่างถูกดูดซับอยู่ที่ชั้นของ SPME มากที่สุดและให้ถูกปลดปล่อยออกมาอย่างสมบูรณ์และรวดเร็วที่สุด SPME มีส่วนประกอบดังรูปที่ 2.4 และมีลักษณะเป็นแท่งแก้วกลวงทำจากซิลิกา มีขนาดยาว 1 เซนติเมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 0.11 เซนติเมตร ถูกเคลือบด้วยสารดูดซับชนิดพอลิเมอร์ที่เหมาะสมได้แก่ ประเภทมีขี้ว เช่น Polyacrylate และ Polyethylene glycol ซึ่งจะใช้จับสารที่มีขี้ว ส่วนประเภทไม่มีขี้ว เช่น Polydimethylsiloxane จะใช้จับสารที่ไม่มีขี้ว ซิลิกาที่ถูกเคลือบนี้เรียกว่า Fiber มีข้อดีในเรื่องของรูปร่างที่ออกแบบเหมือนเข็มฉีดยาทำให้สะดวกในการดูดเก็บตัวอย่าง และมีความแข็งแรงที่จะทิ่มเข้าไปในตัวอย่างโดยที่ Fiber ไม่สึกกร่อน สามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย



รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบของไฟเบอร์ที่ใช้ในการสกัดสาร โดยเทคนิค SPME

(<http://share.psu.ac.th/blog/sci-discus/17227>)

2.3.1 หลักการ (ปวีณา, 2549)

เทคนิคของ SPME ในการสกัดสารมี 2 วิธีคือ Headspace solid phase microextraction (HS-SPME) และ Direct immersion solid phase microextraction (DI-SPME) กรณี HS-SPME ไฟเบอร์จะถูกเปิดออกเพื่อสัมผัสกับส่วนที่เป็นไอเหนือสารตัวอย่างที่เป็นแก๊ส ของเหลว หรือของแข็ง ส่วน DI-SPME ไฟเบอร์จะถูกจุ่มลงในสารตัวอย่างที่เป็นของเหลวโดยตรง ขั้นตอนการใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

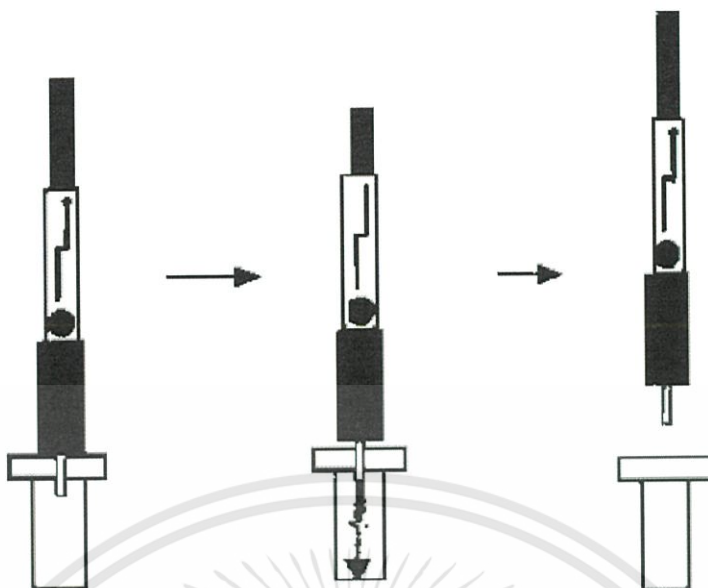
ไฟเบอร์ SPME ต้องทำความสะอาดไฟเบอร์ก่อนการใช้งานทุกครั้ง เพื่อชะล้างสิ่งปนเปื้อนที่ติดอยู่ โดยการเสียบไฟเบอร์ลงใน injection port ของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี เมื่อต้องการวิเคราะห์สารตัวอย่าง ให้บรรจุสารตัวอย่างในขวด vial และปิดให้แน่นด้วย septum-type cap แทะเข็มผ่านตัว septum แล้วเลื่อนปุ่มเพื่อยื่นไฟเบอร์ออกจากตัวเข็ม ไปสัมผัสกับสารตัวอย่าง ดังรูปที่ 2.5 SPME มีความไวต่อการแพร่ของสารจำกัดในชั้นสมดุล ซึ่งเป็นความสมดุลของการแพร่ของสารที่ต้องการวิเคราะห์ระหว่างไฟเบอร์กับความเข้มข้นของสารในตัวอย่าง การคนสารตัวอย่างเป็นการเพิ่มอัตราการเข้าสู่สมดุลของสารได้ หลังจากใช้เวลาในการสกัดสารที่เหมาะสมแล้ว ไฟเบอร์จะถูกดึงเก็บไว้ในเข็มและดึงออกจากขวด เพื่อทำการชะสารออกจากไฟเบอร์ โดยเสียบเข้าไปใน injection port ของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีหรือเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง ซึ่งเหมาะสำหรับการวิเคราะห์สารประกอบที่ระเหยง่ายได้และระเหยไม่ได้ ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.5 ขั้นตอนการสกัดสารโดยเทคนิค SPME

(<http://www.kmitl.ac.th/sisc/GC-MS/SPME.htm>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ขั้นตอนการชะสารโดยเทคนิค SPME

(<http://www.kmitl.ac.th/sisc/GC-MS/SPME.htm>)

2.3.2 การใช้ SPME ในงานวิเคราะห์ (วรารักษ์และพัชรารักษ์, 2547)

ในทางปฏิบัติ การนำ SPME มาใช้สำหรับเตรียมตัวอย่างก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วย GC และ HPLC นั้น ควรจะต้องพิจารณาและปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. เลือกไฟเบอร์ที่เคลือบด้วยสารพอลิเมอร์ที่สามารถดูดซับสารที่ต้องการได้เป็นอย่างดี พอลิเมอร์ที่เคลือบติดอยู่กับไฟเบอร์ทำหน้าที่ในการยึดสารที่ต้องการ ภายใต้กฎที่ว่า “like dissolve like” เนื่องจากสารมีจำนวนมากมายับไม่ถ้วน การที่จะให้ SPME สามารถแยกสารดังกล่าวออกจากสารละลายได้เป็นอย่างดีนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีพอลิเมอร์จำนวนหลายชนิด เพื่อให้สามารถจับสารที่ต้องการออกจากตัวอย่างได้อย่างเฉพาะเจาะจง ดังแสดงในตารางที่ 2.4

2. ใช้ SPME สกัดสารที่ต้องการออกจากสารละลายตัวอย่าง เมื่อเลือกชนิดของพอลิเมอร์ที่จะนำมาใช้แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ นำ SPME ไปใช้สกัดสารที่ต้องการออกจากสารตัวอย่าง ซึ่งสามารถทำได้ 2 แบบ โดยแบบแรกนำส่วนที่เป็นไฟเบอร์จุ่มลงในสารตัวอย่างและแช่ไว้ประมาณ 15-30 นาที และอีกแบบโดยการนำส่วนของไฟเบอร์จุ่มลงในบริเวณเฮดสเปซของขวดที่มีสารตัวอย่าง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถของพอลิเมอร์ในการจับสารตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำสารที่ติดอยู่กับไฟเบอร์ไปวิเคราะห์ เมื่อได้สารตัวอย่างที่ติดอยู่กับ SPME แล้วนำสารตัวอย่างไปวิเคราะห์ต่อ ซึ่งสามารถเลือกทำได้ 2 วิธี

3.1. นำ SPME มาทำให้สารที่ต้องการวิเคราะห์หลุดออกจากไฟเบอร์ ไปอยู่ในสารละลายใหม่ (desorption) โดยนำ SPME ไปแช่ในตัวทำละลายใหม่ที่สามารถละลายสารออกจากไฟเบอร์ได้แล้วจึงนำไปฉีดเข้าเครื่องต่อไป

3.2. นำ SPME ไปฉีดเข้าเครื่อง GC หรือ HPLC โดยตรง

ตารางที่ 2.4 พอลิเมอร์ที่ใช้สกัดสารชนิดต่างๆ (Fiber selection guide)

ชนิดพอลิเมอร์	สารที่สกัด
Polydimethylsiloxane	Volatiles
Polydimethylsiloxane/divinylbenzene	Volatiles, Amines, Nitroaromatic compound
Polyacrylate	Polar semi volatiles
Carbowax/divinylbenzene	Alcohols, Polar compound
Carboxen/Polydimethylsiloxane	Gases, Low molecular wt. Compound
Divinylbenzene/carboxen	Flavors (Volatiles and Semi volatiles)
Carbowax/template resin	Surfactants

2.3.3 ปัจจัยหลักๆ ที่ต้องคำนึงถึง (<http://share.psu.ac.th/blog/sci-discus/17227>)

ในการวิเคราะห์โดยใช้ SPME นั้น ต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายอย่าง ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อการดูดซึม/ดูดซับระหว่างพอลิเมอร์ที่เคลือบบนไฟเบอร์กับสารที่ต้องการวิเคราะห์ โดยปัจจัยที่มีผลมีดังนี้

1. อุณหภูมิในการสกัด

อุณหภูมิ เป็นปัจจัยสำคัญในการศึกษาเนื่องจากอุณหภูมิเป็นส่วนช่วยให้สารที่วิเคราะห์เกิดการเคลื่อนที่ได้ดียิ่งขึ้นทำให้เกิดการถ่ายเทมวลได้ดีจากเฟสของเหลว เฟสของแก๊สและเฟสของพอลิเมอร์บนไฟเบอร์ ซึ่งถือเป็นการเร่งการเกิดสมดุลของสารที่วิเคราะห์ระหว่างเฟสทั้งสาม

2. เวลาในการสกัด

เวลาในการสกัด คือ เป็นเวลาที่สารเข้าสู่สมดุลระหว่างเฟสทั้งสามประกอบด้วยเฟสของเหลว เฟสของแก๊สและเฟสของพอลิเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ชนิดและปริมาณของเกลือที่เติม

การเติมเกลือลงไปในการสกัดเป็นการลดการเกิดชั้นไฮเดรตของน้ำต่อสารที่วิเคราะห์ เมื่อเติมเกลือลงไปจะทำให้เกิดชั้นไฮเดรตของเกลือแทนทำให้สารที่วิเคราะห์ โดนปลดปล่อยและเกิดกระบวนการสกัดได้มากขึ้น นอกจากนี้การเติมเกลือยังเพิ่มความแรงไอออนให้กับสารละลาย ทำให้สารที่สนใจละลายในตัวอย่างได้น้อยลง

4. เวลาในการคายการดูดซับ

เวลาในการคายการดูดซับ เป็นการให้ความร้อนในการคายการดูดซับของสารจากพอลิเมอร์บนไฟเบอร์เข้าสู่ระบบการตรวจวัด

2.3.4 การเพิ่มประสิทธิภาพของ SPME (Solid Phase Micro extraction: Theory and Optimization of Conditions)

นอกจากปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงดังที่กล่าวในหัวข้อที่ 2.3.3 แล้ว ยังมีปัจจัยอื่นๆที่สามารถนำมาพิจารณาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ของ SPME ซึ่งมีด้วยกัน 3 ข้อ ดังต่อไปนี้

1. ความมีขั้วของไฟเบอร์, ความพรุน และพื้นที่ผิว

สารที่ไม่มีขั้วจะถูกดูดซับได้ดีกับไฟเบอร์ที่ไม่มีขั้ว สารที่มีขั้วจะถูกดูดซับได้ดีกับไฟเบอร์ที่มีขั้ว มักจะวิเคราะห์ได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยเทคนิค GC โดยความยาวของไฟเบอร์เพียง 1 เซนติเมตร ก็สามารถสัมผัสกับสารตัวอย่างได้ทั้งแบบมีขั้วและไม่มีขั้วส่วนความแตกต่างเพียงเล็กน้อยของความมีขั้วของเฟสคงที่ใน GC คอลัมน์ ไม่ได้มีผลอะไรมากในเทคนิค SPME ในทางตรงกันข้ามวัสดุที่ใช้ในการเคลือบ SPME เช่น การเคลือบด้วยสารที่มีขั้วสูง Carbowax ลงบน DVB จะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิว และช่วยสกัดสารที่มีขั้วน้อยได้มากขึ้น ซึ่งรูเล็กๆของ Carboxen ทำให้โมเลกุลของคาร์บอนมีลักษณะเป็นตะแกรง ทำให้มีผลในการสกัดสารที่มีโมเลกุลเล็กๆได้

2. ความหนาของไฟเบอร์ที่เคลือบบน SPME

ไฟเบอร์ที่มีความหนาจะสามารถสกัดสารได้มากกว่าไฟเบอร์ที่บาง ดังนั้นไฟเบอร์ที่มีความหนามากจะใช้ในการวิเคราะห์สารระเหยง่ายและในการชะสารที่ต้องการวิเคราะห์ต้องใช้อุณหภูมิที่สูงกว่าไฟเบอร์ที่บาง และอาจถูกชะไม่หมดทำให้มีการปนเปื้อนเมื่อใช้ในการวิเคราะห์ในครั้งต่อไป แต่ข้อดีของไฟเบอร์ที่บางจะสามารถวิเคราะห์ด้วย GC ได้อย่างรวดเร็วกว่าไฟเบอร์ที่หนา

3. วิเคราะห์แบบ DI-SPME กับ HS-SPME, ผลจากการเติมเกลือ และค่า pH

การสกัดสารที่ระเหยได้สามารถใช้ทั้งวิธี DI-SPME และ HS-SPME แต่ในการสกัดสารที่ไม่ระเหยจำเป็นต้องใช้วิธี DI-SPME เพียงอย่างเดียว และในการเติม 25-30% NaCl ลงในสารตัวอย่าง (ปรับค่า pH) เป็นการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลาย และลดความสามารถในการละลายน้ำของสารที่เราจะวิเคราะห์

2.3.5 ข้อดี- ข้อด้อยของ SPME (<http://share.psu.ac.th/blog/sci-discus/17227>)

เทคนิค SPME มีทั้งข้อดี-ข้อด้อย ซึ่งในการเลือกนำไปใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อการนำไปใช้ ซึ่งต้องพิจารณาลักษณะนี้

ข้อดี คือ เป็นเทคนิคที่ง่าย มีประสิทธิภาพสูง ให้ผลวิเคราะห์ที่เชื่อถือได้ และที่สำคัญคือ เป็นเทคนิคที่ไม่ต้องใช้ตัวทำละลาย

ข้อด้อย คือ เป็นอุปกรณ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศ มีราคาสูง การใช้งานต้องมีความระมัดระวังเพราะไฟเบอร์ค่อนข้างเปราะ แตกหักง่าย และอายุการใช้งานของไฟเบอร์ค่อนข้างต่ำคือ ประมาณ 100 ครั้ง/ไฟเบอร์

2.3.6 การประยุกต์ใช้งาน (<http://www.kmitl.ac.th/sisc/GC-MS/SPME.htm>)

เนื่องจาก SPME เป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพสูง ให้ผลวิเคราะห์ที่เชื่อถือได้ ดังนั้นจึงเป็นเทคนิคที่สามารถนำไปประยุกต์ในการวิเคราะห์ด้านต่างๆมากมาย ได้แก่

1. การวิเคราะห์อาหาร เช่น กลิ่นในกาแฟ กรดไขมันในน้ำ กลิ่นในเบียร์
2. การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ เช่น องค์ประกอบระเหยง่ายในใบยาสูบ กลิ่นหอมในดอกไม้
3. การวิเคราะห์ยา เช่น ส่วนประกอบในตัวยา ตัวทำละลายในค่ายเภสัชกรรม
4. การวิเคราะห์ด้านพิษวิทยา เช่น นิโคตินและโคเคนในปัสสาวะ ยาชาในเลือด
5. การวิเคราะห์ด้านสิ่งแวดล้อม เช่น การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายในน้ำเสีย

2.3.7 ความมีขั้วของไฟเบอร์ SPME (Fiber selection guide)

ไฟเบอร์ของ SPME จะถูกเคลือบด้วยสารพอลิเมอร์ชนิดต่างๆ ซึ่งพอลิเมอร์เหล่านี้จะแสดงความมีขั้วที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งความมีขั้วเหล่านี้มีผลต่อการวิเคราะห์สารต่างๆ ดังนั้นในการเลือกใช้ควรเลือกชนิดพอลิเมอร์ให้มีความเหมาะสมกับสารที่จะวิเคราะห์ ดังที่แสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ความมีขั้วของไฟเบอร์ SPME (Fiber selection guide)

ชื่อ	การดูดซับ/การดูดซึม	ความมีขั้ว
Bare fused silica	Adsorbent	Unknown
7µm Polydimethylsiloxane (PDMS)	Absorbent	Nonpolar
30µm PDMS	Absorbent	Nonpolar
100µm PDMS	Absorbent	Nonpolar
85µm Polyacrylate (PA)	Absorbent	Polar
65µm PDMS-DVB, StableFlex™	Adsorbent	Bipolar
65µm CW-DVB, StableFlex	Adsorbent	Polar
85µm Carboxen-PDMS, StableFlex	Adsorbent	Bipolar
55µm/30µm DVB/Carboxen™-PDMS, StableFlex	Adsorbent	Bipolar

2.3.8 ไฟเบอร์ Polydimethylsiloxane/Divinylbenzene (PDMS/DVB)

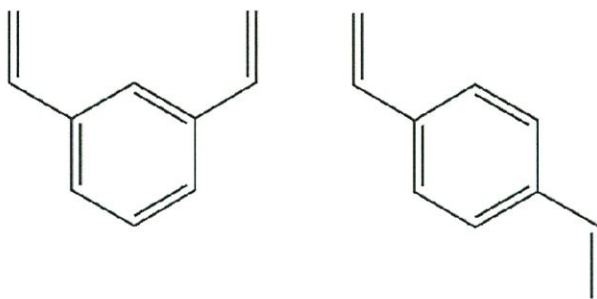
ไฟเบอร์ PDMS/DVB จะถูกเคลือบด้วยพอลิเมอร์ Polydimethylsiloxane มีโครงสร้างดังรูปที่ 2.7 และมี cross-link คือ Divinylbenzene มีโครงสร้างดังรูปที่ 2.8 เป็นตัวเชื่อมระหว่างพอลิเมอร์ Polydimethylsiloxane แต่ละสาย โดยคุณสมบัติของไฟเบอร์ PDMS/DVB แสดงไว้ในตารางที่ 2.6



รูปที่ 2.7 โครงสร้างของ PDMS

(<http://en.wikipedia.org/wiki/Polydimethylsiloxane>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 โครงสร้างของ DVB

(<http://en.wikipedia.org/wiki/Divinylbenzene>)

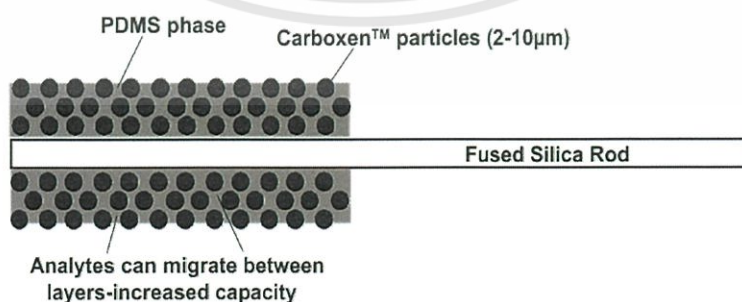
ตารางที่ 2.6 สมบัติของ PDMS/DVB

(<http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/supelco/57310u?lang=en®ion=TH>)

material	fused silica
needle size	24 ga
fiber length	1 cm
thickness film	65 μm
compatibility	volatiles, amines, and nitroaromatic compounds (MW 50-300)

2.3.9 ไฟเบอร์ Carboxen/polydimethylsiloxane

ไฟเบอร์ Carboxen/polydimethylsiloxane ประกอบด้วยคาร์บอนที่เรียงตัวกันในลักษณะตะแกรงเรียกว่า Carboxen เก้ากับเฟสพอลิเมอร์ Polydimethylsiloxane ดังรูปที่ 2.9 และมีคุณสมบัติตามตารางที่ 2.7



รูปที่ 2.9 ลักษณะไฟเบอร์ Carboxen/PDMS

(www.sigmaaldrich.com/content/dam/.../10942.pdf)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 สมบัติของ Carboxen/PDMS

(<http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/supelco/57318?lang=en®ion=>)

material	fused silica
needle size	24 ga
fiber Length	1 cm
thickness film	75 μ m
compatibility	Gases, low molecular weight compounds (MW 30-225)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

SUPELCO

SPME เป็นวิธีที่ง่าย เป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับและคายซับ โดยไม่ต้องใช้ตัวทำละลายหรืออุปกรณ์ที่ซับซ้อนในการทำให้สารระเหยทั้งในตัวอย่างที่เป็นของเหลวและแก๊ส SPME สามารถใช้ในการวิเคราะห์ร่วมกับ GC หรือ HPLC และให้ผลเชิงเส้นออกมาตามความเข้มข้นของสารละลาย ความมีขี้้ว ความหนาของชั้นเคลือบบนไฟเบอร์ได้ และเวลามีผลต่อการวิเคราะห์ อีกทั้งยังต้องควบคุมพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อให้มีความมั่นใจว่าผลที่ได้มีความสอดคล้องจากผลเชิงปริมาณที่ได้จากการวิเคราะห์

วารสาร และ พัทธาภรณ์ (2547)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสารประกอบที่ระเหยได้ของสารที่ให้กลิ่นหอมจากน้ำหอมและดอกไม้ โดยทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Headspace Solid Phase Micro Extraction กับ Gas Chromatography-Mass Spectrometry (HS-SPME-GC-MS) โดยขั้นแรกทำการศึกษาองค์ประกอบของสารระเหยที่มีอยู่ในน้ำหอมที่ไม่ได้ระบุยี่ห้อจำนวน 20 ชนิด ด้วย SPME Fiber ซึ่งเคลือบด้วยสารดูดซับ 4 ชนิดพบว่าไฟเบอร์ที่เคลือบด้วยสารดูดซับชนิด StableFlex Divinylbenzene/Carboxen (DVB/CAR/PDMS) มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด เนื่องจากสามารถดูดซับสารได้จำนวนมากที่สุด ต่อมาทำการวิเคราะห์กลิ่นของน้ำหอมที่มียี่ห้อเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับน้ำหอมที่ไม่ได้ระบุยี่ห้อ ซึ่งพบว่าสารประกอบที่มีอยู่ในน้ำหอมกลิ่นเดียวกันกลับมีความแตกต่างกันในเรื่องของจำนวนและชนิดขององค์ประกอบ เพราะมีจำนวนสารประกอบที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมือนกันเพียง 10 ชนิด ในการศึกษาสารระเหยในกลิ่นดอกแก้วที่เวลาต่างๆกัน พบว่าดอกแก้วที่เก็บไว้เป็นเวลา 1 วันจะมีองค์ประกอบมากที่สุดคือ 29 ชนิด รองมาเป็นดอกแก้วที่เก็บไว้เป็นเวลา 4 วันและ 7 วันซึ่งมีจำนวน 16 ชนิด และ 13 ชนิด ตามลำดับ ส่วนดอกแก้วที่ทำการวิเคราะห์ทันที กลับพบว่า มีจำนวนองค์ประกอบน้อยที่สุดซึ่งพบเพียง 11 ชนิดเท่านั้น จากการศึกษาสารที่มีอยู่ในดอกแก้วนั้นพบว่า มีสารประกอบหลายตัวที่เหมือนกับน้ำหอม ซึ่งสารประกอบที่มีอยู่ในดอกแก้ว และในน้ำหอมส่วนใหญ่เป็นสารประเภท อัลคีน รองลงมาเป็นแอลกอฮอล์ และเอสเทอร์ ตามลำดับ นอกจากนี้แล้วมีสารชนิดหนึ่งที่น่าสนใจ ซึ่งพบมากทั้งในน้ำหอมและในดอกแก้ว คือ Linalool ซึ่งเป็นสารที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมน้ำหอมมากเพื่อให้กลิ่น Fruity note และปัจจุบันก็มีการนำมาใช้เพื่อเป็นส่วนผสมของน้ำหอมเกือบทุกชนิด

ปวีณา พงษ์พิพัฒน์ (2549)

ศึกษาวิธีการสกัดสารประกอบฟินอล 2 ชนิด (2,4-ไดคลอโรฟีนอล และ 4-โนนิลฟีนอล) ด้วยวิธีเอคสเพช-โซลิด-เฟสไมโครเอกซ์แทรกชัน (เอชเอส-เอสพีเอ็มอี) โดยใช้ไฟเบอร์พอลิไดเมทิลไซลอคเซน-ดีวีบี และคอลัมน์เอชพี-5เอ็มเอส บ้างจับต่างๆของเทคนิคเอสพีเอ็มอีที่ศึกษา ซึ่งได้แก่อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด เวลาที่ใช้ในการสกัด และปริมาณของโซเดียมคลอไรด์ สภาวะที่เหมาะสมของโซลิด-เฟสไมโครเอกซ์แทรกชันสำหรับการสกัดสารประกอบฟินอล คือ สกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที และไม่มีการเติมโซเดียมคลอไรด์ นอกจากนั้นยังได้ศึกษาหาสภาวะทางโครมาโทกราฟีสำหรับการแยกสารประกอบฟินอล ซึ่งพบว่าสภาวะที่เหมาะสมของจีซีที่ใช้คอลัมน์เอชพี-5เอ็มเอส คือ อุณหภูมิตำแหน่งที่ฉีดสาร 280 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของแก๊สพอ 1.0 มิลลิลิตร/นาที และโปรแกรมอุณหภูมิเริ่มต้น 140 องศาเซลเซียส (1นาที) ด้วยอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส/นาที จนถึงอุณหภูมิสุดท้าย 270 องศาเซลเซียส (2นาที) ซึ่งได้นำสภาวะที่เหมาะสมของโซลิด-เฟสไมโครเอกซ์แทรกชัน-แก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมทรี ไปประยุกต์ในการวิเคราะห์สารประกอบฟินอลในตัวอย่างน้ำ โดยปริมาณการได้กลับคืนของวิธีวิเคราะห์มีค่ามากกว่า 85 % ส่วนปริมาณการได้กลับคืนในตัวอย่างน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 38-83%

วรรณธิดา และคณะ (2550)

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปในการทำน้ำส้มควันไม้จากเปลือกสบู่ดำ โดยนำเปลือกสบู่ดำไปเผาในเตาเผาแบบแนวนอนขนาด 200 ลิตร จากนั้นเก็บน้ำส้มควันไม้ที่อุณหภูมิปากปล่องต่างๆ ได้แก่ 58-80, 80-90, 90-120 และ 120-295 องศาเซลเซียส จากการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ได้จากเปลือกสบู่ดำ พบว่าของเหลวที่ควบแน่นที่อุณหภูมิปากปล่อง 58-80 และ 80-90 องศาเซลเซียส ไม่จัดว่าเป็นน้ำส้มควันไม้ เนื่องจากองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นน้ำที่เกิดจากการระเหยความชื้นในเนื้อ ไม้ออกมา สังเกตได้จากสีของควันยังเป็นสีขาวขุ่นสีของของเหลวเป็นสีน้ำตาลดำ และกลิ่นไม่ฉุน ส่วนของเหลวที่ควบแน่นที่อุณหภูมิ 90-120 และ 120-295 องศาเซลเซียส จัดเป็นน้ำส้มควันไม้ เนื่องจากเกิดจากการสลายตัวขององค์ประกอบในเนื้อ ไม้ ทำให้สีควันมีลักษณะเป็นสีขาวอมเหลือง ของเหลวที่ได้มีกลิ่นไหม้ที่รุนแรงและมีสีน้ำตาลใส มีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 5.85 และ 5.79 ตามลำดับ เมื่อคิดเป็นสัดส่วนต่อกิโลกรัมวัตถุดิบ พบว่ามีปริมาณความชื้น 27.08% ปริมาณเถ้า 62.57% ปริมาณสารแทรก 8.18% ปริมาณเพนโทแซน 3.33% ปริมาณไฮโดรคาร์บอน 13.70% ปริมาณลิกนิน 5.58% และปริมาณสารระเหย 87.26% จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกสบู่ดำโดยใช้เทคนิค SPME-GC-MS พบว่าน้ำส้มควันไม้จากเปลือกสบู่ดำ มีปริมาณฟีนอลมากที่สุด รองลงมาคือ เมทานอล และกรดอะซิติก ตามลำดับ

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 อุปกรณ์และสารตัวอย่าง

3.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ รุ่น 6890N ต่อกับ แมสสเปกโตรมิเตอร์ รุ่น 5973 N

บริษัท Agilent Technologies ประเทศสหรัฐอเมริกา

2. GC คอลัมน์ เป็น HP-1 (30m x0.25m x0.25 μ m film thickness)

3. Solid Phase Micro Extraction (SPME) บริษัท Supelco ประเทศสหรัฐอเมริกา

2 ชนิด ได้แก่

- Polydimethylsiloxane/divinylbenzene (PDMS/DVB) ขนาด 65 ไมโครเมตร

- Carboxen/Polydimethylsiloxane (Car/PDMS) ขนาด 75 ไมโครเมตร

4. ขวด Vial ที่มีฝาแบบ Septum ขนาด 20 มิลลิลิตร

5. นาฬิกาจับเวลา

6. อุปกรณ์เครื่องแก้วต่างๆ

7. เครื่องให้ความร้อน

8. เครื่องตรวจวัดฝุ่นละอองติดตัวบุคคล รุ่น PCXR8 ผลิตภัณฑ์ SKC ประเทศสหรัฐอเมริกา

9. อิมฟิงเจอร์แก้วแบบมิดเกจ

3.1.2 สารตัวอย่างที่ใช้

1. น้ำส้มควันไม้จากกะลามะพร้าว

2. ควันจากการเผาถ่านกะลามะพร้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การดำเนินการวิจัย

3.2.1 การเตรียมตัวอย่างน้ำส้มควันไม้

นำน้ำส้มควันไม้มา 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวด Vial ที่มีฝาแบบ Septum ขนาด 20 มิลลิลิตร จากนั้นปิดฝาขวด แล้วตั้งบนเครื่องให้ความร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

3.2.2 การเตรียมตัวอย่างควันจากการเผาถ่าน (ปริ๊ณา, 2549)

ทำการเก็บตัวอย่างควันจากการเผาถ่าน โดยเก็บในช่วงเวลาที่น้ำส้มควันไม้เริ่มออกมา โดยการใช้เครื่องเก็บอากาศแบบส่วนตัว ใส่น้ำกลั่นลงในอิมพิงเจอร์แก้วแบบมิดเกจ 20 มิลลิลิตร และตั้งอัตราการไหลของเครื่องที่ 500 มิลลิลิตรต่อนาที ใช้เวลาในการเก็บอากาศ 30 นาที เมื่อครบเวลาที่กำหนดถ่ายใส่ขวดรูปชมพู่ ปิดฝา แล้วหุ้มด้วยฟอยล์ให้มิด นำน้ำตัวอย่างควันจากกะลามะพร้าว 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวด Vial ที่มีฝาแบบ Septum ขนาด 20 มิลลิลิตร จากนั้นปิดฝาขวด แล้วตั้งบนเครื่องให้ความร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

3.2.3 การสกัดสารที่ระเหยได้จากสารตัวอย่างด้วยเทคนิค Headspace SPME

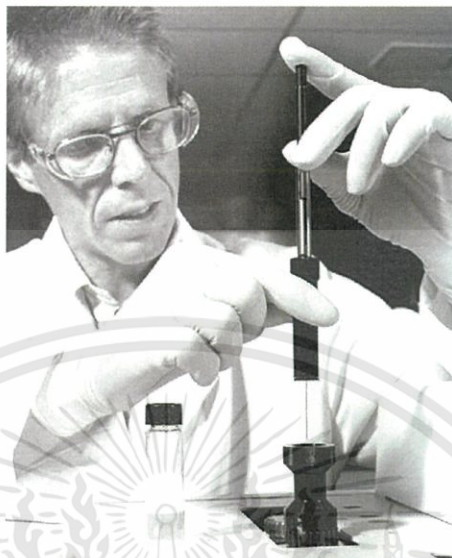
3.2.3.1 การเตรียมไฟเบอร์ให้พร้อมก่อนการใช้งาน (Conditioning step)

นำ SPME ไฟเบอร์ใส่ใน manual holder จากนั้นแทงเข็มผ่าน Septum ของส่วน injection port ของเครื่อง GC-MS กดปลาย holder เพื่อเลื่อนให้ส่วนของไฟเบอร์ที่อยู่ด้านในเข็มโผล่ออกมาจากปลายเข็ม เมื่อให้ความร้อนภายในบริเวณ injection port ของ GC-MS จะทำให้สิ่งสกปรกต่างๆ ที่ติดอยู่บนไฟเบอร์กลายเป็นไอหลุดออกไป ซึ่งเป็นการทำความสะอาด (Clean up) ไฟเบอร์ก่อนใช้งาน ใช้เวลาประมาณ 40 นาที จากนั้นเก็บส่วนไฟเบอร์กลับเข้ามาไว้ในเข็มก่อนดึง holder ออกจาก injection port

3.2.3.2 การดูดซับ (Adsorption) เพื่อสกัดสารที่ระเหยได้จากสารตัวอย่าง

นำ holder ที่มีไฟเบอร์ที่ผ่านการ condition ตามหัวข้อ 3.2.3.1 แทงผ่าน Septum ของขวดใส่สารตัวอย่างที่เตรียมพร้อมไว้ตามหัวข้อ 3.2.1 ให้ส่วนของ holder ที่เป็นสัปดาห์ชกกลางพอดี กดปลาย holder เพื่อให้ส่วนไฟเบอร์โผล่ออกมาจากปลายเข็มอยู่ในบริเวณเฮดสเปซของสาร

ตัวอย่างเป็นเวลา 40 นาที แล้วเก็บไฟเบอร์เข้าไปในส่วนของเข็มก่อนจะดึง holder ดังรูปที่ 3.1 ออกจากขวดสารตัวอย่างแล้วนำไปฉีดเข้าเครื่อง GC-MS เพื่อทำการวิเคราะห์



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการสกัดสารด้วย SPME

(www.sigmaaldrich.com/content/dam/.../10942.pdf)

3.2.3.3 การคายซับ (Desorption) เพื่อให้สารตัวอย่างออกจากไฟเบอร์และการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS

นำ holder ที่ดึงออกจากขวดสารตัวอย่างในข้อ 3.2.3.2 ผ่าน Septum ของ injection port ของเครื่อง GC-MS กดปลาย holder เพื่อให้ไฟเบอร์โผล่ออกจากปลายเข็มก่อน start เครื่อง GC-MS ทันที สารที่ถูกดูดซับไว้บนไฟเบอร์จะถูกความร้อนของส่วน injection port ทำให้เกิดการคายซับสารในลักษณะของไอ แล้วถูกแก๊สพาของ GC-MS พาเข้าคอลัมน์เพื่อให้เกิดการแยก โดยตั้งสถานะของเครื่อง GC-MS ตามตารางที่ 3.1 แล้วเก็บไฟเบอร์เข้าไปปลายเข็มก่อนดึง holder ออกจาก injection port แล้วนำไปทำขั้นตอน 3.2.3.2 สำหรับตัวอย่างต่อไปทันที ทำให้ 1 ตัวอย่างใช้เวลา 40 นาที/ตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 สภาวะในการวิเคราะห์ห้องค้ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ด้วย
เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ-แมสสเปกโตรมิเตอร์ (GC-MS) (วรรณธิดาและคณะ, 2550)

พารามิเตอร์	สภาวะ
Gas Chromatograph	Agilent Technologies รุ่น 6890N
Column	HP-1 coating 100% Dimethylpolysiloxane,30m x0.25m x0.25 µm film thickness
Time	40 minutes
Temperature Program	Injector temperature : 230 °C Oven temperature : 50 °C (initial temperature), holding at 50 °C for 8 mins,to 160 °C rate 4 °C/min, holding at 160 °C for 1 min
He carrier gas	Flow rate 1 mL/min (99.999 % purity) (Praxair CO.,Ltd.)
Mass Spectrometer	Agilent Technologies รุ่น 5973N
Detector	
Mode	EI mode
Mass Rang / Scan Speed	30 – 500 amu/ 3.12 sec.
Transfer Line Temperature	180 °C
Filament / Multiplier Delay	-
Detector Temperature	160°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ในการศึกษาการวิเคราะห์ชนิดของสารประกอบฟีนอลในน้ำส้มควันไม้และในควันจากการเผาถ่านกะลามะพร้าว โดยใช้เครื่อง GC-MS ตามการทดลองบทที่ 3 ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

4.1 ศึกษาหาสารประกอบฟีนอลในน้ำส้มควันไม้เปรียบเทียบกับควันที่ได้จากการเผาถ่านด้วยเทคนิค HS-SPME-GC-MS

ในการศึกษาชนิดของสารประกอบฟีนอลในน้ำส้มควันไม้และควันจากการเผาถ่าน โดยใช้ SPME ที่มีไฟเบอร์ที่มีสารดูดซับต่างกัน 2 ชนิด จากนั้นวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

4.1.1 น้ำส้มควันไม้

จากการศึกษาน้ำส้มควันไม้โดยใช้ไฟเบอร์ Carboxen/PDMS พบสารประกอบฟีนอลจำนวน 10 ชนิด และใช้ไฟเบอร์ PDMS/DVB พบสารประกอบฟีนอลจำนวน 14 ชนิด ซึ่งพบว่ามี Phenol มากที่สุด รองลงมาคือ 2-methoxyphenol, 2-methoxy-4-methylphenol และ 4-ethyl-2-methoxyphenol ตามลำดับ และพบว่าสารที่ออกมาจะเป็นไปตามกฎ “like dissolve like” เนื่องจากคอลัมน์ GC ที่ใช้คือ HP-1 ซึ่งเป็นคอลัมน์ที่ไม่มีขั้ว ดังนั้นสารประกอบที่มีขั้วมากจะถูกแยกออกมา ก่อน จากนั้นสารที่มีขั้วน้อยลงก็จะถูกแยกออกมาตามลำดับความมีขั้ว ดังตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ชนิดของสารประกอบฟีนอลที่พบในน้ำส้มควันไม้โดยใช้ไฟเบอร์ Carboxen/PDMS

ลำดับ	ชื่อสาร	Retention Time (min)	% of total
1	Phenol	6.027	36.719
2	2-methylphenol	7.084	2.299
3	2-methoxyphenol	7.597	13.496
4	2,4-dimethylphenol	8.778	0.898

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	ชื่อสาร	Retention Time (min)	% of total
5	2-methoxy-3-methylphenol	9.237	0.684
6	2-methoxy-4-methylphenol	9.485	4.482
7	4-ethyl-2-methoxyphenol	11.007	3.696
8	2,6-dimethoxyphenol	12.016	1.963
9	2-methoxy-4-(2-propenyl)phenol	12.280	0.264
10	2-methoxy-4-propylphenol	12.490	0.500

ตารางที่ 4.2 ชนิดของสารประกอบฟีนอลที่พบในน้ำส้มควันไม้โดยใช้เฟเบอร์ PDMS/DVB

ลำดับ	ชื่อสาร	Retention Time (min)	% of total
1	Phenol	6.425	28.025
2	2-methyl phenol	7.108	1.330
3	2-methylphenol	7.229	2.049
4	2-methoxyphenol	7.784	17.106
5	2,6-dimethylphenol	8.030	0.437
6	2,6-dimethylphenol	8.087	0.590
7	3,5-dimethylphenol	8.968	2.623
8	2-ethylphenol	9.298	1.910
9	2-methoxy-4-methylphenol	9.681	11.108
10	4-ethyl-2-methoxyphenol	11.207	12.248
11	2,6-dimethoxyphenol	12.149	2.616
12	2-methoxy-4-(2-propenyl) phenol	12.376	1.237
13	2-methoxy-4-ethyl-6-methylphenol	12.475	0.491
14	2-methoxy-4-propylphenol	12.596	3.220
15	2-methoxy-4-(1-propenyl)phenol	13.139	0.158
16	2,6-Dimethyl-4-propylphenol	16.202	0.165

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ควันจากการเผาถ่าน

จากการศึกษาควันจากการเผาถ่านโดยใช้ไฟเบอร์ Carboxen/PDMS และไฟเบอร์ PDMS/DVB พบสารประกอบฟีนอลจำนวนเท่ากันคือ 16 ชนิด ซึ่งพบว่า มี Phenol มากที่สุด รองลงมาคือ 2-methoxyphenol, 2-methoxy-4-methylphenol และ 4-ethyl-2-methoxyphenol ตามลำดับ และพบว่าสารที่ออกมาจะจะเป็นไปตามกฎ “like dissolve like” เนื่องจากคอลัมน์ GC ที่ใช้คือ HP-1 ซึ่งเป็นคอลัมน์ที่ไม่มีขั้ว ดังนั้นสารประกอบที่มีขั้วมากจะถูกแยกออกมาก่อน จากนั้นสารที่มีขั้วน้อยลงก็จะถูกแยกออกมาตามลำดับความมีขั้ว ดังตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 ชนิดของสารประกอบฟีนอลในควันจากการเผาถ่านโดยใช้ไฟเบอร์ Carboxen/PDMS

ลำดับ	ชื่อสาร	Retention Time (min)	% of total
1	Phenol	6.128	28.000
2	2-methylphenol	7.122	2.695
3	2-methoxyphenol	7.605	12.404
4	2,6-dimethylphenol	7.973	0.221
5	2-ethylphenol	8.615	0.508
6	2,4-dimethylphenol	8.804	0.747
7	3-ethylphenol	9.123	0.528
8	2-methoxy-3-methylphenol	9.248	0.693
9	2-methoxy-4-methylphenol	9.514	4.869
10	3,4,5-trimethylphenol	10.349	0.152
11	4-ethyl-2-methoxyphenol	10.706	0.193
12	4-ethenyl-2-methoxyphenol	11.537	0.537
13	2,6-dimethoxyphenol	12.034	0.221
14	2-methoxy-4-(2-propenyl) phenol	12.296	0.410
15	2-methoxy-4-propylphenol	12.505	0.782
16	2-methoxy-4-propylphenol	12.577	0.058
17	2-methoxy-4-(1-propenyl)phenol	13.097	0.267
18	2-methoxy-4-(1-propenyl)phenol	13.754	1.105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	ชื่อสาร	Retention Time (min)	% of total
19	2,6-Dimethyl-4-(2-propyl)phenol	17.697	0.213

ตารางที่ 4.4 ชนิดของสารประกอบฟีนอลที่พบในควันจากการเผาถ่านโดยใช้ไฟเบอร์ PDMS/DVB

ลำดับ	ชื่อสาร	Retention Time (min)	% of total
1	Phenol	5.901	12.547
2	3-methylphenol	7.138	3.967
3	2-methoxyphenol	7.681	10.013
4	2,4-dimethylphenol	8.831	1.675
5	2-methoxy-3-methylphenol	9.271	2.438
6	2-methoxy-4-methylphenol	9.598	6.783
7	2-ethyl-5-methylphenol	10.406	0.450
8	2,4,6-trimethoxyphenol	10.809	0.922
9	4-ethyl-2-methoxyphenol	11.146	10.597
10	2-methoxy-4-vinylphenol	11.602	1.685
11	2,6-dimethoxyphenol	12.103	1.990
12	2-methoxy-4-(2-propenyl)phenol	12.365	1.935
13	2-methoxy-4-ethyl-6-methylphenol	12.464	0.826
14	2-methoxy-4-propylphenol	12.649	0.346
15	2-methoxy-4-(1-propenyl)phenol	13.154	1.434
16	2-methoxy-4-(1-propenyl)phenol	13.853	1.237
17	1,1-dimethyl-4-methoxyphenol	13.602	0.547
18	2,6-Dimethyl-4-(2-propyl) phenol	17.717	0.319

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ศึกษาและเปรียบเทียบการใช้ไฟเบอร์ SPME ที่เคลือบด้วยสารดูดซับต่างกัน 2 ชนิด ในการวิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอล

จากการศึกษาสารประกอบฟีนอลเพื่อเปรียบเทียบการใช้ไฟเบอร์ SPME โดยใช้ไฟเบอร์ที่มีสารดูดซับต่างกัน 2 ชนิด คือ

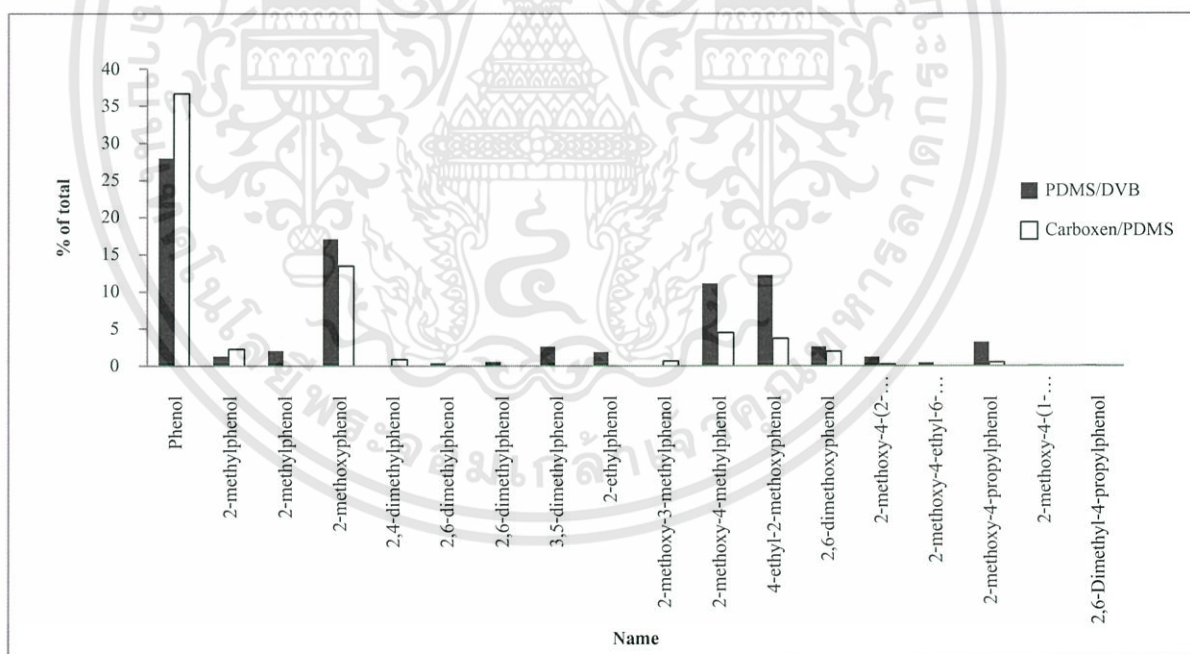
ชนิดที่ 1 Carboxen/PDMS ขนาด 75 μm

ชนิดที่ 2 PDMS/DVB ขนาด 65 μm

โดยอาศัยเทคนิค HS-SPME เป็นเทคนิคที่ใช้ในการดูดซับสารระเหยในน้ำส้มควันไม้และควันจากการเผาถ่าน แล้วทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

4.2.1 น้ำส้มควันไม้

ผลการศึกษาไฟเบอร์ SPME ที่ใช้ในการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลในน้ำส้มควันไม้ได้ผลดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณและชนิดของสารประกอบฟีนอลในน้ำส้มควันไม้จากไฟเบอร์ Carboxen/PDMS กับ PDMS/DVB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.1 พบว่าการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลในน้ำส้มควันไม้ โดยใช้ไฟเบอร์ชนิด Carboxen/PDMS สามารถวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลได้ดีกว่า และไฟเบอร์ชนิด PDMS/DVB สามารถวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลชนิดอื่นได้ดีกว่า ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 สารประกอบฟีนอลในน้ำส้มควันไม้โดยใช้ไฟเบอร์ Carboxen/PDMS กับ PDMS/DVB

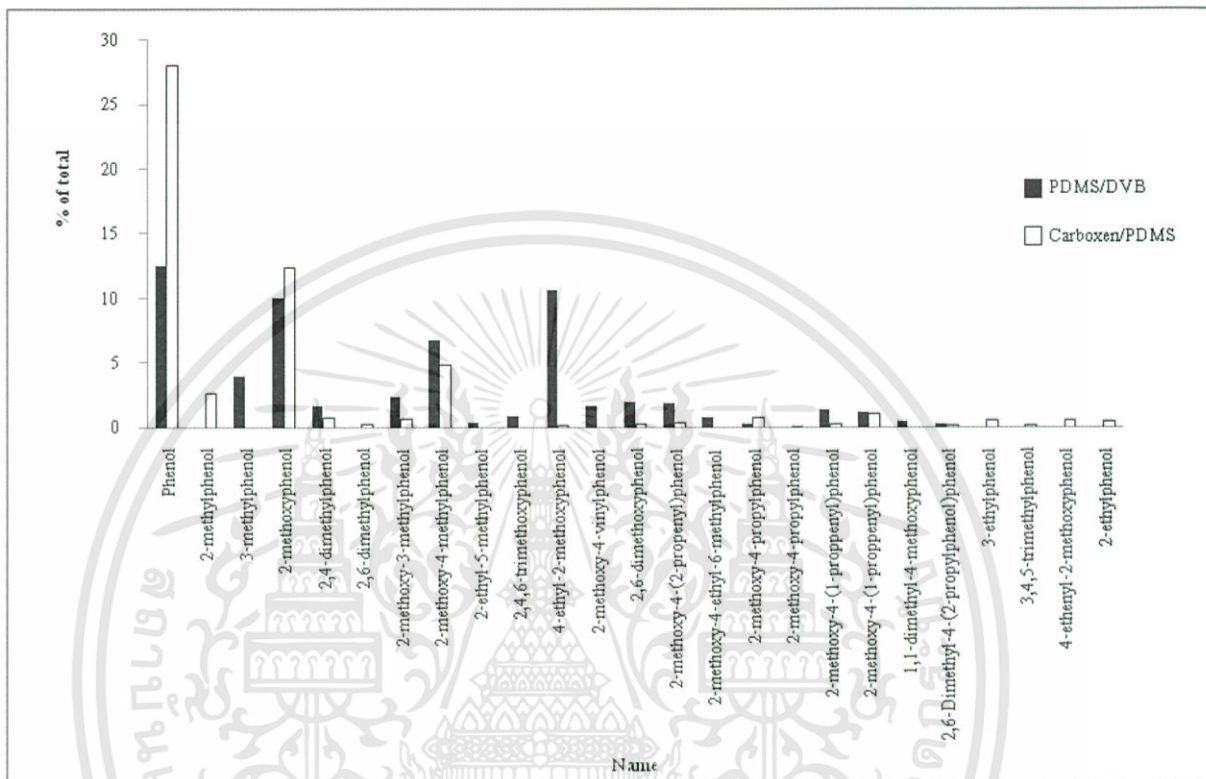
สารประกอบฟีนอล	% สารประกอบฟีนอล	
	Carboxen/PDMS (%)	PDMS/DVB (%)
Phenol	36.719	28.025
2-methylphenol	2.299	1.330
2-methylphenol	-	2.049
2-methoxyphenol	13.496	17.106
2,4-dimethoxyphenol	0.898	-
2,6-dimethylphenol	-	0.437
2,6-dimethylphenol	-	0.590
3,5-dimethylphenol	-	2.623
2-ethylphenol	-	1.910
2-methoxy-3-methylphenol	0.684	-
2-methoxy-4-methylphenol	4.482	11.108
4-ethyl-2-methoxyphenol	3.696	12.248
2,6-dimethoxyphenol	1.963	2.616
2-methoxy-4-(2-propenyl) phenol	0.264	1.237
2-methoxy-4-ethyl-6-methylphenol	-	0.491
2-methoxy-4-propylphenol	0.500	3.220
2-methoxy-4-(1-propenyl) phenol	-	0.158
2,6-Dimethyl-4-propylphenol	-	0.165

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ควินจากการเผาถ่าน

ผลการศึกษาปริมาณและชนิดของสารประกอบฟีนอลในควินจากการเผาถ่าน ได้ผลดังรูปที่

4.2



รูปที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณและชนิดของสารประกอบฟีนอลในควินจากการเผาถ่านจากไฟเบอร์ Carboxen/ PDMS กับ PDMS/DVB

จากรูปที่ 4.2 พบว่าการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลในควินจากการเผาถ่าน โดยใช้ไฟเบอร์ชนิด Carboxen/PDMS สามารถวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลได้ดีกว่า และไฟเบอร์ชนิด PDMS/DVB สามารถวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลชนิดอื่นได้ดีกว่า ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 สารประกอบฟีนอลในควันจากการเผาถ่านโดยใช้ไฟเบอร์ Carboxen/PDMS กับ PDMS/DVB

สารประกอบฟีนอล	% สารประกอบฟีนอล	
	Carboxen/PDMS (%)	PDMS/DVB (%)
Phenol	28.000	12.547
2-methylphenol	2.695	-
3-methylphenol	-	3.967
2-methoxyphenol	12.404	10.013
2,6-dimethylphenol	0.221	-
2-ethylphenol	0.508	-
2,4-dimethylphenol	0.747	1.675
3-ethylphenol	0.528	-
2-methoxy-3-methylphenol	0.693	2.438
2-methoxy-4-methylphenol	4.869	6.783
3,4,5-trimethylphenol	0.152	-
2-ethyl-5-methylphenol	-	0.450
2,4,6-trimethoxyphenol	-	0.922
4-ethyl-2-methoxyphenol	0.193	10.597
4-ethenyl-2-methoxyphenol	0.537	-
2-methoxy-4-vinylphenol	-	1.685
2,6-dimethoxyphenol	0.221	1.990
2-methoxy-4-(2-propenyl)phenol	0.410	1.935
2-methoxy-4-ethyl-6-methylphenol	-	0.826
2-methoxy-4-propylphenol	0.782	0.346
2-methoxy-4-propylphenol	0.058	-
2-methoxy-4-(1-propenyl)phenol	0.267	1.434
2-methoxy-4-(1-propenyl)phenol	1.105	1.237
1,1-dimethyl-4-methoxyphenol	-	0.547
2,6-Dimethyl-4-(2-propyl)phenol	0.213	0.319

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลในน้ำส้มควันไม้เปรียบเทียบกับควันที่ได้จากการเผาถ่านกะลามะพร้าวด้วยเทคนิค HS-SPME-GC-MS และศึกษาการใช้ไฟเบอร์ SPME ที่เคลือบด้วยสารดูดซับต่างกัน 2 ชนิด ไฟเบอร์ที่ใช้ คือ PDMS/DVB ขนาด 65 μm และ Carboxen/PDMS ขนาด 75 μm

ในการวิเคราะห์หาชนิดของสารประกอบฟีนอลในน้ำส้มควันไม้ โดยใช้ไฟเบอร์ Carboxen/PDMS สกัดพบสารประกอบฟีนอล 10 ชนิด และเมื่อใช้ไฟเบอร์ PDMS/DVB สกัดพบสารประกอบฟีนอล 14 ชนิด และจากการวิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลในควันที่ได้จากการเผาถ่าน โดยใช้ไฟเบอร์ Carboxen/PDMS และไฟเบอร์ PDMS/DVB สกัดพบสารประกอบฟีนอลทั้ง 2 ไฟเบอร์เท่ากัน คือ 17 ชนิด ในการวิเคราะห์ใช้คอลัมน์ GC คือ HP-1 ซึ่งเป็นคอลัมน์ที่ไม่มีขั้วได้ผลคือ สารประกอบฟีนอลที่มีขั้วมากจะถูกแยกออกมาก่อน จากนั้นสารที่มีขั้วน้อยกว่าจะถูกแยกออกมาตามลำดับ

โดยจากการศึกษาพบว่าทั้งในน้ำส้มควันไม้และควันจากการเผาถ่านมีสารประกอบฟีนอลที่ใกล้เคียงกันคือ มีปริมาณ Phenol มากที่สุด รองลงมาคือ 2-methoxyphenol, 2-methoxy-4-methylphenol และ 4-ethyl-2-methoxyphenol ตามลำดับ ซึ่งสารประกอบฟีนอลเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ถ้ามีการสะสมในปริมาณมาก โดยฟีนอลมีโทษต่อมนุษย์ คือเมื่อสัมผัสทางผิวหนังจะเกิดแผลไหม้ หากสูดดมอาจทำให้เนื้อเยื่อในระบบทางเดินหายใจถูกทำลาย นอกจากนี้หากเกิดการปนเปื้อนในน้ำ จะทำให้เป็นมลพิษในแหล่งน้ำ

และจากการศึกษาและเปรียบเทียบการใช้ไฟเบอร์ SPME ในการวิเคราะห์พบว่าไฟเบอร์ Carboxen/PDMS เหมาะสำหรับการใช้วิเคราะห์ฟีนอล และไฟเบอร์ PDMS/DVB สามารถใช้ในการวิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลได้ดีกว่า ดังนั้นไฟเบอร์ PDMS/DVB จึงมีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลได้หลากหลายชนิดกว่าไฟเบอร์ Carboxen/PDMS

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการศึกษาพบว่าผลที่ได้จากการวิเคราะห์มีความแตกต่างกันไม่ชัดเจน อาจจะมีผลมาจาก

1. ความมีขี้ของไฟเบอร์ทั้ง 2 ชนิด มีความใกล้เคียงกัน ทำให้การดูดซับสารประกอบฟีนอลได้ผลออกมาไม่ชัดเจน

2. ความหนาของไฟเบอร์ ที่มีขนาดแตกต่างกัน ทำให้ความสามารถในการดูดซับ – คายซับสารได้แตกต่างกัน โดยไฟเบอร์ที่มีความหนาก็จะมีความสามารถในการดูดซับสารได้มากกว่าไฟเบอร์ที่มีบาง แต่อาจจะทำให้เกิดการตกค้างของสารในไฟเบอร์ที่หนาได้ส่วนในไฟเบอร์ที่บางก็สามารถคายซับสารได้ไวกว่าไฟเบอร์ที่มีความหนา

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. จากการทดลองนอกจากจะพบสารประกอบฟีนอลแล้ว ยังพบสารประกอบชนิดอื่นอีกที่อาจมีพิษที่แตกต่างจากฟีนอล ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาหาความเป็นพิษของสารประกอบชนิดอื่นอีกด้วย

2. จากการทดลองสามารถหาปริมาณของสารประกอบฟีนอล ในวันที่ได้จากการเผาถ่านจากกะลามะพร้าวและได้กำหนดอัตราการไหลของอากาศเวลาเก็บตัวอย่างควัน ดังนั้นอาจจะทำการศึกษาเพิ่มเติมว่าบุคคลที่ได้ทำการเผาถ่านหรือผลิตน้ำส้มควันไม้ สามารถรับสารประกอบฟีนอลในปริมาณที่มากน้อยเพียงใด และเกินมาตรฐานหรือไม่

เอกสารอ้างอิง

- สุพรชัย มั่งมีสิทธิ์. 2550. **น้ำส้มควันไม้ผลพลอยได้จากธรรมชาติ**. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร. หน้า 13 - 34
- งานวิชาการเกษตร ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนฯ. **น้ำส้มควันไม้**. [Online], Available: http://www.fisheries.go.th/cf-kung_krabaen/agricul1.htm. [23 สิงหาคม 2555].
- อาสาสมัครงาน. **น้ำส้มควันไม้ (Wood vinegar)**. [Online], Available: <http://www.ata.or.th/webpage/woodvinegar.html>. [23 สิงหาคม 2555].
- อัจฉริยะ โชติขันธุ์. **การทำให้น้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์**. [Online], Available: <http://mkbiomassandcharcoal.igetweb.com/index.php?mo=3&art=82545>. [22 สิงหาคม 2555].
- บริษัท ไทยซุმიจำกัด. **การใช้ประโยชน์จากน้ำส้มควันไม้และถ่านในการเกษตร**. [Online], Available: http://www.charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/charcoal_fun4.php. [23 สิงหาคม 2555].
- พุทธวิธีบริหาร. **น้ำส้มควันไม้**. [Online], Available: <http://www.budmgt.com/agri/agri02/wood-vinegar-cs.html>. [21 สิงหาคม 2555].
- คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. **สารประกอบฟีนอล**. [Online], Available: <http://coursewares.mju.ac.th:81/e-learning47/section2/pt331/08.html>. [23 สิงหาคม 2555].
- บริษัท Sciencelab.com. **Material Safety Data Sheet Phenol MSDS**. [Online], Available: www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9926463. [1 กันยายน 2555].
- บริษัท Sigma-Aldrich จำกัด. 1998. **Solid Phase Micro extraction: Theory and Optimization of Conditions**. [17 กันยายน 2555].
- ศูนย์บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์. **Solid-Phase Microextraction (SPME)**. [Online], Available: <http://www.kmitl.ac.th/sisc/GC-MS/SPME.htm>. [17 กันยายน 2555].
- ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. **เทคนิคการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็ง ปริมาณน้อย (solid phase microextraction, SPME)**. [Online], Available: <http://share.psu.ac.th/blog/sci-discus/17227>. [17 กันยายน 2555].
- บริษัท Sigma-Aldrich จำกัด. 1998. **Fiber selection guide**. [17 กันยายน 2555].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริษัท Sigma-Aldrich จำกัด. 1998. **SPME fiber assembly Polydimethylsiloxane**

/Divinylbenzene(PDMS/DVB).[Online], Available:

<http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/supelco/57310u?lang=en®ion=TH>. [17

กันยายน 2555].

บริษัท Sigma-Aldrich จำกัด. 1998. **SPME fiber assembly Carboxen/Polydimethylsiloxane**

(CAR/PDMS). [Online], Available:

<http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/supelco/57318?lang=en®ion=>. [17 กันยายน

2555].

Wikipedia.**Polydimethylsiloxane.**[Online], Available:

<http://en.wikipedia.org/wiki/Polydimethylsiloxane> . [17 กันยายน 2555].

Wikipedia.**Divinylbenzene.**[Online], Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/Divinylbenzene> .

[17 กันยายน 2555].

บริษัท Sigma-Aldrich จำกัด.1998. **SPME fiber Carboxen/Polydimethylsiloxane**

(CAR/PDMS). [Online], Available: www.sigmaaldrich.com/content/dam/.../10942.pdf. [19

กันยายน 2555]

วารสารณ์ ดองอ่อนและพัชรารณ์ ไตรรัตน์. 2547. การวิเคราะห์หาสารอินทรีย์ที่ระเหยได้จาก น้ำหอมโดยวิธีแก๊สโครมาโทกราฟีและแมสสเปกโตรเมทรีด้วยเทคนิคเฮดสเปซโซลิดเฟสไมโคร เอกซ์แทรกชัน. มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี.หน้า 3-5

Karen D. Buchholz and JanuszPawliszyn.1993.Determination of Phenols by Solid-Phase

Microextraction and Gas Chromatographic Analysis.**Environ. Sci. Technol.** VoI.27. No. 13.หน้า

2844-2848

ปวีณาพงษ์พิพัฒน์. 2549.การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลโดยเทคนิคโซลิด-เฟสไมโครเอกซ์แทรก

ชัน-แก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมทรี.ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

หน้า 3-4

วรรณธิดาสว่างเมื่องวรกุล,วิชชดา แสงมณี,ศิริภางค์ แก้วสุนทร. 2550.การศึกษาความเป็นไปได้ใน

การผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกสับดู.ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอม

เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. หน้า 5-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริษัท Sigma-aldrich. เอกสารข้อมูลความปลอดภัย. [Online], Available:

<http://www.chemtrack.org/MSDSSG/Trf/msdst/msdst108-95-2.html>. [18 กันยายน 2555].



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

สารประกอบระเหยที่พบในตัวอย่าง

ตารางที่ ผ-1 แสดงสารประกอบที่ระเหยได้ในน้ำส้มควันไม้จากกะลามะพร้าว

No. of Peak	Type of fibers			
	PDMS / DVB		Carboxen / PDMS	
	Name	% of total	Name	% Of total
1	Acetic acid	7.51%	Acetic acid	31.46%
2	Oxime- methoxy-phenyl	1.20%	2(3H)-Furanone	0.56%
3	Phenol	28.03%	Thieno[2,3-b]pyridine	0.33%
4	2-methylphenol	1.34%	Phenol	36.72%
5	2-methylphenol	2.05%	2-Cyclopenten-1-one	0.35%
6	2-methoxyphenol	17.11%	2-methylphenol	2.30%
7	2,6-dimethylphenol	0.44%	2-methoxyphenol	13.50%
8	2,6-dimethylphenol	0.59%	2-Cyclopenten-1-one	0.15%
9	3,5-Dimethylphenol	2.62%	2,4-dimethylphenol	0.90%
10	2-ethylphenol	1.91%	2-methoxy-3-methylphenol	0.68%
11	2-methoxy-4-methyl-phenol	11.11%	2-methoxy-4-methylphenol	4.48%
12	3,4-Dimethoxytoluene	1.69%	2,3-Dimethoxytoluene	0.36%
13	4-ethyl-2-methoxyphenol	12.25%	4-ethyl-2-methoxyphenol	3.70%
14	Benzene, 4-ethyl-1,2-dimethoxy	0.46%	2,6-dimethoxyphenol	1.96%

ตารางที่ ผ-1 แสดงสารประกอบที่ระเหยได้ในน้ำส้มควันไม้จากกะลามะพร้าว (ต่อ)

No. of Peak	Type of fibers			
	PDMS / DVB		Carboxen / PDMS	
	Name	% of total	Name	% of total
15	4,7,7-Trimethylbicyclo[3.3.0]octan-2-one	0.54%	2-methoxy-4-(2-propenyl)phenol	0.26%
16	2,6-dimethoxyphenol	2.62%	Benzoic Acid, 4-methoxy	0.59%
17	2-methoxy-4-(2-propenyl)phenol	1.24%	2-methoxy-4-propylphenol	0.50%
18	2-methoxy-4-ethyl-6-methylphenol	0.49%	4-methoxy-2,2,5-trimethylcyclopent-4-ene-1,3-dione	0.53%
19	2-methoxy-4-propyl-phenol	3.22%	2,3,5-Trimethoxytoluene	0.40%
20	2-methoxy-4-propyl-phenol	0.25%	(3S)-2-chloro-1-phenyl-1-penten-3-ol	0.11%
21	Benzene, 1,2,3-trimethoxy-5-methyl	0.32%	Dibutyl Phthalate	0.06%
22	2-methoxy-4-(1-propenyl)phenol	0.16%	Phytol	0.10%
23	3-Hydroxy-4-methoxybenzoic acid	0.89%		
24	2,4,6(1H,3H,5H)Pyrimidinetrione	0.24%		
25	2,3,5-Trimethoxytoluene	0.60%		
26	Morpholine-4-carbaldehyde	0.12%		
27	Diethyl Phthalate	0.38%		
28	2,6-Dimethyl-4-propylphenol	0.17%		
29	6-Methoxy-3-methyl-1,2,3,4-tetrahydro	0.17%		
30	Silicate anion tetramer	0.08%		
31	2-Methoxyphenyllactic acid	0.08%		
32	Octadecanal	0.05%		
33	4H-Pyran-4-one	0.11%		

ตารางที่ ผ-2 แสดงสารประกอบที่ระเหยได้ในควันจากการเผาถ่านกะลามะพร้าว

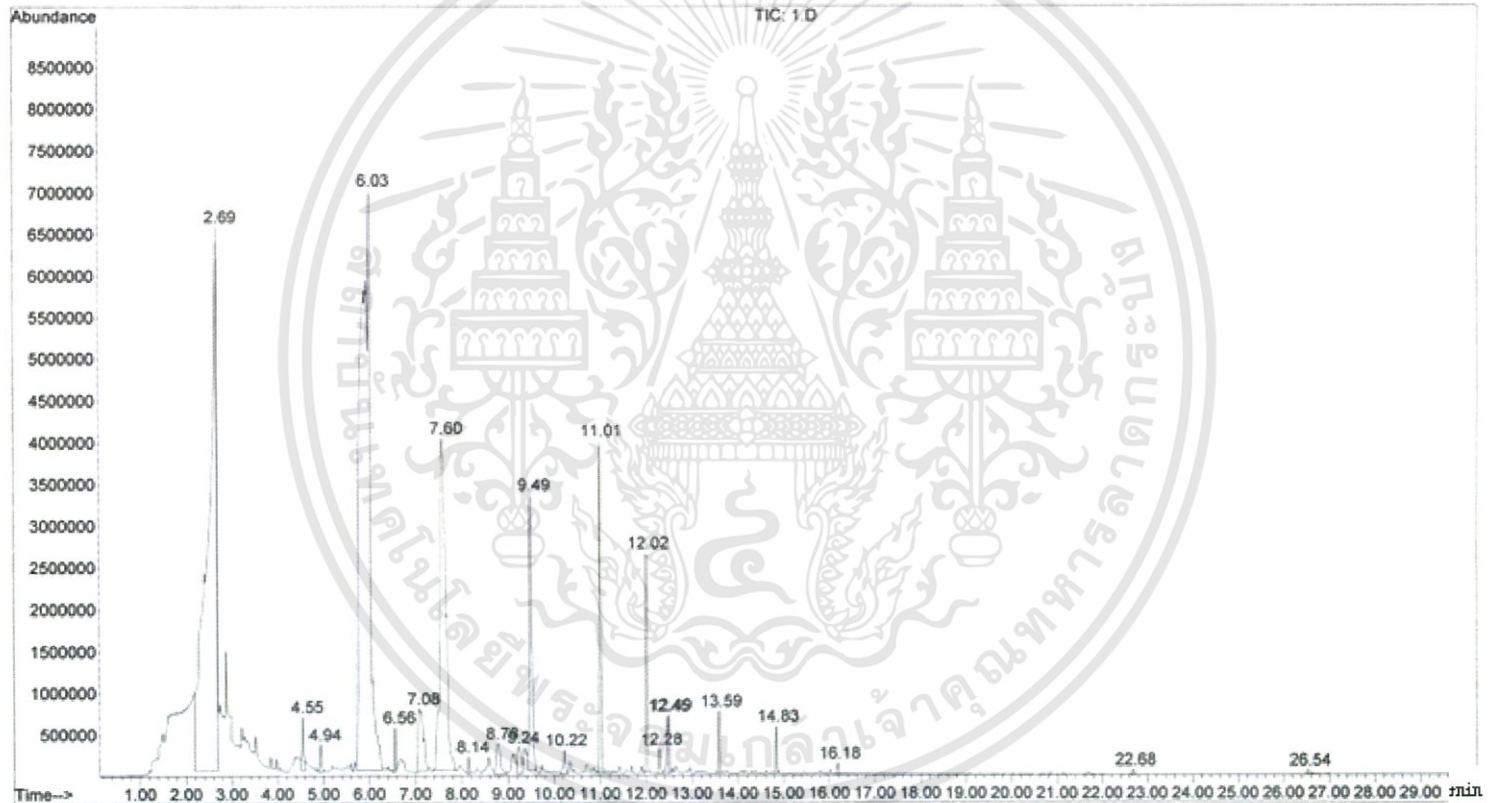
No. of Peak	Type of fibers			
	PDMS / DVB		Carboxen / DVB	
	Name	% of total	Name	% Of total
1	Acetic acid	1.88%	Acetic acid	7.97%
2	2-Furancarboxaldehyde	8.95%	2-Furancarboxaldehyde	15.45%
3	Phenol	12.5475%	Cyclopentane, 1,2-dimethyl-3-methylene	1.86%
4	2,3,4-Trimethylfuran	0.90%	Oxime-, methoxy-phenyl	1.59%
5	3-methylphenol	3.97%	Phenol	28.00%
6	2-methoxyphenol	10.01%	2-Cyclopenten-1-one, 2-hydroxy-3-methyl	0.66%
7	2,4-dimethylphenol	1.68%	2-methylphenol	2.70%
8	2-methoxy-3-methylphenol	2.44%	2methoxyphenol	12.40%
9	2-methoxy-4-methylphenol	6.78%	2,3-dimethyl-4-azaphenanthrene	0.48%
10	3,4-Dimethoxytoluene	1.44%	2,6-dimethylphenol	0.22%
11	2-ethyl-5-methylphenol	0.45%	2-Cyclopenten-1-one, 3-ethyl-2-hydroxy	0.09%
12	2,4,6-trimethylphenol	0.92%	2-ethylphenol	0.51%
13	4-ethyl-2-methoxyphenol	10.60%	2,4-dimethylphenol	0.75%
14	2-Undecanone	1.17%	3-ethylphenol	0.53%
15	2-Methoxy-4-vinylphenol	1.69%	2-methoxy-3-methylphenol	0.69%
16	Benzene, 4-ethyl-1,2-dimethoxy	0.76%	2-Methoxy-4-methyl-phenol	4.87%
17	4,7,7-Trimethylbicyclo[3,3,0]octan-2-one	0.51%	3,4-Dimethoxytoluene	0.41%

ตารางที่ ผ-2 แสดงสารประกอบที่ระเหยได้ในควันจากการเผาถ่านกะลามะพร้าว (ต่อ)

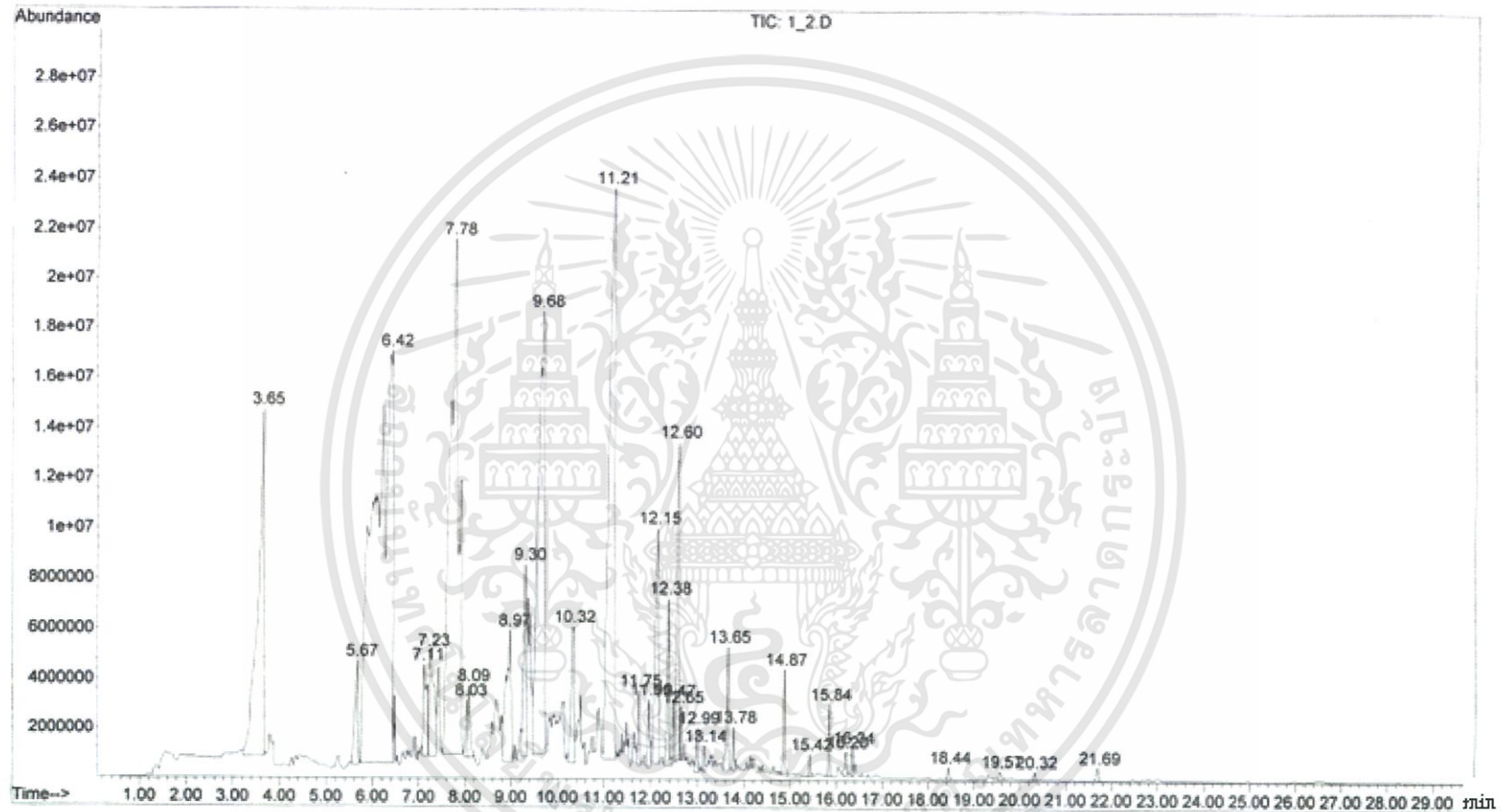
No. of Peak	Type of fibers			
	PDMS / DVB		Carboxen / DVB	
	Name	% of total	Name	% of total
18	2,6-dimethoxyphenol	1.99%	3,4,5-trimethylphenol	0.15%
19	2-methoxy-4-(2-propenyl)phenol	1.94%	4-ethyl-2-methoxyphenol	0.19%
20	2-methoxy-4-ethyl-6-methylphenol	0.83%	Benzene ethanol, 2-methoxy	4.43%
21	4,5,6,7,8,9-hexahydrocycloocta[c]furan-1(3H)-one	5.60%	16-oxosalutaridine	0.13%
22	2-Methoxy-4-propylphenol	0.35%	2-Undecanone	0.24%
23	Biphenyl	0.45%	2-Methoxy-4-vinylphenol	0.54%
24	Benzene, 1,2,3-trimethoxy-5-methyl	0.48%	Benzene, 4-ethyl-1,2-dimethoxy	0.12%
25	2-methoxy-4-(1-propenyl)phenol	1.43%	2,4-Dihydroxy-3-methylacetophenone	0.11%
26	(1,1-dimethylethyl)-4-methoxyphenol	0.55%	2,6-dimethoxyphenol	2.36%
27	Benzene, 1,2,3-trimethoxy	1.24%	Eugenol	0.41%
28	2-methoxy-4-(1-propenyl)phenol	4.25%	Benzoic acid	0.72%
29	Benzene, 2-(2-methoxy-1-propenyl)-1,4-dimethyl	0.49%	2-methoxy-4-propylphenol	0.78%
30	Furan, 2,5-dibutyl	0.56%	2-methoxy-4-propylphenol	0.06%
31	Dodecanenitrile	0.64%	4-Hydroxy-2-methoxybenzaldehyde	0.25%
32	2-Tridecanone	0.55%	Decanoic acid	0.17%
33	Dibenzofuran	1.00%	Benzene, 1,2,3-trimethoxy-5-methyl	0.12%

ภาคผนวก ข

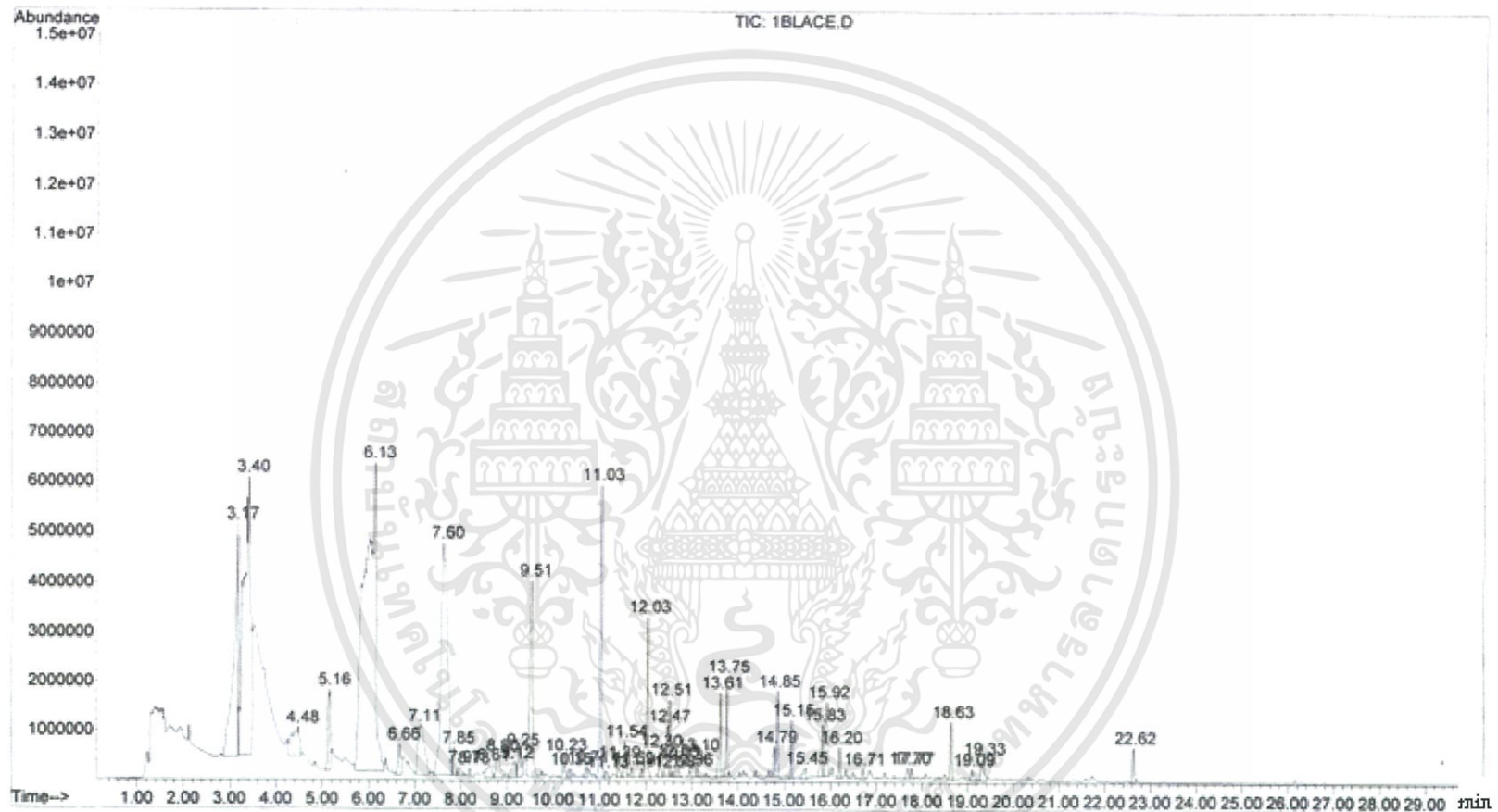
โครมาโทแกรมของสารประกอบฟีนอลในตัวอย่าง



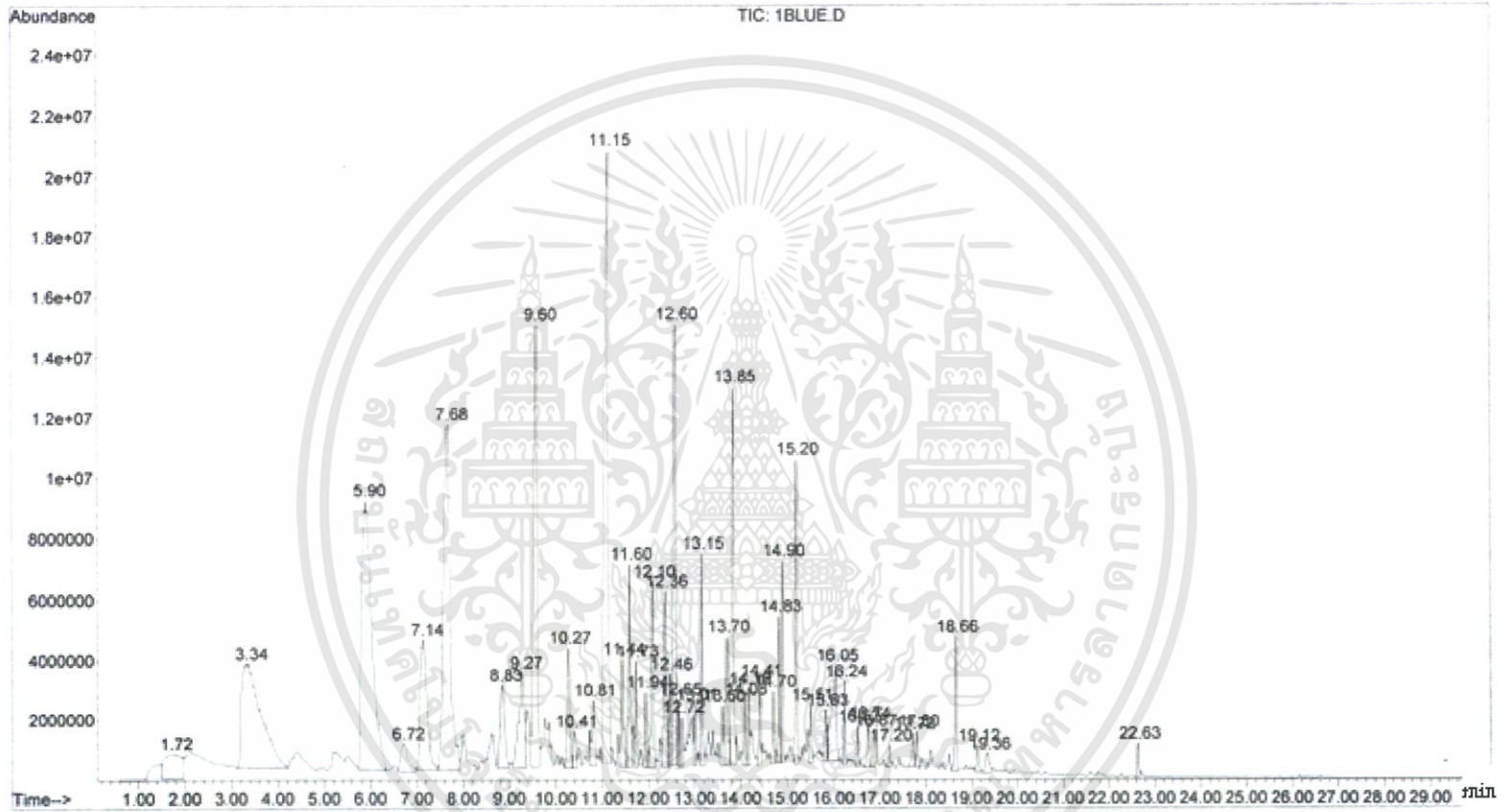
ภาพผนวก ข-1 โครมาโทแกรมของสารประกอบฟีนอลในน้ำส้มควันไม้จากกะลามะพร้าว โดยใช้ไฟเบอร์ Carboxen/PDMS



ภาพผนวก ข-2 โครมาโทแกรมของสารประกอบฟีนอลในน้ำส้มควันไม้จากกะลามะพร้าว โดยใช้เฟือง PDMS/DVB



ภาพผนวก ข-3 โครมาโทแกรมของสารประกอบฟินอลในควันจากการเผาไม้กะลามะพร้าว โดยใช้ไฟเบอร์ Carboxen/PDMS



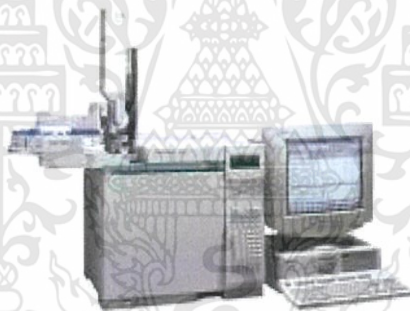
ภาพผนวก ข-4 โครมาโทแกรมของสารประกอบฟีนอลในควันจากการเผาไม้กะลามะพร้าว โดยใช้ไฟเบอร์ PDMS/DVB

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี (Gas Chromatography-Mass Spectrometry)

เป็นวิธีที่สามารถทำนายชนิดขององค์ประกอบที่มีอยู่ในสารได้อย่างค่อนข้างแม่นยำโดยอาศัยการเปรียบเทียบ Fingerprint ของเลขมวล (Mass number) ของสารตัวอย่างนั้นๆ กับข้อมูลที่มีอยู่ใน Library นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในการวิเคราะห์ได้ทั้งในเชิงปริมาณ (Quantitative analysis) และเชิงคุณภาพ (Qualitative analysis) GC-MS ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของเครื่อง GC (Gas chromatography) และส่วนของเครื่อง MS (Mass spectrometer)



ภาพผนวก ค-1 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี

Gas Chromatograph (GC)

ทำหน้าที่ในการแยกองค์ประกอบของสารที่สามารถระเหยกลายเป็นไอ (Volatile organic compounds) ได้เมื่อถูกความร้อน กลไกที่ใช้ในการแยกองค์ประกอบต่างๆ ในสารตัวอย่าง อาศัยหลักของความชอบที่แตกต่างกันขององค์ประกอบในตัวอย่างที่มีต่อเฟส 2 เฟส คือ Stationary phase และ Mobile phase องค์ประกอบที่สำคัญของเครื่อง GC สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ

- 1.) Injector คือ ส่วนที่สารตัวอย่างจะถูกฉีดเข้าสู่เครื่องและระเหยเป็นไอก่อนที่จะเข้า

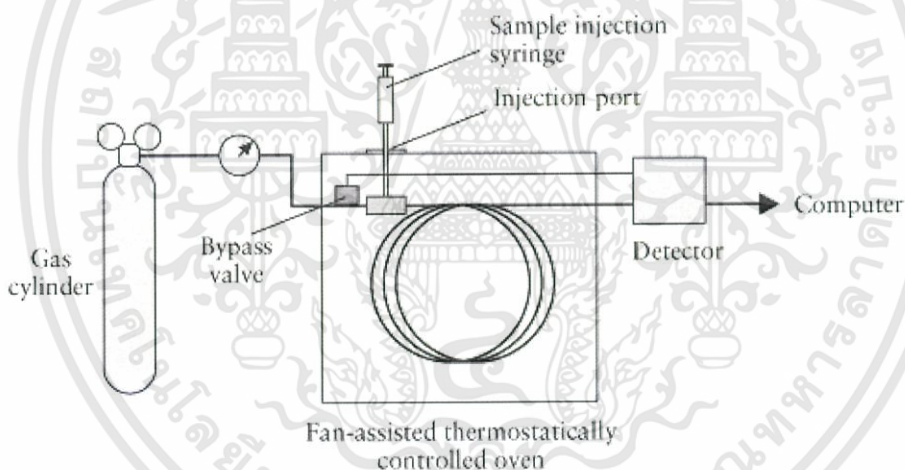
คู่ Column อุณหภูมิที่เหมาะสมของ injector ควรเป็นอุณหภูมิที่สูงพอที่จะทำให้สารตัวอย่างสามารถระเหยได้แต่ : ต้องไม่ทำให้สารสลายตัว ตัวอย่างของ injector ได้แก่ Split, Splitless, On column

2.) Oven คือ ส่วนที่ใช้สำหรับบรรจุ Column และเป็นส่วนที่ควบคุมอุณหภูมิของ Column ให้เปลี่ยนไปตามความเหมาะสมกับสารที่ต้องการวิเคราะห์ซึ่งการควบคุมอุณหภูมิของ Oven นั้นมี 2 แบบ คือ

2.1) Isocratic Temperature

2.2) Gradient Temperature ข้อดีของการทำ Gradient temperature คือสามารถใช้กับสารตัวอย่างที่มีจุดเดือดกว้าง (Wide boiling range) และยังช่วยลดเวลาในการวิเคราะห์

3.) Detector คือส่วนที่จะใช้สำหรับตรวจวัดองค์ประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่างและดูว่าสารตัวอย่างชนิดที่เราสนใจมีปริมาณอยู่เท่าใด



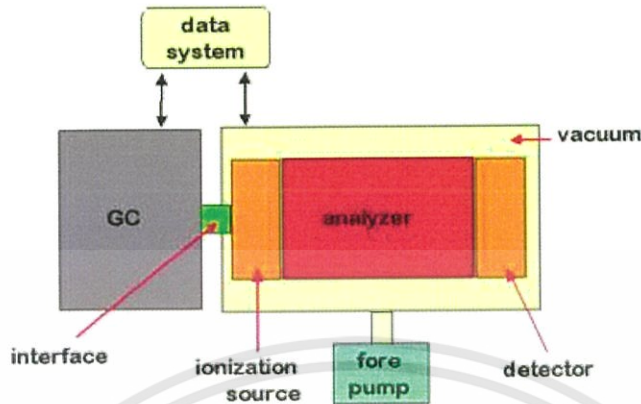
ภาพผนวก ค-2 ส่วนประกอบพื้นฐานของ GC

Mass Spectrometer (MS)

เป็น Detector ที่ใช้ตรวจวัดองค์ประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่างโดยอาศัยกลไก คือ โมเลกุลขององค์ประกอบที่ถูกแยกออกมาจากสารตัวอย่างโดยเครื่อง GC จะถูกไอออไนซ์ในสถานะสูญญากาศ แล้วตรวจวัดออกมาเป็นเลขมวล (Mass number) เทียบกับฐานข้อมูลอ้างอิง แล้ว แปลผลออกมาเป็นชื่อขององค์ประกอบนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mass spectrometer components

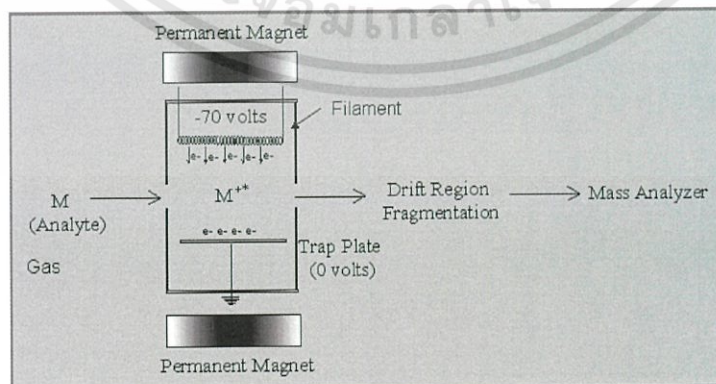


ภาพผนวก ค-3 ส่วนประกอบพื้นฐานของ MS

องค์ประกอบสำคัญของ MS แบ่งออกเป็น

1.) Ionization Source แบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

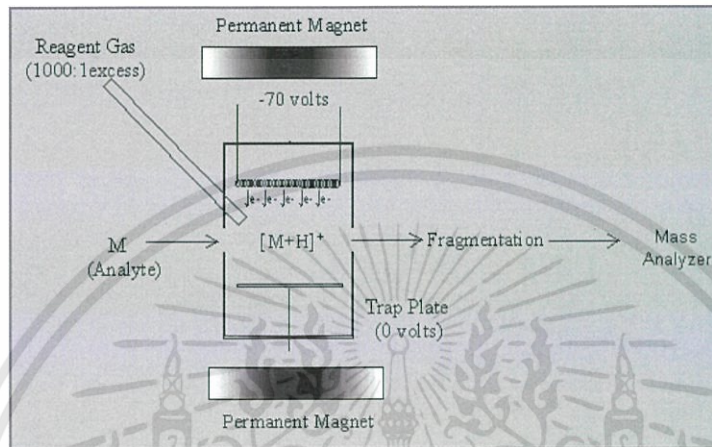
1.1) Electron Ionization (EI) เป็นการทำให้สารเกิด Fragment โดยใช้ลำ Electron ซึ่ง Ionization chamber ต้องมีความดันต่ำประมาณ 10^{-8} Torr โดย Electron จาก Filament ที่ร้อนจะถูกโฟกัสผ่านห้องนี้และถูกดึงเข้าหา repeller voltage ที่มีความต่างศักย์ 70 โวลต์ ซึ่งจะให้พลังงานกับ Electron เป็น 70 eV ทำให้ของผสมที่ซับซ้อนของไอออนเกิดการแตกหัก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



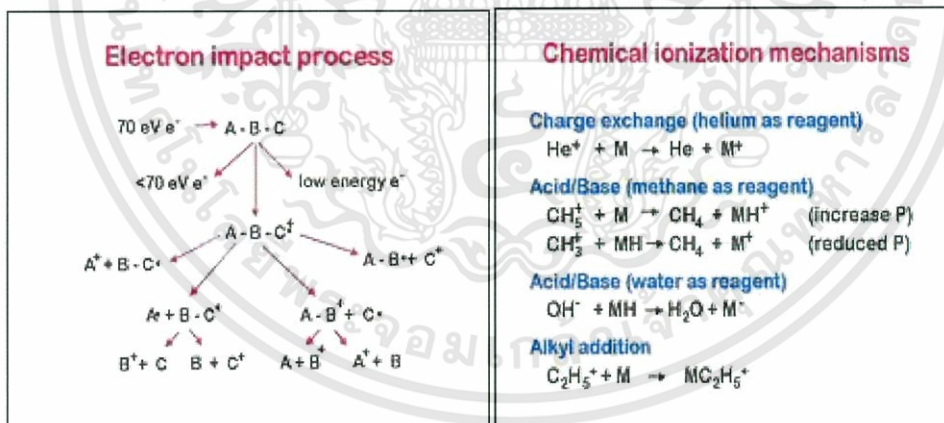
ภาพผนวก ค-4 Electron Ionization (EI)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวอนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2) Chemical Ionization (CI) เป็นการทำให้สารเกิดการ Fragment ด้วยวิธีทางเคมี โดยผสมสารตัวอย่าง (ความดัน 10⁻⁴Torr) เข้ากับแก๊สที่ทำปฏิกิริยาด้วย (ความดัน 1 Torr) แล้วผ่านสารผสมเข้าไปใน Ionization chamber โดยการทำให้เกิดการ Fragment ด้วยการทำชนกับ Electron เช่นเดียวกันแก๊สที่ใช้ได้แก่ Methane, Isobutane, Ammonia



ภาพผนวก ก-5 Chemical Ionization (CI)



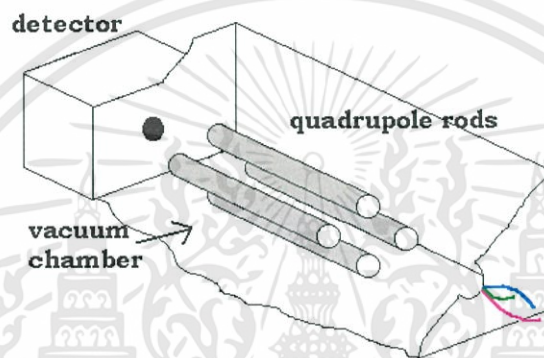
ภาพผนวก ก-6 กลไกการเกิด fragment ของ EI และ CI

2.) Mass Analyzer

เป็นเครื่องวิเคราะห์มวล มีหลายแบบ คือ Magnetic-sector analyzer, Electrostatic analyzer, Time-of-flight analyzer, Ion cyclotron resonance analyzer, Quadrupole mass

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

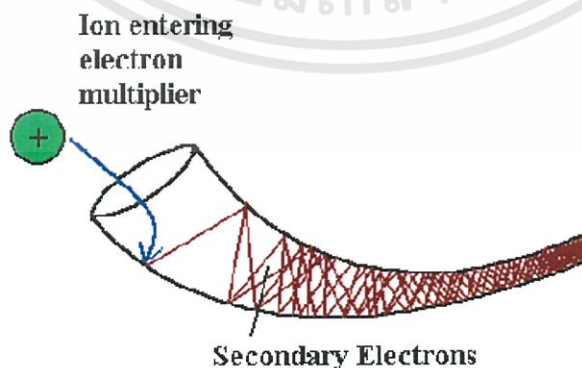
spectrometer-Quadrupole Mass Spectrometer ใช้หลักการวิเคราะห์ด้วยสนามแม่เหล็ก ก็คือ เป็น Path-stability mass spectrometer ซึ่งมีแหล่งผลิต Ion source 2 ส่วน โดยส่วนแรกจะทำ ให้ตัวอย่างกลายเป็นไอออน และส่วนที่ 2 ทำให้สารมาตรฐานกลายเป็นไอออนถ้า ไอออนทั้งสองจะถูกบังคับให้ผ่านเครื่องแยกไอออนชุด เดียวกัน ดังนั้นไอออนทั้งหมดจะ ได้รับอิทธิพลจากสนามแม่เหล็กในสภาวะเดียวกัน แต่ถูกตรวจและวัดด้วยเครื่อง Detector แยกกันซึ่งมีข้อดีคือทำให้สามารถวัดมวลได้อย่างถูกต้องแม่นยำ



ภาพผนวก ค-7 Quadrupole Detector

4.) Detector

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

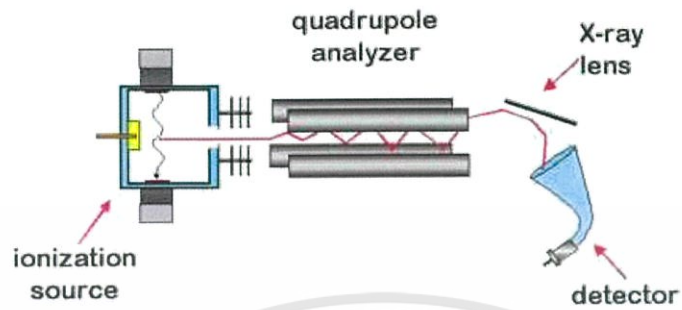


ภาพผนวก ค-8 Detector

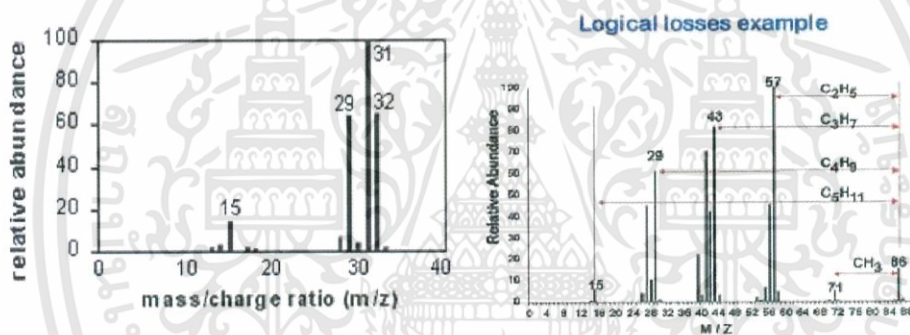
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Quadrupole

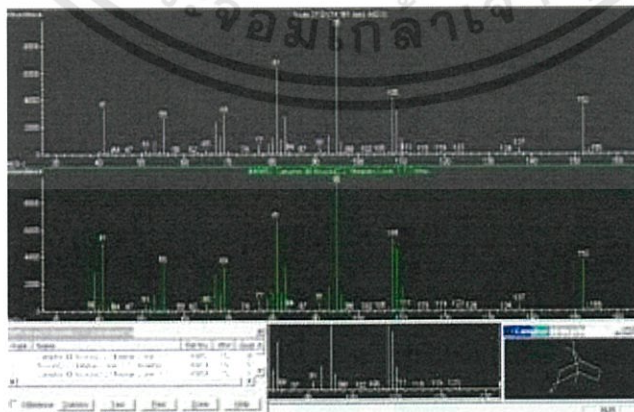
Schematic of a quadrupole MS system.



ภาพผนวก ค-9 Electron Multiplier Schematic



ภาพผนวก ค-10 Interpreting spectra



ภาพผนวก ค-11 Library search results

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของ GC-MS

1. สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งแบบทั่วไปและแบบเฉพาะเจาะจงให้ Sensitivity ที่สูง
2. สามารถบ่งชี้ชนิดขององค์ประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่างได้
3. สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ

ข้อเสียของ GC-MS

1. ราคาแพง และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเครื่องสูง
2. ต้องใช้บุคลากรที่มีความชำนาญสูง

