



ความผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ และสารเคมีในบรรยากาศการทำงานของพนักงาน

โรงงานยางแผ่นรมควัน จังหวัดสงขลา

**Respiratory Disorders and Chemical Substances in Workplace Ambient Air among Rubber
Sheet Smoking Workers in Songkhla Province**

รักชนก สุวรรณมณี

Rukchanok Suwanmanee

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

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

Master of Science in Occupational Health and Safety

Prince of Songkla University

2552

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ ความผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ และสารเคมีในบรรยากาศการ
 ทำงานของพนักงาน โรงงานยางแผ่นรมควัน จังหวัดสงขลา
 ผู้เขียน นางสาวรักชนก สุวรรณมณี
 สาขาวิชา อาชีวอนามัยและความปลอดภัย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

คณะกรรมการสอบ

.....
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พญ.พิชญา พรรคทองสุข)

.....ประธานกรรมการ
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรจิตร ทีฆสกุล)

.....กรรมการ
 (รองศาสตราจารย์ นพ.นิธิพัฒน์ เจียรกุล)

.....กรรมการ
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พญ.พิชญา พรรคทองสุข)

.....กรรมการ
 (นายแพทย์ศรายุทธ ลูเซียน ทีเตอร์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
 ส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอาชีวอนามัยและ
 ความปลอดภัย

.....
 (รองศาสตราจารย์ ดร.เกริกชัย ทองหนู)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์	ความผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ และสารเคมีในบรรยากาศ การทำงานของพนักงาน โรงงานยางแผ่นรมควัน จังหวัดสงขลา
ผู้เขียน	นางสาวรักชนก สุวรรณมณี
สาขาวิชา	อาชีวอนามัยและความปลอดภัย
ปีการศึกษา	2552

บทคัดย่อ

ศึกษาความผิดปกติระบบทางเดินหายใจและสมรรถภาพปอด ในคนงานยางแผ่นรมควัน (กลุ่มศึกษา), ชาวสวนยางพารา (กลุ่มควบคุม) และปริมาณความเข้มข้น Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), Nitrogen dioxides (NO₂), Sulfur dioxides (SO₂), Ozone (O₃) และ Volatile Organic Compounds (VOCs) ในบรรยากาศการทำงาน โรงงานยางแผ่นรมควัน 2 แห่ง จังหวัดสงขลา ใช้แบบสัมภาษณ์ อาการและโรคระบบทางเดินหายใจ, ตรวจสมรรถภาพปอด กลุ่มละ 143 คน กลุ่มศึกษามีสมรรถภาพปอด แบบ restriction 2.1% และแบบ Mixed obstruction & restriction 0.7% อาการผิดปกติของระบบทางเดินหายใจกลุ่มศึกษาสูงกว่ากลุ่มควบคุม โดยกลุ่มศึกษา ไอไม่มีเสมหะ 59.4% ไอมีเสมหะ 56.6% มีเสมหะในคอ 55.9% คัดจมูก น้ำมูกไหล 55.9% แน่นหน้าอก 47.6%, หายใจมีเสียงวี๊ด 33.6% โรคระบบทางเดินหายใจ ได้แก่ กลุ่มอาการระคายเคืองเยื่อเมือก 38.5% โรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง 16.8% โรคหืด 8.4% ปริมาณค่าเฉลี่ยเรขาคณิต Total PAHs พื้นที่การทำงาน 143.70 ng/m³ (95% CI 113.64-181.71), ตัวบุคคล 167.4 ng/m³ (95% CI 147.38-190.24), NO₂ 0.0122 ppm (95% CI, 0.0102- 0.0145), SO₂ ไม่สามารถรายงานผลได้ O₃ ไม่พบในการศึกษาครั้งนี้ ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยส่วนใหญ่ของ VOCs ตัวบุคคลสูงกว่าพื้นที่การทำงาน สารเคมีดังกล่าวมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน ควันไม้จากการเผาไหม้ มีสารเคมีอันตรายอีกหลายชนิด รวมถึงผลการศึกษานี้สนับสนุนควันจากการเผาไม้ส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ

Thesis	Respiratory Disorders and Chemical Substances in Workplace Ambient Air among Rubber Sheet Smoking Workers in Songkhla Province
Author	Miss. Rukchanok Suwanmanee
Major Program	Occupational Health and Safety
Academic	2009

Abstract

Objectives: A comparative study has been made between workers in the rubber industry and farmers with a view to described the respiratory disorders found among them. **Materials and Methods:** Concentrations of Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), nitrogen dioxide (NO₂), sulphur dioxide (SO₂), ozone (O₃) and Volatile Organic Compounds (VOCs) in the working atmosphere were collected from two factories of rubber sheet smoking workers in Songkhla Province. A study group of 143 rubber sheet smoking worker and a control group of 143 farmers were included in the study. The subjects were interviewed for their respiratory symptoms and diseases and pulmonary function parameters were obtained with a spirometer. **Results:** From the study group abnormal and also restriction type lung functions were found equally in 2.1%, and mixed obstruction & restriction type in 0.7%. In the rubber sheet smoking workers there were significantly more cough 59.4%, cough with Phlegm 56.6%, Phlegm 55.9%, nasal congestion 55%, tightness of chest 47.6%, wheezing 33.6%, MMI 38.5%, chronic bronchitis 16.8% and asthma 8.4%. The geometric means for the total PAHs in the working area and personal life were 143.7 ng/m³ (95% CI 113.64-181.71) and 167.4 ng/m³ (95% CI 147.38-190.24) respectively. The concentration of NO₂ was 0.0122 ppm (95% CI, 0.0102-0.0145), SO₂ non report and O₃ were not detected, personal VOCs was higher than in the working area. All chemicals under study were not in line with standard accepted international levels. **Conclusion:** The findings of respiratory disorders indicate there are adverse effects of wood burning.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจากคณาจารย์หลายท่าน ซึ่งผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง คือ ผศ. ดร. พญ.พิชญา พรรคทองสุข ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยให้ความรู้ ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ รวมถึงกำลังใจที่ทำให้ในการทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยดีเสมอมา และขอขอบพระคุณ รศ. นพ.นิธิพัฒน์ เจียรกุล ผศ. ดร.สุรจิต ทิมสกุล นพ.ศรายุทธ ลูเซียน กิเตอร์ ที่ได้เสียสละเวลาในการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ รศ. ดร.พีรพงศ์ ทิมสกุล ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับวิทยานิพนธ์ อ.ฐิติวร ชูสูง ให้คำแนะนำในการเก็บตัวอย่างอากาศและวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศ อ.กิตติศักดิ์ ชูมาลี และ นพ. ชนนท์ กองกมล ที่ให้ความรู้เกี่ยวกับสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล คุณนริศรา ชูเชื้อ คุณปรานี มีความไว คุณเบญจนุช ไชยสังข์ และคุณคณิง แซ่เจียม หน่วยโรคระบบหายใจและภาวะวิกฤติระบบหายใจ โรงพยาบาลสงขลานครินทร์ ที่ให้ความรู้เกี่ยวกับการทดสอบสมรรถภาพปอด พี่วิฑูรย์ เพชรเลียบ ที่คอยให้คำแนะนำ คำปรึกษา เป็นแบบอย่างในการทำวิทยานิพนธ์ คุณจิราพร ชุ่มมณี ที่ช่วยวิเคราะห์ ตัวอย่างอากาศ และขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยและคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในการสนับสนุนงบประมาณในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบคุณพี่ ๆ จากโรงงานเซาท์แลนด์และโรงงานศรีตรังที่ให้ความช่วยเหลือและ ให้ความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้อธิบายมา โดยเฉพาะพี่ลัดดากับพี่แอนท์ที่ตามไป ช่วยเก็บข้อมูลในพื้นที่

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ ที่เรียนอยู่หลักสูตรอาชีวอนามัยและความปลอดภัยและ พี่ลัทธวัฒน์ที่คอยให้ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด

ขอกราบขอบพระคุณ คุณชวลิต สุวรรณมณี คุณอรุณรักษ์ สุวรรณมณี บิดา มารดา ผู้มีพระคุณยิ่ง ที่คอยส่งเสริม และสนับสนุนสิ่งที่ดิฉันทำทุก ๆ ด้านให้ข้าพเจ้าเสมอมา ประโยชน์และ คุณงามความดีของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ พึงมอบให้ผู้อ่านทุกคน และบิดา มารดาผู้ให้กำเนิด เลี้ยงดู สั่งสอน เสียสละ อุทิศร่างกายแรงใจ รวมทั้งกำลังใจในการเลี้ยงดูข้าพเจ้าด้วยความรัก ความห่วงใยมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ นายอิสระ ทองขาว ที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่ดีมาตลอดระยะเวลา 3 ปีที่ข้าพเจ้าเรียนอยู่ ณ มหาวิทยาลัยแห่งนี้ และขอขอบใจ นายชวรักษ์ สุวรรณมณี น้องชาย ที่คอยให้กำลังใจที่เสมอ

ท้ายสุดนี้ผู้ศึกษา ขอขอบคุณผู้ศึกษาเองที่มีความมานะ อดทน พยายาม จนมีวันนี้ วันที่สร้างความปิติยินดีแก่ผู้ศึกษาเป็นที่สุด

รักษนก สุวรรณมณี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ.....	(3)
Abstract.....	(4)
กิตติกรรมประกาศ.....	(5)
สารบัญ.....	(6)
รายการตาราง.....	(8)
รายการภาพประกอบ.....	(10)
ตัวย่อและสัญลักษณ์.....	(11)
บทที่ 1. บทนำ	
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	2
กระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน.....	3
องค์ประกอบทางเคมีของควันจากการเผาไหม้.....	6
ผลกระทบขององค์ประกอบทางเคมีของควันจากการเผาไหม้ ต่อระบบทางเดินหายใจ.....	8
ค่ามาตรฐานของสารเคมี.....	29
การเก็บตัวอย่างอากาศ.....	30
วัตถุประสงค์.....	33
คำถามการวิจัย.....	33
สมมติฐานการวิจัย.....	33
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	34
ขอบเขตการวิจัย.....	34
นิยามศัพท์.....	34

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2. ระเบียบวิธีวิจัย	
การออกแบบวิจัย.....	35
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	35
การเก็บตัวอย่างอากาศ.....	36
แผนผังการเก็บตัวอย่างอากาศ.....	39
จำนวนการเก็บตัวอย่างอากาศ.....	40
จำนวนคนงานที่ทำการสัมภาษณ์และตรวจสอบสภาพปอด.....	41
ระยะเวลาการเก็บ และคุณภาพการส่งวิเคราะห์.....	41
เกณฑ์การคัดเข้า.....	42
เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา.....	42
ขั้นตอนในการดำเนินงาน.....	45
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	46
3. ผลการวิจัย.....	47
4. สรุปและวิจารณ์ผล	
สรุปผลการวิจัย.....	73
วิจารณ์ผล.....	74
ข้อเสนอแนะด้านอาชีวอนามัย.....	83
ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป.....	83
บรรณานุกรม.....	84
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก แบบสัมภาษณ์อาการของระบบทางเดินหายใจ.....	102
ภาคผนวก ข การตรวจสอบสภาพปอด.....	107
ภาคผนวก ค ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างอากาศ.....	113
ภาคผนวก ง ผลการเก็บตัวอย่างอากาศ.....	117
ภาคผนวก จ เครื่องมือการเก็บตัวอย่างด้านสุขภาพและการเก็บตัวอย่างอากาศ.....	143
ประวัติผู้เขียน.....	145

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 องค์ประกอบทางเคมีของควันจากการเผาไหม้.....	7
1.2 การศึกษาในอุตสาหกรรมหนัก.....	10
1.3 การศึกษามลภาวะจากการจราจร.....	12
1.4 การศึกษาการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล.....	14
1.5 สรุปการศึกษาที่มีการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของ NO ₂ , SO ₂ , O ₃ , VOCs ในบรรยากาศและผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ.....	21
1.6 สรุปการศึกษาที่ใช้อาชีพ/งานที่สัมผัสควันจากการเผาไหม้แต่ไม่มีการวัดสารเคมี ในบรรยากาศและผลกระทบต่ออาการระบบทางเดินหายใจ.....	27
1.7 สรุปการศึกษาที่ใช้อาชีพ/งานที่สัมผัสควันจากการเผาไหม้แต่ไม่มีการวัดสารเคมี ในบรรยากาศและผลกระทบต่อโรกระบบทางเดินหายใจ.....	28
1.8 ค่ามาตรฐานของสารเคมี.....	29
2.1 ผลจากการวิเคราะห์ Volatile organic compounds ของสหกรณ์กองทุนสวนยาง.....	37
2.2 วิธีการเก็บ และวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศ.....	38
2.3 การเก็บตัวอย่างอากาศที่พื้นที่การทำงาน (area sampling).....	40
2.4 การเก็บตัวอย่างอากาศที่ตัวบุคคล (personal sampling).....	40
2.5 จำนวนคนงานของโรงงานยางแผ่นรมควันที่สุ่มเลือกในการศึกษาวิจัย.....	41
2.6 ระยะเวลาการเก็บ คุณภาพการส่งวิเคราะห์ และหน่วยงานวิเคราะห์.....	41
2.7 การจำแนกความรุนแรงของความผิดปกติ.....	43
2.8 การจำแนกระดับความรุนแรงของความผิดปกติของค่า FEV ₁	43
3.1 ข้อมูลลักษณะทางประชากรจำแนกตามประวัติส่วนตัว.....	48
3.2 ข้อมูลลักษณะทางประชากรจำแนกตามประวัติการทำงาน.....	50
3.3 ข้อมูลลักษณะทางประชากรจำแนกตามประวัติโรคประจำตัว.....	52
3.4 ข้อมูลลักษณะทางประชากรจำแนกตามพฤติกรรมการสูบบุหรี่.....	53
3.5 อาการไอไม่มีเสมหะ ไอมีเสมหะ และอาการมีเสมหะในคอ ในพนักงานโรงงานยางแผ่นรมควันเปรียบเทียบกับเกษตรกรชาวสวนยางพารา.....	54

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
3.6 อาการแน่นหน้าอก และอาการมีเสียงวี๊ดในอก ในพนักงานโรงงานยางแผ่นรมควันเปรียบเทียบกับเกษตรกรชาวสวนยางพารา.....	56
3.7 อาการคัดจมูก น้ำมูกไหล ในพนักงานโรงงานยางแผ่นรมควันเปรียบเทียบกับเกษตรกรชาวสวนยางพารา.....	57
3.8 อาการคัน ระคายจมูก และอาการคัน ระคายตา ในพนักงานโรงงานยางแผ่นรมควันเปรียบเทียบกับเกษตรกรชาวสวนยางพารา.....	58
3.9 สรุปอาการระบบทางเดินหายใจ ในพนักงานโรงงานยางแผ่นรมควัน.....	59
3.10 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามประวัติโรกระบบทางเดินหายใจ.....	60
3.11 ความเสี่ยงสัมพัทธ์ (Odd Ratio: OR) ของอาการและโรกระบบทางเดินหายใจ.....	61
3.12 สมรรถภาพปอดของกลุ่มตัวอย่าง.....	62
3.13 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าสมรรถภาพปอดกลุ่มตัวอย่าง.....	63
3.14 ปริมาณความเข้มข้นของ Total dust.....	64
3.15 ปริมาณความเข้มข้นของ Polycyclic Aromatic Hydrocarbon ในพื้นที่การทำงาน.....	66
3.16 ปริมาณความเข้มข้นของ Polycyclic Aromatic Hydrocarbon ที่ตัวบุคคล.....	69
3.17 ปริมาณความเข้มข้นของ Nitrogen dioxide, Sulfur dioxide และ Ozon ในพื้นที่การทำงาน.....	71
3.18 ปริมาณความเข้มข้นของ Volatile organic compounds.....	72
4.1 การศึกษาที่ใช้อาชีพ/งานที่สัมผัสควันจากการเผาไหม้และผลกระทบ ต่ออาการระบบทางเดินหายใจ.....	76

รายการภาพประกอบ

	หน้า
1.1 ขั้นตอนการผลิตยางแผ่นรมควัน.....	5
2.5 แผนผังการเก็บตัวอย่าง.....	39
3.1 ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของ PAHs ที่พื้นที่การทำงาน.....	67
3.2 ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของ PAHs ที่ตัวบุคคล.....	70
3.3 ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของ PAHs ในพื้นที่การทำงาน และที่ตัวบุคคล.....	70

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยประเทศไทยสามารถผลิตยางธรรมชาติเป็นอันดับ 1 ของโลก (สมาคมยางพาราไทย, 2549, หน้า 1-10) มีมูลค่าการส่งออกยางธรรมชาติ 2.63 ล้านตัน ใน พ.ศ. 2548 ซึ่งมีพื้นที่ปลูกยางพาราประมาณ 13 ล้านไร่กระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย โดยภาคใต้มีพื้นที่ปลูกยางพารามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 85.70 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2548, หน้า 1) สำหรับอุตสาหกรรมยางพารามีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของภาคใต้ ทั้งในแง่ของการสร้างมูลค่าเพิ่มและการจ้างงาน ได้มีการขยายตัวสอดคล้องกับยุทธศาสตร์การปรับโครงสร้างอุตสาหกรรมใหม่และยุทธศาสตร์ยางพาราปี 2549-2551 มีเป้าหมายมุ่งเน้นการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของกลุ่มอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพ ประกอบด้วยอุตสาหกรรมยานยนต์ที่รัฐต้องผลักดันให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางผลิตรถยนต์และชิ้นส่วน หรือการผลักดันการจัดตั้งห้องปฏิบัติการวิจัยและทดสอบยางล้อ ตามนโยบายของรัฐเพื่อสนับสนุนอุตสาหกรรมยานยนต์ของประเทศไทยในเรื่องมาตรฐานการผลิตและการส่งเสริมผลิตภัณฑ์ที่ใช้เทคโนโลยีประเภทถุงมือตรวจโรคและถุงมือทั่วไป (ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคใต้, 2548, หน้า 1)

จังหวัดสงขลาเป็นแหล่งผลิตและแปรรูปยางพาราที่มีความสำคัญเป็นอันดับ 1 ของประเทศ เป็นเมืองต้นแบบยางพารา (Rubber City) และเป็นศูนย์กลางยางพาราโลก (สำนักงานจังหวัดสงขลา, 2548, หน้า 2) จากการศึกษาวิจัย พบว่า การได้รับสิ่งสัมผัสจากการเผาไหม้ที่เกิดภายในอาคารบ้านเรือน มลพิษทางอากาศจากสภาพการจราจร และจากการประกอบอาชีพ เช่น คนงานยางแผ่นรมควัน คนงานผลิตถ่านเผา นักดับเพลิง คนงานลาดยางมะตอย มีปัญหาด้านสุขภาพที่ส่งผลกระทบต่อโรกระบบทางเดินหายใจ ได้แก่ โรค Asthma, Acute Respiratory infection, Chronic Obstructive Pulmonary Disease, Bronchitis, Emphysema (Orozco et al., 2006, pp. 542-546; Rumchev, Spickett, Bulsara, Phillips, & Stick, 2004, pp. 746-751; Mishra, 2003, pp. 71-77; Mishra, 2003, pp. 847-853; Uzun, Ozbay, Ceylan, Gencer, & Zehir, 2003, pp. 13-17; Shima & Adachi, 2000, pp. 862-870; Studnicka et al., 1997, pp. 2275-2278; Romieu et al., 1995, pp. 546-553; Hansen, 1991, pp. 20-24) อาการระบบทางเดินหายใจ ร้อยละ 36.2-67.3 (อารี ควเรนตร, 2004, หน้า 1-76; Tzanakis, Kallergis, Bouros, Samiou, & Siafakas, 2001, pp. 1260-1265) และมีการลดลงของสมรรถภาพปอด (อารี ควเรนตร, 2004, หน้า 1-76; Tzanakis et al., 2001, pp. 1260-1265; Korrick,

Neas, Dockery, Gold, & Allen, 1998, pp. 93-99; Betchley, Koenig, Vanbelle, Checkoway, & Reinhardt, 1997, pp. 503-509; Gu, Li, Hsu, Hsu, & Wu, 1996, pp. 13-23; Jorres et al., 1996, pp. 636-641; Larson & Koenig, 1994, pp. 133-156; Wjst et al., 1993, pp. 596-600; Liu, Tager, Balmes, & Harrison, 1992, pp. 1469-1473; Harving, Dahl, & Molhave, 1991, pp. 751-754; Large, Owens, & Hoffman, 1990, pp. 806-809; Pierson, Koenig, & Bardana, 1989, pp. 339-342; Unger, Snow, Mestas, & Miller, 1980, pp. 838-842) ซึ่งจากการศึกษาพบว่าในองค์ประกอบทางเคมีของควัน มีสารที่ส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ และการลดลงของสมรรถภาพปอด เช่น carbon monoxide, nitrogen dioxide, sulfur dioxide, benzene, polycyclic aromatic hydrocarbons และ complex mixture ต่าง ๆ อีกมากมาย (Naeher et al., 2005, pp. 1-75; Basrur, 2002, pp. 1-17; Larson & Koenig, 1994, pp. 133-156; Pierson et al., 1989, pp. 339-342)

จากความสำคัญและความเป็นมาของปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงทำการประเมินการสัมผัสสารเคมีที่มีผลกระทบต่อของอาการระบบทางเดินหายใจ และการทำงานของสมรรถภาพปอดที่เกิดขึ้นของพนักงานในโรงงานยางแผ่นรมควันได้แก่ nitrogen dioxide, sulfur dioxide, ozone, volatile organic compounds และ polycyclic aromatic hydrocarbons โดยสารเคมีทั้ง 5 ชนิดนี้ จะตรวจพบในการศึกษาส่วนใหญ่ของสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบในควันและเป็นสาเหตุของอาการระบบทางเดินหายใจ และการทำงานของสมรรถภาพปอดที่ผิดปกติ โดยผลการศึกษาที่ได้สามารถนำมาเป็นข้อมูลในการประเมินความเสี่ยงทางด้านสุขภาพของอาการระบบทางเดินหายใจ และสมรรถภาพปอดของพนักงานยางแผ่นรมควัน เพื่อใช้ในการวางแผนการจัดการสิ่งแวดล้อมในการทำงานของพนักงานในโรงงานยางแผ่นรมควันและจัดบริการด้านอาชีวอนามัยให้ครอบคลุมทั้งด้านการส่งเสริมและการป้องกันต่อไป

1.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยได้จัดแบ่งรายละเอียดของการทบทวนเอกสารและงานวิจัย ดังหัวข้อต่อไปนี้

- 1.2.1 กระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน
- 1.2.2 องค์ประกอบทางเคมีของควันจากการเผาไม้
- 1.2.3 ผลกระทบขององค์ประกอบทางเคมีของควันจากการเผาไม้ต่อระบบทางเดินหายใจ
- 1.2.4 ค่ามาตรฐานของสารเคมี
- 1.2.5 การเก็บตัวอย่างอากาศ

1.2.1 กระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน

ยางแผ่นรมควันผลิตจากน้ำยางสดซึ่งรวบรวมมาจากสวนต่าง ๆ แล้วนำมากรองเพื่อแยกสิ่งสกปรกและสิ่งเจือปนด้วยตะแกรง แล้วเจือจางด้วยน้ำให้มีความเข้มข้นประมาณร้อยละ 15 จับตัวก้อนยางด้วยกรดฟอร์มิค รีดก้อนยางให้เป็นแผ่นหนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร ล้างน้ำแล้วนำไปผึ่งลมให้สะเด็ดน้ำ เป็นเวลา 3-4 ชั่วโมง ได้เป็นยางแผ่นดิบ ยางแผ่นดิบที่จะนำมารมควันอาจมีความสกปรกหรือมีเชื้อราขึ้น จำเป็นต้องแช่น้ำและล้างให้สะอาดก่อน จากนั้นนำมาทำให้แห้งโดยวิธีการรมควันเพื่อป้องกันเชื้อรา เมื่ออบและรมควันยางแผ่นเสร็จแล้ว จำเป็นต้องมีการส่องดูด้วยสายตา คัดสิ่งสกปรกและตัดยางส่วนที่เป็นตำหนิออกด้วยกรรไกร ยางแผ่นรมควันที่จัดชั้นยางโดยสายตาเรียบร้อยแล้ว จะนำมาชั่งให้มีน้ำหนักประมาณ 224-250 ปอนด์ (101-113 กิโลกรัม) แล้วอัดเป็นก้อนขนาด 5 ลูกบาศก์ฟุต (0.143 ลูกบาศก์เมตร) หรือขนาดตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย ทางการทำเครื่องหมายจัดเก็บเพื่อรอส่งมอบต่อไป (เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี, 2546)

1.2.1.1 ขั้นตอนการลอกยาง/ล้างยาง

นำยางแผ่นดิบลงถังล้างที่ละแผ่น ทุกแผ่นต้องจมน้ำ รักษาระดับน้ำให้ท่วมยางแผ่นดิบ โดยจ่ายน้ำลงถังให้เพียงพอตลอดเวลา ซึ่งเครื่องล้างยางต้องสะอาดและมีการปล่อยน้ำทิ้งอย่างเพียงพอ โดยป้อนยางที่ละแผ่นห้ามป้อนยางซ้อนกัน เมื่อแผ่นยางผ่านเครื่องล้างตกอยู่ในถังแล้วเก็บใส่แผงเหล็กเตรียมนำไปพาดบนราว หากแผ่นยางยังไม่สะอาดให้ส่งคืนป้อนเข้าเครื่องใหม่

1.2.1.2 ขั้นตอนการพาดยาง

คนงานพาดยางนำแผ่นยางดิบที่ผ่านการล้างจากเครื่องล้างยาง ทำการพาดยางบนราวในชั้นพาดยางที่จัดเตรียมไว้ ซึ่งประกอบไปด้วยไม้ราวตามจำนวนล๊อคในชั้นพาดยางให้เต็มทุกล๊อค โดยไม้ยาว 1 ท่อนพาดยางไม่เกิน 5 แผ่น จัดแนวพาดยางให้เป็นแนวเดียวกัน ยางที่ล้างไม่สะอาดให้นำไปล้างใหม่ ตรวจสอบสภาพไม้ราวไม่ให้ชำรุด ซึ่งจะทำให้เศษไม้ราวติดแผ่นยางได้

1.2.1.3 ขั้นตอนการรมควัน

ก่อนนำยางเข้าเตาให้ตรวจยางตกหล่นในเตาและได้เตารมให้เรียบร้อยแล้วเมื่อนำยางเข้าเตารมคนงานรมควันต้องดูยางที่เข้าเตารมว่าเป็นยางหนาหรือบางเพื่อที่จะประมาณวันและอุณหภูมิในการรมควันได้ถูกต้อง และบันทึกที่ประตูเตารมเกี่ยวกับ วันและเวลาเข้า วันออก น้ำหนักยางที่เข้าเตา และค่า dry rubber content หลักการรมควัน เมื่อนำยางเข้าเตารมและปิดประตูเรียบร้อยแล้วใส่ฟืนให้เต็มที่ทุก ๆ 2 ชั่วโมง โดยก้นแรกอุณหภูมิอยู่ที่เกณฑ์ประมาณ 40-60 องศา ก้นที่สองให้อุณหภูมิอยู่ที่เกณฑ์ประมาณ 60-64 องศาโดยใส่ฟืนทุก ๆ 2 ชั่วโมงแต่ลดจำนวนไม้ฟืนลง และรมควันจนยางสุก

1.2.1.4 ขั้นตอนการสาวยาง

ใช้รถยกนำยางที่สุกแล้วออกจากเตา และนำแผงเหล็กวางกับพื้นและต้องตรวจดูว่าสกปรก และชำรุดหรือไม่ พร้อมปลดยางแผ่นรมควันออกจากไม้ไฟและอย่าให้เศษไม้เสี้ยน ติดยางแผ่น โดยวางแผ่นยางรมควันบนแผงเหล็กจัดเป็นสามกองเท่ากัน

1.2.1.5 ขั้นตอนการคืบและคัดเกรด

คนงานนำยางแผ่นรมควันมาส่งคู่ด้วยสายตาและคืบเศษไม้หรือเสี้ยนไม้ที่ติดยางแผ่นออกและตัดรอยตำหนิออกด้วยกรรไกร พร้อมคัดเกรด ตามการจัดชั้นยางแผ่นรมควัน ซึ่งได้มีการกำหนดแบ่งชั้นยางแผ่นรมควันโดยใช้สายตาได้ 5 ชั้น ดังนี้

- 1) ยางแผ่นรมควันชั้นที่ 1 พิเศษ (RSS 1 X)
- 2) ยางแผ่นรมควันชั้นที่ 1 (RSS 1)
- 3) ยางแผ่นรมควันชั้นที่ 2 (RSS 2)
- 4) ยางแผ่นรมควันชั้นที่ 3 (RSS 3)
- 5) ยางแผ่นรมควันชั้นที่ 4 (RSS 4)
- 6) ยางแผ่นรมควันชั้นที่ 5 (RSS 5)

1.2.1.6 ขั้นตอนการซั่ง/อัด/ห่อก้อนยาง

นำยางแผ่นรมควันที่จัดชั้นยางด้วยสายตาเรียบร้อยแล้วมาอัดเป็นก้อนด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก อัดยางเป็นก้อนสี่เหลี่ยมขนาด 5 ลูกบาศก์ฟุต (0.143 ลูกบาศก์เมตร) โดยซั่งก้อนยางให้มีน้ำหนักประมาณ 224-250 ปอนด์ (101-113 กิโลกรัม)

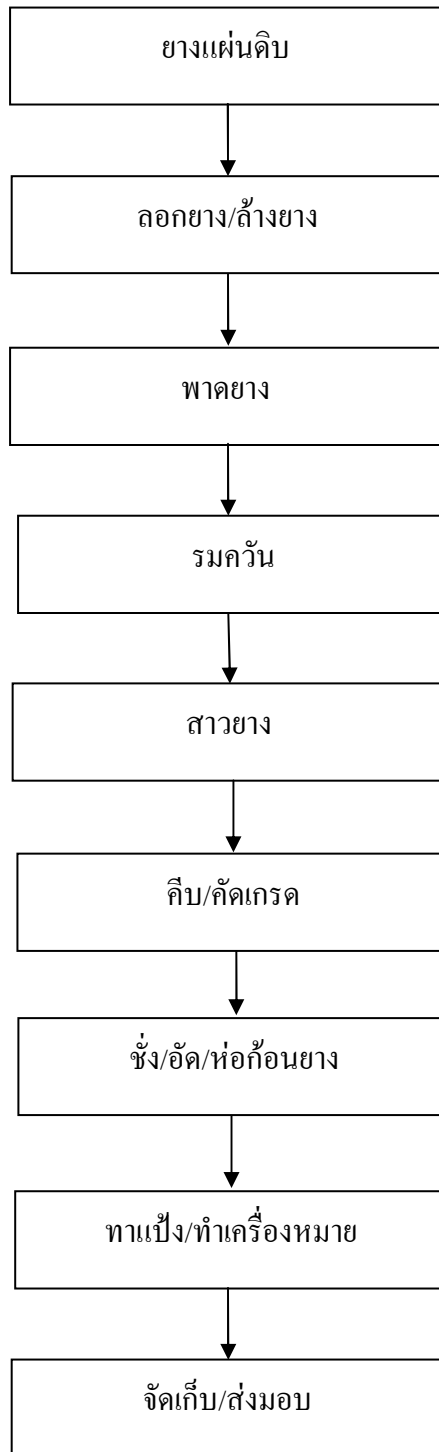
1.2.1.7 ขั้นตอนการทาแป้ง/ทำเครื่องหมาย

นำยางแผ่นรมควันที่อัดเป็นก้อนแล้ว นำมาทาด้วยสารละลายยางผสมแป้งแคลเซียมคาร์บอเนตกับน้ำมันก๊าด บริเวณรอบนอกของก้อนยาง เพื่อป้องกันเชื้อรา และทำให้ก้อนยางไม่ติดกัน ประทับตราแสดงชั้นของยางแผ่นรมควัน โดยมีชื่อบริษัทและตัวเลขแสดงชุดการผลิตก้อนยางตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อ

1.2.1.8 จัดเก็บและรอส่งมอบลูกค้า

ดังแสดงขั้นตอนการผลิตยางแผ่นรมควัน ดังภาพประกอบที่ 1.1

ขั้นตอนการผลิตยางแผ่นรมควัน



ภาพประกอบ 1.1 ขั้นตอนการผลิตยางแผ่นรมควัน

1.2.2 องค์ประกอบทางเคมีของควันจากการเผาไหม้

ควัน (smoke) หมายถึง อนุภาคแขวนลอยของธาตุคาร์บอน (carbon) ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ (incomplete combustion) ของสารที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เช่น ไม้ ถ่านหิน น้ำมัน เป็นต้น ซึ่งควันมักประกอบด้วยอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน

เมื่อมีการใช้เตาไฟภายในบ้านจะทำให้ระดับของอนุภาคแขวนลอย (suspended particles) และ respirable particles (RSP) ที่มีอยู่ในควันเพิ่มสูงถึง 4 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับวันที่ไม่ได้ใช้เตาถ่าน มีระดับ respirable particles (RSP) ประมาณ $14-72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และภายในบ้านที่จุดไฟจากไม้ฟืน มีระดับ respirable particles (RSP) ประมาณ $68-160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ นอกจากนี้ยังมี benzopyrene สูง $5-11.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และ carbon monoxide สูงขึ้น $1-5 \text{ ppm}$ (สมเกียรติ วงษ์ทิม, 2542, หน้า 293-310) ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของควันที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้มีมากมายหลายชนิด ที่มีผลกระทบต่ออาการของระบบทางเดินหายใจ และการลดลงของสมรรถภาพปอด เช่น carbon monoxide, nitrogen dioxide, sulfur dioxide, benzene, polycyclic aromatic hydrocarbons และ complex mixture ต่างๆ อีกมากมาย (Naeher et al., 2005, pp. 1-75; Basrur, 2002, pp. 1-17; Larson & Koenig, 1994, pp. 133-156; Pierson et al., 1989, pp. 339-342) จากตารางที่ 1.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของควันจากการเผาไหม้ ดังนี้

ตารางที่ 1.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของควันจากการเผาไหม้

Chemical class	Representative compounds
Toxic gases	Carbon monoxide Ammonia Nitrogen dioxide Sulfur dioxide
VOCs (C2-C7)	Methyl chloride Methylene chloride
Saturated hydrocarbons	Hexane
Unsaturated hydrocarbons	1,3-butadiene, Acrolein
Mono-aromatics	Benzene, Styrene
Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)	Benzo (a) pyrene, Dibenz (a,h) anthracene, etc.
Organic alcohols and acids	Methanol, Acetic acid
Aldehydes	Formaldehyde, Acetaldehyde
Phenols	Catechol Cresol (methyl-phenols)
Quinones	Hydroquinone Florenone Anthraquinone
Free radicals	Semi-quinone type radicals
Inorganic compounds	Arsenic, Lead, Chromium
Fine particulate matter	PM _{2.5}
Chlorinated dioxins	-
Particulated acidity	Sulfuric acid

ที่มา: ดัดแปลงจาก Naehar et al., 2005, pp. 1-75

1.2.3 ผลกระทบขององค์ประกอบทางเคมีของควันจากการเผาไหม้ต่อระบบทางเดินหายใจ

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา พบว่า การศึกษาสารเคมีในควันจากการเผาไหม้ จะวัดการสัมผัสเป็น 2 แบบ คือ แบบที่หนึ่ง จะวัดสารเคมีและก๊าซในบรรยากาศงานเป็นเชิงปริมาณ เช่น วัด PAHs, VOCs, SO₂, NO₂, O₃ แบบที่สอง ใช้อาชีพ การเผาไหม้ในครัวเรือน ที่เสี่ยงต่อควันจากการเผาไหม้แทนการตรวจวัดสารเคมีหรือก๊าซ โดยอาชีพที่มีการศึกษา ได้แก่ พนักงานดับเพลิง คนเผาถ่าน คนงานยางแผ่นรมควัน แม่บ้านที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลในครัวเรือน เป็นต้น ส่วนผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ ใช้การผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ เช่น ไอ แน่นหน้าอก หายใจมีเสียงวี๊ด ๆ และโรคระบบทางเดินหายใจ เช่น โรคหืด หลอดลมอักเสบเรื้อรัง ๆ

1.2.3.1 การศึกษาที่วัดสารเคมีและก๊าซพิษในบรรยากาศ ที่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิงเชิงปริมาณ

กระบวนการเผาไหม้ก่อให้เกิดควันซึ่งมีส่วนผสมของก๊าซพิษ ที่เป็นสารประกอบในกลุ่มไฮโดรคาร์บอน และสารประกอบอินทรีย์ที่ระเหยง่าย เช่น Polycyclic aromatic hydrocarbons, Nitrogen dioxide, sulfur dioxide, ozone, volatile organic compounds ที่ส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ และการลดลงของสมรรถภาพปอด

สารประกอบโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: PAHs)

สารกลุ่มโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic aromatic hydrocarbons) สารในกลุ่มนี้เรียกย่อๆว่า PAHs เป็นสารพวก nonpolar จึงละลายได้ดีในไขมันแต่ละลายได้น้อยในน้ำ ดังนั้นจึงสะสมในชั้นของไขมันของร่างกายได้นาน ปกติสาร PAHs ในเนื้อเยื่อไขมันจะไม่ทำให้เกิดพิษกับร่างกาย จนกว่าจะเข้าไปอยู่ในเซลล์ PAHs อาจสะสมได้ในชั้นเมมเบรนของเซลล์ซึ่งเป็นฟอสโฟไลปิด PAHs เป็นสารมีพิษ นอกจากนี้ยังเป็นสารกลายพันธุ์ (Pre-mutagen) และเป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogen) (วิสุทธิศักดิ์ วุฒิอดิเรก, 2543) โดย PAHs เกิดจากการเผาไหม้ของธรรมชาติ เช่น ไฟไหม้ ภูเขาไฟระเบิด และเกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น ยานพาหนะ และโรงงานอุตสาหกรรม การสัมผัส PAHs เป็นสาเหตุสำคัญของโรคระบบทางเดินหายใจและโรคมะเร็งปอด (U.S EPA, 1987)

จากการทบทวนวรรณกรรม ในระหว่าง ปี 1997-2008 พบว่า PAHs จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกเป็นการศึกษาในอุตสาหกรรมหนักที่ใช้ถ่านโค้ก โรงงานผลิตจนวนกันไฟฟ้า โรงงานผลิตตะกั่ว โรงงานถลุงเหล็ก ๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในกลุ่มประเทศยุโรปและอเมริกาเหนือ กลุ่มสองเป็นมลภาวะจากการจราจร และกลุ่มสามเป็นการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลในครัวเรือน

โดยอุตสาหกรรมหนักส่วนใหญ่ พบสาร PAHs ในกลุ่ม 3-4 ring ได้แก่ Phenanthrene มีปริมาณความเข้มข้นของสารอยู่ในช่วง 220-48880 ng/m³, Pyrene 100-11220 ng/m³, Fluorene 1.4-6280 ng/m³, Fluoranthene 1.4-5410 ng/m³ รองลงมาคือกลุ่ม 2 ring ได้แก่ Naphthalene 278-93200 ng/m³ และกลุ่ม 5-6 ring ได้แก่ Benzo (a) pyrene 0.1- 9960 ng/m³, Benzo (b) fluoranthene 0.5-2220 ng/m³ ดังแสดงในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 การศึกษาในอุตสาหกรรมหนัก

References	ชนิดการเก็บ ตย.อากาศ	ปริมาณ PAHs ส่วนใหญ่ที่ตรวจพบ (ng/m ³)																
		Total PAHs	2 ring	3-4 ring								5-6 ring						
			Nap	Ace	Fle	Phe	Ant	Flu	Pyr	BaA	Chr	BeP	BbF	BkF	BaP	DBA	BghiP	IDP
พื้นที่การทำงาน (Area sampling)																		
Kuo, 2008, Tiawan	PP	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	
Forster, 2007, Germany	PP,GP	nr	nr	nr	nr	7160-48880	nr	nr	3620-11220	nr	nr	nr	nr	nr	nr	1540-9960	nr	nr
Preuss, 2005, Germany	PP,GP	nr	700-93200	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	
Kuusimaki, 2003, Finland	GP	2198	1285		167	730												
	PP	25	nr		1.4	1.9			1.4					0.5	0.6		0.6	
Tsai, 2002, Tiawan	PP	334.3-7878.9	278-2820	7.9-1316			1.2-1976	4.8-432							0.1-0.5			
	GP	323.5-7858.92	277.1-2818.7	7.62-131.9			1.0-1975.9								0.0-0.1			
Tsai, 2001, Tiawan	PP	1450						136.4	142					143				
	GP	1690	468		142			130	151						298			
Gundel, 2000, Germany	PP	12630	nr	nr			nr	nr				6450	nr	nr	2170	1330	nr	
Angerer, 1997, Germany	PP,GP	1620-27680	nr			850-10990		120-5410	100-3850					220-1880	110-1060			
Buchet, 1992, UK	PP,GP	15800													36			
ตัวบุคคล (Personal sampling)																		
Rihs, 2005, Germany	PP,GP	nr	nr	nr	nr	3500-36200	nr	nr	800-9300	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	
Gundel, 2000, Germany	PP	22160	nr	nr	3650		nr	nr		3830	5220	nr	nr	2220	nr	1070	nr	
Angerer, 1997, Germany	PP,GP	110-16880	nr		50-6280	220-10590			0.00-4550					20-2030	10-1150			

PP = Particle phase, GP = Gaseous phase, nr = not report

ค่ามาตรฐาน PAHs OSHA; TLV- TWA (ng/m³): Nap 52,420,000; Phe 200,000; Ant 200,000; Pyr 200,000; Chr 200,000; BaP 200,000; Ace, Fle, Flu, BaA, BeP, BbF, BkF, DBA, BghiP, IDP; ไม่มีค่ามาตรฐานกำหนด

กลุ่มที่สองมลภาวะจากการจราจร ในมหาวิทยาลัยและในกลุ่มตำรวจจราจร โดยส่วนใหญ่พบสาร PAHs ในกลุ่ม 5-6 ring ได้แก่ Indeno (1,2,3cd) pyrene มีปริมาณความเข้มข้นของสารอยู่ในช่วง 0.74-307 ng/m³, Benzo (ghi) perylene 0.76-79.42 ng/m³, Benzo (b) fluoranthene 0.74-72.58 ng/m³ รองลงมาคือกลุ่ม 4 ring ได้แก่ Phenanthrene 0.35-145.8 ng/m³, pyrene 0.23-47.39 ng/m³, Fluoranthene 42-84.9 ng/m³ ดังแสดงในตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 การศึกษามลภาวะจากการจราจร

References	ชนิดการเก็บ ตย.อากาศ	ปริมาณ PAHs ส่วนใหญ่ที่ตรวจพบ (ng/m ³)															
		Total PAHs	2 ring	3-4 ring						5-6 ring							
			Nap	Ace	Fle	Phe	Ant	Flu	Pyr	BaA	Chr	BeP	BbF	BkF	BaP	DBA	BghiP
พื้นที่การจราจร (Area sampling)																	
Sharma, 2007, India	PP	547.4	nr	nr	nr			42.0	47.4				72.6			91.4	77.9
Omar, 2006, Malaysia	PP	2.1	nr	nr	nr									0.16	nr	0.76	0.69
Rehwagen, 2004, Germany	PP	4.74	nr						0.23		0.34		0.76		0.39	1.31	0.74
Omar, 2002, Malaysia	PP	4.3	nr	nr	nr									0.47		1.35	0.47
Okuda, 2002, Malaysia	PP	45.8	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr
Shihua, 2000, Macao	PP	11-80	nr								1.17-10.51			0.75-7.90		2.35-17.08	1.95-10.6
Okuda., 2002, Malaysia	PP	52.6	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr
ตัวบุคคล (Personal sampling)																	
Hu, 2007, China	PP	nr	nr			145.8		84.9							26.2		307
Liu, 2007, China	PP	1.5	0.02				0.09			0.22				0.22	0.54		
Liu, 2007, China	GP	2.2	0.52		0.36	0.35	0.38							0.19			

PP= Particle phase, GP = Gaseous phase, nr = not report

ค่ามาตรฐาน PAHs OSHA; TLV- TWA (ng/m³): Nap 52,420,000; Phe 200,000; Ant 200,000; Pyr 200,000; Chr 200,000; BaP 200,000 ; Ace, Fle, Flu, BaA, BeP, BbF, BkF, DBA, BghiP, IDP; ไม่มีค่ามาตรฐานกำหนด

กลุ่มที่สามเป็นการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล โดยส่วนใหญ่พบสาร PAHs ในกลุ่ม 2 ring ได้แก่ Naphthalene มีปริมาณความเข้มข้นในช่วงระหว่าง 11.7-103 ng/m³ รองลงมาคือ กลุ่ม 3-4 ring ได้แก่ Phenanthrene 2.5-241 ng/m³, Fluoranthene 1.56-340 ng/m³, Anthracene 0.33-368 ng/m³ ดังแสดงในตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.4 การศึกษา

การเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล

References	ชนิดการเก็บ ดย.อากาศ	ปริมาณ PAHs ส่วนใหญ่ที่ตรวจพบ (ng/m ³)																
		Total PAHs	2 ring	3-4 ring								5-6 ring						
			Nap	Ace	Fle	Phe	Ant	Flu	Pyr	BaA	Chr	BeP	BbF	BkF	BaP	DBA	BghiP	IDP
พื้นที่การทำงาน (Area sampling)																		
Jiao, 2006, China	PP,GP	108	57.4	1.65	13.6	19.8	3.84	1.56	2.86									
Yang, 2006, Taiwan	PP	33	11.7		4.09	5.72		2.85						0.29				
	GP	1160	103		30.4	32.5		24.7						0.89	2.32			
Bhargava, 2004, India	PP	4470	Nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr		1410	nr			500	870	nr	610
Hellen, 2008, Finland	PP	nr	nr	nr	nr	2.5		4.4	4.0			nr		2.6	1.3			2.2
Godoi, 2004, Brazil	PP	49.3	0.42	0.95	0.42	2.9	3.3	3.3	2.5		6.6			5.6	1.9		8.5	8.7
Santos, 2002, Brazil	PP	nr	nr				24.46	37.17	22.77					6.49	17.18			
Santos, 2002, Brazil	PP	nr	nr			38-241	59-368	156-340	114-181					21.3-22	19.5-85			
Okuda, 2002, Malaysia	PP	45.8	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr
ตัวบุคคล (Personal sampling)																		
Bhargava, 2004, India	PP	9110									3570			950	700	1560	nr	1000

PP = Particle phase, GP = Gaseous phase, nr = not report

ค่ามาตรฐาน PAHs OSHA; TLV- TWA (ng/m³): Nap 52,420,000; Phe 200,000; Ant 200,000; Pyr 200,000; Chr 200,000; BaP 200,000; Ace, Fle, Flu, BaA, BeP, BbF, BkF, DBA, BghiP, IDP; ไม่มีค่ามาตรฐานกำหนด

ไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogen dioxide: NO₂)

ในระหว่างกระบวนการเผาไหม้ จะทำให้ออกซิเจนทำปฏิกิริยากับไนโตรเจนในเชื้อเพลิงได้เป็นสารประกอบไนโตรเจนออกไซด์ได้ nitric oxide (NO), nitrogen dioxide (NO₂) และไนโตรเจนออกไซด์อื่น ๆ แหล่งผลิตที่สำคัญของ สารเหล่านี้คือ โรงงานอุตสาหกรรม โรงผลิตไฟฟ้า เครื่องยนต์ของยานพาหนะบนท้องถนน ควันจากการเผาไหม้ในครัวเรือนฯ NO₂ ละลายน้ำได้เล็กน้อย จึงมักหายใจเข้าไปในหลอดลมส่วนปลาย และเป็นพิษต่อเซลล์ของระบบทางเดินหายใจและเนื้อปอดโดยตรง (Basrur, 2002, pp. 1-17)

จากการทบทวนวรรณกรรม ด้านผลกระทบของ NO₂ ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาภาวะมลพิษจากการจราจร และการเผาไหม้เชื้อเพลิงภายในอาคารบ้านเรือน โดยพบอาการและโรกระบบทางเดินหายใจ ได้แก่ ไอ หายใจมีเสียงวี๊ด หายใจสั้นลง แน่นหน้าอก ส่วนโรกระบบทางเดินหายใจ ได้แก่ โรคหืด โรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ดังการศึกษาต่อไปนี้

การศึกษาพบว่า NO₂ มีผลต่อสุขภาพของแม่บ้านและเด็กในเขตการจราจรกรุงเทพมหานคร และจังหวัดนครราชสีมา โดยใช้เครื่องมือ Passive gas sampler วัดปริมาณ NO₂ และใช้แบบสอบถามอาการของระบบทางเดินหายใจที่ดัดแปลงจากแบบสอบถามของสมาคมโรคทรวงอกของสหรัฐอเมริกา พบ ปริมาณ NO₂ จากการจราจรในกรุงเทพมหานคร มีค่าสูงที่สุดโดยภายในที่พักอาศัยมีค่าเฉลี่ย 80.9 ± 38.1 ppb ภายนอกที่พักอาศัยมีค่าเฉลี่ย 98.9 ± 45.0 ppb (วนิดา ทรัพย์สุข, วนิดา จีนศาสตร์, และสว่าง แสงหิรัญวัฒนา, 2548) ส่วนผลการศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพจากแบบสอบถาม พบว่า ตัวอย่างจากการจราจรในกรุงเทพมหานคร พบอาการของหลอดลมอักเสบเรื้อรัง หลอดลมอักเสบเฉียบพลัน หืด COPD อาการไอ และมีเสมหะ มากกว่าในกลุ่มจังหวัดนครราชสีมา และเขตชานเมืองกรุงเทพมหานคร และมีการศึกษามลพิษอากาศจากการจราจรทางบกที่ส่งผลกระทบต่อกลุ่มอาการระบบทางเดินหายใจ ในนครมิวนิค ประเทศเยอรมัน ผลการศึกษาพบว่า การสัมผัสไนโตรเจนไดออกไซด์ระดับความเข้มข้นอยู่ระหว่าง 19.5-66.9 µg/m³ มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาการไอ (OR 1.40, 95% CI 1.12-1.75) และไอแห้งๆในเวลากลางคืน (OR 1.36, 95% CI 1.07-1.74) (Gehring et al., 2002, pp. 690-698) และพบว่าปริมาณการจราจร มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับไนโตรเจนไดออกไซด์ และความชุกของโรคหอบหืดในเด็ก จำนวน 8 ชุมชน โดยใช้แบบสอบถาม International Study on Asthma and Allergy in Childhood (ISAAC) ผลการศึกษา พบว่า ระดับของไนโตรเจนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเท่ากับ 6.0-17.0 ppb ในเวลา 3 ปี ส่งผลให้มีความชุกของโรคหอบหืดใน 8 ชุมชนเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีการเพิ่มขึ้นของความชุกของโรกระบบทางเดินหายใจในเมืองที่ระดับความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้น (Studnicka et al., 1997, pp. 2275-2278) รวมถึงการศึกษาในกลุ่มเด็กนักเรียน ประเทศ

ญี่ปุ่น พบว่า มีการเพิ่มขึ้นของความชุกของโรคหลอดลมอักเสบ หายใจมีเสียงวี๊ด โรคหืดในเด็กผู้หญิง เมื่อระดับของไนโตรเจนไดออกไซด์ภายในอาคารเพิ่มขึ้น และไนโตรเจนไดออกไซด์ ที่ระดับความเข้มข้น 10 ppb ภายในอาคารมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับการเพิ่มความถี่ของการเกิดโรคหืด (OR 2.1, 95% CI 1.1-4.75) และอาการหายใจมีเสียงวี๊ด (OR 1.76, 95% CI 1.04-3.23) (Shima & Adachi, 2000, pp. 862-870)

การศึกษาการสัมผัสไนโตรเจนไดออกไซด์ภายในอาคารบ้านเรือนกับอาการของระบบทางเดินหายใจในเด็กที่เป็นโรคหอบหืด ประเทศอังกฤษ โดยใช้แบบสัมภาษณ์และ การเก็บตัวอย่างไนโตรเจนไดออกไซด์โดยใช้ Palmes tubes ผลการศึกษาพบว่า ภายในอาคารบ้านเรือนที่ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในการประกอบอาหารมีค่าเฉลี่ยของ NO_2 เท่ากับ 8.6 ppb ภายในอาคารบ้านเรือนที่ใช้แก๊สในการประกอบอาหาร มีค่าเฉลี่ยของ NO_2 เท่ากับ 25.9 ppb และเด็กที่เป็นโรคหืด ที่อาศัยอยู่ในครอบครัวและสัมผัสไนโตรเจนไดออกไซด์จากการใช้แก๊สหุงต้มภายในอาคารบ้านเรือนทำให้มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอาการหายใจมีเสียงวี๊ด (OR 2.27, 95% CI 1.15-4.47) หายใจสั้นลง (OR 2.33, 95% CI 1.12-5.06) และอาการแน่นหน้าอก (OR 4.34, 95% CI 1.76-10.69) (Belanger, Gent, Triche, Bracken, & Leaderer, 2006, pp. 297-303) ตลอดจนในเด็ก ประเทศออสเตรเลีย ที่มีการสัมผัสไนโตรเจนไดออกไซด์จากการใช้แก๊สหุงต้มภายในอาคารบ้านเรือน พบว่า มีอาการของระบบทางเดินหายใจมากกว่าปกติ (OR 2.3, 95% CI 1.0-5.2) (Garrett, Hooper, Hooper, & Abramson, 1998, pp. 891-895)

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide: SO_2)

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นก๊าซที่ละลายน้ำได้เร็วมาก ดังนั้นเมื่อก๊าซนี้ถูกหายใจเข้าไปในจมูกจะละลายน้ำในเยื่อเมือกจมูกและทางเดินหายใจส่วนบน กลายเป็นกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ซึ่งเป็นกรดอย่างแรงมีฤทธิ์ระคายเคือง ทำลายเซลล์เยื่อเมือกของทางเดินหายใจ ในกรณีที่ได้รับ SO_2 ในปริมาณสูง หรือ หายใจทางปากหรือหายใจแรง ๆ ลึก ๆ จะทำให้ SO_2 บางส่วนลงไปไหลลงคอส่วนล่างและปอดได้ สำหรับผลเรื้อรัง (chronic effect) จากการได้รับ SO_2 ในระยะยาวนั้น ยังไม่ชัดเจน (บุญสืบ ศรีไชยยันต์และแสงจันทร์ ทองมาก, 2538) ซึ่งซัลเฟอร์ไดออกไซด์เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิงเพื่อใช้พลังงานในการดำรงชีพของมนุษย์ รวมถึงอุตสาหกรรมต่าง ๆ

จากการทบทวนวรรณกรรม ด้านผลกระทบของ SO₂ ส่วนใหญ่ พบว่า มีการสัมผัสมลพิษทางอากาศ การประกอบอาชีพเหมืองแร่ และโรงงานทำเยื่อกระดาษ ซึ่งส่งผลกระทบต่ออาการระบบทางเดินหายใจ ได้แก่ หายใจมีเสียงวี๊ด แน่นหน้าอก หายใจลำบาก อาการ severe airway obstruction ภาวะเลือดขาดออกซิเจน การมีสมรรถภาพปอดที่ผิดปกติ และโรกระบบทางเดินหายใจ ได้แก่ โรคหืด และโรคภูมิแพ้ ดังการศึกษาต่อไปนี้

การศึกษาการสัมผัสมลพิษทางอากาศที่อำเภอแม่เมาะ ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2535 การตรวจวัดระดับของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ พบว่ามีปริมาณเฉลี่ยต่อชั่วโมงสูงถึง 1800-3000 µg/m³ ส่งผลให้ประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณใกล้เคียงมีอาการแสบจมูก แสบตา วิงเวียนศีรษะ ไอ เหนื่อยหอบ ต้องเข้ารับการรักษาที่โรงพยาบาลแม่เมาะและสถานีอนามัย ตรวจพบเป็นโรกระบบทางเดินหายใจอักเสบ มากกว่า 1,000 ราย และมีการศึกษาผลกระทบระยะยาวเป็นระยะเวลา 5 ปี ผลการศึกษา พบว่า ผู้ที่อาศัยอยู่ในเขตที่มีมลพิษการจราจรสูงจะมีอาการของระบบการหายใจ แต่ไม่พบว่าผู้ป่วยโรคหืดมากกว่ากลุ่มควบคุม (สมเกียรติ วงศ์ทิมและสุมาลี เกียรติบุญศรี, 2543, หน้า 208-232) และจากการศึกษา มลพิษทางอากาศที่มีผลทำให้เกิดโรคภูมิแพ้ในเด็กนักเรียน ประเทศไต้หวัน โดยใช้แบบสอบถาม International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC-C) มีการเก็บตัวอย่าง SO₂ โดยใช้ ultraviolet fluorescence พบ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีผลทำให้เกิดโรคภูมิแพ้เพิ่มขึ้น (OR 1.43, 95% CI 1.25-1.64) (Hwang, Jaakkola, Lee, Lin, & Guo, 2006, pp. 1-23) และที่ประเทศบราซิล พบความชุกของอาการหอบหืด เยื่อจมูกอักเสบ ในผู้ที่อาศัยอยู่ในสถานที่ที่มีระดับความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูง มีความเสี่ยงเพิ่มขึ้นในการเกิดอาการหายใจมีเสียงวี๊ด หอบหืดรุนแรง (Sole et al., 2007, pp. 6-13) ตลอดจนการศึกษา อาการหลอดลมตีบหลังการสูดดมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในระยะสั้น ในผู้ป่วยโรคหืดจำนวน 8 คน พบว่า ผู้ป่วย 2 ใน 8 คน มีอาการแน่นหน้าอก หลังจากที่มีการสูดดมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้น 1 ppm ในเวลา 1 นาที และผู้ป่วย 7 ใน 8 คน มีอาการหายใจมีเสียงวี๊ด แน่นหน้าอก และหายใจลำบาก ซึ่งต้องมีการใช้ยาขยายหลอดลม หลังจากสูดดมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.5 ppm ในเวลา 3 นาที และ 5 นาที และที่ระดับความเข้มข้น 1 ppm ในเวลา 3 นาที (Balmes, Fine, & Sheppard, 1987, pp. 1117-1121)

นอกจากนี้ มีการศึกษาคนงานที่ได้รับสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในโรงงานเยื่อกระดาษ พบ อัตราการเกิดของอาการและโรกระบบทางเดินหายใจในคนงานที่สัมผัสซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีค่า Hazard ratio สูงขึ้นของอาการหายใจมีเสียงวี๊ด (HR 7.5, 95% CI 1.9-29.3) และโรคหลอดลมอักเสบ (HR 22.9, 95% CI 4.5-118.2) (Henneberger, Olin, Andersson, Hagberg, & Toren, 2005, pp. 3028-3037) และการศึกษาการสูดดมซัลเฟอร์ไดออกไซด์แบบเฉียบพลัน ในคนงานเหมืองแร่ พบว่า คนงานเหมืองแร่มีการสูดดมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในระดับความเข้มข้นสูง ภายใน 3 สัปดาห์

ของการเกิดอุบัติเหตุจากการระเบิดเหมืองแร่ ส่งผลให้คนงานที่สูดดมซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีอาการ airway obstruction อย่างรุนแรง สมรรถภาพปอดผิดปกติ และเกิดภาวะเลือดขาดออกซิเจน (hypoxia) (Rabinovitch, Greyson, Weiser, & Hoffstein, 1989, pp. 556-558) รวมทั้งจากการศึกษา การสูดดมซัลเฟอร์ไดออกไซด์แบบเฉียบพลันที่มีผลต่อการทำลายเนื้อปอดอย่างมาก ในคนงานเหมืองแร่ 5 คน ที่สัมผัสซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในระดับความเข้มข้นสูง พบว่า คนงาน 2 คน ที่สูดดมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในระดับความเข้มข้นที่สูงเสียชีวิตทันที ส่วนคนงาน 3 คน ที่เหลือได้มีการทดสอบการทำงานของปอด พบ 2 ใน 3 คนงาน มีอาการทางเดินหายใจอุดกั้นอย่างรุนแรง ไม่มีการตอบสนองต่อยาขยายหลอดลม และสมรรถภาพปอดมีความผิดปกติแบบผสม (เป็นแบบ Obstruction และ Restriction) (Charan, Myers, Lakshminarayan, Spencer, 1979, pp. 555-560)

โอโซน (Ozone: O₃)

โอโซน ในระดับสูงกว่าพื้นดินเกิน 40 กิโลเมตรขึ้นไป เป็นโอโซนที่ดี ทำหน้าที่ป้องกันอันตรายจากรังสีอัลตราไวโอเล็ต และไม่เป็นพิษ ส่วนโอโซนที่ระดับสูงกว่าพื้นดินไม่เกิน 2 กิโลเมตรจะเป็นโอโซนที่เป็นพิษ และมีผลเสียโดยตรงต่อมนุษย์ ระดับความเข้มข้นของโอโซน 0.25 ppm ขึ้นไปก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อ ตา จมูก และทำลายเนื้อเยื่อปอด เกิดการระคายเคืองเมื่อหายใจเข้าไป (สถาบันนวัตกรรมและพัฒนากระบวนการเรียนรู้, ม.ป.ป.)

โอโซนเป็นก๊าซที่ไม่ค่อยละลายน้ำจึงถูกหายใจเข้าไปในหลอดลมและปอดได้มาก มีพิษทำลายเซลล์เยื่อผิวของหลอดลม และทำให้เกิดโรกระบบทางเดินหายใจ (สมเกียรติ วงษ์ทิม และ สุมาลี เกียรติบุญศรี, 2543, หน้า 293-310)

จากการทบทวนวรรณกรรม ด้านผลกระทบของ O₃ ส่วนใหญ่ ได้รับสิ่งสัมผัสจากมลพิษทางอากาศจากการจราจร การเผาไหม้เชื้อเพลิงภายในอาคารบ้านเรือน และจากการประกอบอาชีพ โดยส่งผลกระทบต่ออาการและโรกระบบทางเดินหายใจ ได้แก่ หายใจมีเสียงวี๊ด ทางเดินหายใจอุดกั้น โรคหืด และการลดลงของสมรรถภาพปอด ดังการศึกษาต่อไปนี้

การศึกษา ผลกระทบของการสัมผัสโอโซน ในผู้ป่วยโรคหอบหืดและเยื่อจมูกอักเสบที่สัมผัสมลพิษทางอากาศจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงภายในอาคารบ้านเรือน โดยการทดสอบสมรรถภาพปอดโดยวิธี spirometry และใช้ methacholine challenge testing พบว่า ในผู้ป่วยโรคหอบหืดและผู้ป่วยเยื่อจมูกอักเสบ จะมีค่าเฉลี่ยของ FEV₁ ลดลงร้อยละ 7.8 และร้อยละ 1.3 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า การสัมผัสโอโซนระยะสั้น เพิ่มภาวะภูมิไวต่อหลอดลมในผู้ป่วยโรคหืดและเยื่อจมูกอักเสบ (Jorres, Nowak, & Magnussen, 1996, pp. 56-64) ส่วนในประเทศเม็กซิโกศึกษาผลกระทบของมลพิษทางอากาศที่เข้ารับการรักษาด้วยภาวะฉุกเฉินของเด็กที่เป็นโรคหืดของโรงพยาบาล ตั้งแต่เดือนมกราคม

ถึงเดือนมิถุนายน 1990 ผลการศึกษา พบว่า การเพิ่มระดับการสัมผัสโอโซน 50 ppb ใน 1 ชั่วโมง จะมีจำนวนผู้เข้ารับการรักษาด้วยภาวะฉุกเฉินของโรคหืดเพิ่มขึ้นร้อยละ 43 ต่อวัน การเพิ่มระดับการสัมผัสโอโซน มากกว่า 110 ppb ต่อเนื่องเป็นเวลา 2 วัน จะส่งผลให้มีจำนวนผู้เข้ารับการรักษาภาวะฉุกเฉินด้วยโรคหืดเพิ่มขึ้น ร้อยละ 68 สรุปผลการศึกษา พบว่า ระดับการสัมผัสโอโซน มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับจำนวนการเข้ารับการรักษาด้วยภาวะฉุกเฉินของโรคหืด (Romieu et al., 1995, pp. 546-553) รวมถึงการศึกษา ผลกระทบต่อสมรรถภาพปอดของเด็กในบริเวณที่มีการสัมผัสโอโซน ใน 2 ภาคฤดูร้อน ผลการศึกษาพบว่า ใน 2 ภาคฤดูร้อน เด็กที่อยู่ในบริเวณที่มีการสัมผัสโอโซนสูงที่ระดับความเข้มข้น 44-52 ppb ส่งผลให้สมรรถภาพปอดลดลงและมีอาการของระบบทางเดินหายใจเพิ่มขึ้น (Kopp et al., 2000, pp. 893-900) และผลกระทบของโอโซนจากมลพิษทางอากาศกับสมรรถภาพปอดในนักปีนเขา ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยของการสัมผัสโอโซน 21-74 ppb เมื่อมีค่าเฉลี่ยของการสัมผัสโอโซนเพิ่มขึ้น 50 ppb จะมีค่า FEV₁ ลดลง (OR 2.6, 95 % CI 0.4-4.7) และค่า FVC ลดลง (OR 2.2, 95 % CI 0.8-3.5) สรุปผลการศึกษา พบว่า การสัมผัสโอโซนเพิ่มขึ้นมีผลต่อการลดลงของสมรรถภาพปอด (Korrick, Neas, Dockery, Gold, & Allen, 1998, pp. 93-99) และมีการศึกษาการสัมผัสโอโซน ที่มีผลต่อสมรรถภาพปอดในเด็กที่เข้าค่ายฤดูร้อน ผลการศึกษาพบว่า ระดับความเข้มข้นของโอโซนที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการลดลงของค่า FEV₁ ในเด็ก (Kinney, Thurston, & Raizenne, 1996, pp. 170-174)

การศึกษา ผลกระทบของโอโซนต่อสมรรถภาพปอดและภาวะภูมิไวต่อหลอดลมในผู้ป่วยโรคหอบหืด ใช้การทดสอบสมรรถภาพปอดโดยวิธี spirometry ผลการศึกษาพบว่า การสัมผัสโอโซนมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการลดลงของค่า FVC, FEV₁ และ FEF_{25-75%} และการเพิ่มภาวะภูมิไวต่อหลอดลมทั้งผู้ป่วยโรคหอบหืดและผู้ที่มีสุขภาพดี พบทางเดินหายใจอุดกั้นในผู้ป่วยหอบหืดสูงกว่าผู้ที่มีสุขภาพดี (Kreit et al., 1989, pp. 217-222)

นอกจากนี้ได้มีการศึกษาอัตราการเกิดของอาการและโรคระบบทางเดินหายใจในคนงานโรงงานเยื่อกระดาษกับการสัมผัสโอโซนและแก๊สอื่นๆ ในประเทศสวีเดน ผลการศึกษาพบว่า คนงานที่สัมผัสโอโซน จะมีค่า Hazard ratio สูงขึ้นของอาการหอบหืด (HR 6.5, 95% CI 1.2-36.3) และอาการหายใจมีเสียงวี๊ด (HR 3.3, 95% CI 1.1-10.2) (Henneberger et al., 2005, pp. 3028-3037)

สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile organic compounds: VOCs)

สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Chemicals: VOCs) คือ กลุ่มสารประกอบอินทรีย์ที่ระเหยเป็นไอได้ง่าย ที่อุณหภูมิและความดันปกติ โมเลกุลประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นสำคัญ ซึ่งอาจมีอะตอมของออกซิเจนหรือ คลอรีนร่วมด้วย VOCs แบ่งตามลักษณะของโมเลกุล แบ่งออกเป็น 2 โมเลกุลใหญ่ ๆ

1) Non-chlorinated VOCs หรือ Non-halogenated hydrocarbons ได้แก่ กลุ่มไฮโดรคาร์บอนระเหยที่ไม่มีธาตุคลอรีนเป็นองค์ประกอบ เช่นสารในกลุ่ม aliphatic hydrocarbons (เช่น น้ำมันเชื้อเพลิง, gasoline, hexane, solvents, aldehydes, ketone) และกลุ่ม aromatic hydrocarbons (เช่น toluene, benzene, ethylbenzene, xylenes, styrene, phenol) สาร VOCs กลุ่มนี้มาจาก การเผาไหม้ กองขยะ พลาสติก วัสดุและอุปกรณ์เครื่องใช้ สีทาวัสดุ เป็นต้น ซึ่งมีอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ

2) chlorinated VOCs หรือ halogenated hydrocarbons ได้แก่ กลุ่มไฮโดรคาร์บอนระเหยที่มีธาตุคลอรีนเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ สารเคมีสังเคราะห์ในอุตสาหกรรม สาร chlorinated VOCs นี้มีความเสถียรและสะสมได้นานในสิ่งแวดล้อมมากกว่ากลุ่มแรก (non-chlorinated VOCs) เพราะมีพันธะระหว่างคาร์บอนและธาตุกลุ่มฮาโลเจน ซึ่งทนทานและยากต่อการสลายตัวในธรรมชาติ อันตรายของสารกลุ่มนี้คือ จะรบกวนการทำงานของสารพันธุกรรม ยับยั้งปฏิกิริยาชีวเคมีในเซลล์ มีฤทธิ์ในการก่อมะเร็ง (สถาบันนวัตกรรมและพัฒนากระบวนการเรียนรู้, ม.ป.ป.)

การศึกษาสมรรถภาพปอดและภาวะภูมิไวของหลอดลมในผู้ป่วยโรคหืดในระหว่างที่สัมผัสสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย ในประเทศเดนมาร์ก มีการทดสอบสมรรถภาพปอดโดยวิธี spirometry พบว่า การสัมผัสสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย ระยะเวลา 90 นาที ที่สัมผัสระดับความเข้มข้น 25 mg/m^3 ส่งผลให้ค่า FEV_1 ลดลง มีค่าเท่ากับร้อยละ 90.7 เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน และพบว่าสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย ที่มีภายในบ้านและที่ทำงาน มีผลต่อการลดลงของสมรรถภาพปอด และมีอาการระคายเคืองต่อหลอดลม (Harving et al., 1991, pp. 751-754) และมีการศึกษาการสัมผัสสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายภายในที่พักอาศัยที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหืดในเด็กทางตะวันตกของประเทศออสเตรเลีย โดยใช้แบบสอบถาม standardized questionnaire โดยวัดปริมาณสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย โดยใช้ Charcoal Sorbent Tube พบว่า ในกลุ่มของเด็กที่เป็นโรคหืด จะมีการสัมผัสสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายสูงกว่าเด็กที่ไม่เป็นโรคหืด และการสัมผัสสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย $\geq 60 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ จะเพิ่มความเสี่ยงสูงต่อการเกิดโรคหืดในเด็ก (Rumchev et al., 2004, pp. 746-751)

สรุปการศึกษาที่มีการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของ NO_2 , SO_2 , O_3 , VOCs ในบรรยากาศและผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ ดังแสดงในตารางที่ 1.5

ตารางที่ 1.5 สรุปการศึกษาที่มีการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของ NO₂, SO₂, O₃, VOCs ในบรรยากาศและผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ

References	ผลการวิจัย	
	ปริมาณความเข้มข้น (NO ₂ ; ppm)	ผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ
Belanger et al., 2006, England	0.0259 บ้าน (biomass)	Wheezing (OR 2.27, 95% CI 1.15-4.47), Shortness of breath (OR 2.33, 95% CI 1.12-5.06), Chest tightness (OR 4.34, 95% CI 1.76-10.69)
Garrett, 1998, Australia	0.128 บ้าน (biomass)	พบอาการของระบบทางเดินหายใจ (OR 2.3, 95% CI 1.0-5.2)
Shima, 2000, Japan	0.01 มลพิษ (จราจร)	Asthma (OR 2.1, 95% CI 1.1-4.75), Wheezing (OR 1.76, 95% CI 1.04-3.23)
Studnicka, 1997, Germany	0.006-0.017 (จราจร)	Asthma 1.4-8.5 %
ปริมาณความเข้มข้น (SO₂; ppm)		
Johnson, 2000, Arizona	0.114 ppm อาชีพ (ดับเพลิง)	-
Rabinovitch, 1989, Canada	> 40 อาชีพ (เหมืองแร่)	Severe airway obstruction, hypoxia

ค่ามาตรฐาน NO₂: TLV-TWA (ppm) = 3, EPA (ppm) = 0.08/24 hr

ค่ามาตรฐาน SO₂: TLV-TWA (ppm) = 2, EPA (ppm) = 0.3/24 hr

ตารางที่ 1.5 สรุปการศึกษาที่มีการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของ NO₂, SO₂, O₃, VOCs ในบรรยากาศและผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ (ต่อ)

References	ผลการวิจัย	
	ปริมาณความเข้มข้น (O ₃ ; ppm)	ผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ
Jorres, 1996, Germany	0.25 ไร่ (biomass)	FEV ₁ ลดลง
Korrick, 1998, USA	0.021-0.074 มลพิษ (จราจร)	FEV ₁ ลดลง (OR 2.6, 95 % CI 0.4-4.7), FVC ลดลง (OR 2.2, 95 % CI 0.8-3.5)
Romieu, 1995, Mexico	0.11 มลพิษ (จราจร)	Asthma ร้อยละ 68/วัน
	ปริมาณความเข้มข้น (VOCs; ppm)	
Hellen, 2008, Finland	Trichloromethane 0.00003, O-Xylene 0.00007, Toluene 0.0004 ไร่ (biomass)	-
Rumchev, 2004, Austria	VOCs $\geq 60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ไร่ (biomass)	เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหอบหืด
Lee, 2002, Hong Kong	Trichloromethane 0.00023, O-Xylene 0.00025 Toluene 0.036 (การจราจร)	-

ค่ามาตรฐาน O₃: TLV-TWA (ppm) = 0.1, EPA (ppm) = 0.06/8 hr

ค่ามาตรฐาน VOCs : TLV-TWA (ppm) Trichloromethane 10 , o-Xylene 100 , Toluene 50 , Cyclohexane 300

EPA : Trichloromethane 0.43 $\mu\text{g}/\text{m}^3/24 \text{ hr}$; o-Xylene, Toluene, Cyclohexane ไม่มีค่ามาตรฐานกำหนด

1.2.3.1 การศึกษาที่ใช้อาชีพ/งานที่สัมผัสควันจากการเผาไหม้แต่ไม่มีการวัดสารเคมีหรือก๊าซพิษในบรรยากาศ

การศึกษากลุ่มนี้จะไม่ระบุก๊าซหรือสารพิษชนิดใดและไม่ได้ระบุปริมาณการสัมผัส แต่จะเป็นการศึกษาโดยกำหนดสิ่งสัมผัสแบบเชิงคุณภาพ ได้แก่ อาชีพ การเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลในครัวเรือน และมลพิษทางอากาศที่ส่งผลกระทบต่ออาการและโรกระบบทางเดินหายใจ ดังผลการศึกษาคือต่อไปนี้

การประเมินการสัมผัสฝุ่นควันในบรรยากาศการทำงานของคนงานยางแผ่นรมควันในจังหวัดนครศรีธรรมราช เก็บข้อมูลด้วยแบบสัมภาษณ์อาการของระบบทางเดินหายใจ การตรวจสมรรถภาพปอด และวัดความเข้มข้นของฝุ่นควันที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้ (respirable dust) โดยเก็บตัวอย่างอากาศที่ระดับการหายใจของคนงาน (personal sampling) และเก็บตัวอย่างอากาศที่พื้นที่การทำงาน (area sampling) ผลการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของฝุ่นควันรวมในแผนกยางแผ่นรมควันมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $0.36 \pm 0.15 \text{ mg/m}^3$ ความเข้มข้นของฝุ่นควันที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $0.33 \pm 0.16 \text{ mg/m}^3$ กลุ่มตัวอย่าง มีผลการตรวจสมรรถภาพปอดที่ผิดปกติ ร้อยละ 23.5 โดยเป็นแบบ restriction ร้อยละ 21.4 และแบบ obstruction ร้อยละ 2.1 พบอาการไอ มากที่สุด ร้อยละ 68.9 และรองลงมาได้แก่ อาการแน่นหน้าอก หายใจไม่สะดวก ร้อยละ 67.3 หายใจมีเสียงวี๊ด ร้อยละ 41.3 และคัดจมูก ร้อยละ 36.2 ส่วนผลการตรวจสมรรถภาพปอดที่ผิดปกติพบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่นควันที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ ซึ่งผลการศึกษาเสนอแนะว่า ความผิดปกติของสมรรถภาพปอดในคนงานยางแผ่นรมควัน อาจเกิดจากสารเคมีอื่นในบรรยากาศการทำงานนอกเหนือจากฝุ่นควันที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้ (อารี ควเรนตร, 2547, หน้า 1-76) รวมถึงผลกระทบระยะสั้นของระบบทางเดินหายใจจากควันไม้ของคนงานผลิตถ่านเผา ในเมือง Perama, Rethymon, Crete โดยใช้แบบสอบถาม British Medical Research Council respiratory questionnaire และการทดสอบสมรรถภาพปอด ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มคนงานผลิตถ่านเผา ก่อนมีการสัมผัสควันพบอาการไอ (OR 4.8, 95% CI 1.2-19.7) ไอมีเสมหะ (OR 6.0, 95% CI 1.4-26.5) หายใจมีเสียงวี๊ด (OR 7.7, 95% CI 1.4-41.5) หายใจลำบาก (OR 28.7, 95% CI 5.4-153) และการไอเป็นเลือด (OR 2.7, 95% CI 0.7-55) มากกว่ากลุ่มเกษตรกร และพบค่าความชุกของอาการระบบทางเดินหายใจของคนงานผลิตถ่านเผา ระหว่างปฏิบัติงาน เกิดกลุ่มอาการทางเดินหายใจเพิ่มขึ้น ได้แก่ การไอ (OR 5.4, 95% CI 1.1-17.7) ไอมีเสมหะ (OR 5.7, 95% CI 1.0-31) หายใจมีเสียงวี๊ด (OR 9.8, 95% CI 1.0-88) และหายใจลำบาก (OR 36.7, 95% CI 1.0-327) และจากการทดสอบสมรรถภาพปอดโดยวิธี spirometry พบว่าค่า mean±SD ของค่า (FVC, FEV₁, FEV₁/FVC และ FEF_{25-75%}) ของกลุ่มคนงานผลิตถ่านเผาระหว่าง

ปฏิบัติงาน (101 ± 11.9 , 97 ± 15 , 78 ± 8 และ 80 ± 25 ตามลำดับ) มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนปฏิบัติงาน (106 ± 10.8 , 104 ± 16 , 81 ± 9 และ 95 ± 27 ตามลำดับ) (Tzanakis et al., 2001, pp. 1260-1265)

รวมถึง การศึกษาอาการทางเดินหายใจของคณงานรายทางมะตอย ในออสโล เมืองหลวงของประเทศนอร์เวย์ โดยใช้แบบสอบถามเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจที่ดัดแปลงมาจากประเทศนอร์เวย์ และมีการทดสอบสมรรถภาพปอดโดยวิธี spirometry ผลการศึกษาพบว่า ค่า $\%FEV_1/FVC$ ในกลุ่มคณงานรายทางมะตอย 78.1% (SD 7.2) ต่ำกว่ากลุ่มคณงานก่อสร้าง 80.0% (SD 7.0) และพบว่า กลุ่มคณงานรายทางมะตอยจะมีอาการ แน่นหน้าอก (OR 2.8, 95% CI 1.3-5.9) หายใจสั้น (OR 4.1, 95% CI 1.3-13.0) หายใจมีเสียงวี๊ด (OR 2.6, 95% CI 1.4-4.9) เป็นโรคหืด (OR 7.9, 95% CI 2.3-26.8) และโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (OR 2.8, 95% CI 1.2-6.5) สรุปผลการศึกษาพบว่า คณงานรายทางมะตอยมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคและกลุ่มอาการของระบบทางเดินหายใจเพิ่มขึ้น มีสมรรถภาพปอดลดลง และมีอัตราการเกิดโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง สูงกว่ากลุ่มคณงานก่อสร้าง (Randem, Ulvestad, Burstyn, & Kongerud, 2004, pp. 367-369) และพบโรคหลอดลมอักเสบ โรคหืด โรคถุงลมโป่งพอง ในคณงานรายทางมะตอย (Hansen, 1991, pp. 20-24) นอกจากนี้ยังมีอาการเจ็บคอจากการไอ ร้อยละ 4.5 และส่งผลกระทบต่อการทำงานของสมรรถภาพปอด (Hamada, Kowalski, Murata, Matsushita, & Matsuki, 1992, pp. 145-153)

การประกอบอาชีพพนักงานดับเพลิง ก็เป็นอีกอาชีพที่ต้องมีการสัมผัสควันจากการเผาไหม้ โดยจากหลายการศึกษาที่ผ่านมาของการประกอบอาชีพพนักงานดับเพลิง พบว่ามีความเสี่ยงต่อการเกิดกลุ่มอาการระบบทางเดินหายใจและมีผลต่อการลดลงของสมรรถภาพปอด ดังการศึกษาต่อไปนี้

จากการศึกษาผลกระทบระยะสั้นของการสัมผัสควันกับสมรรถภาพปอดของพนักงานดับเพลิงในเมืองพิทซ์เบิร์ก รัฐเพนซิลเวเนีย ผลการศึกษาพบว่า พนักงานดับเพลิง เกิดกลุ่มอาการระบบทางเดินหายใจ เช่น หายใจสั้นลง หายใจมีเสียงวี๊ด มีอาการไอ เกิดอาการระคายเคืองจมูกและคอ ซึ่งพบค่า FEV_1 ค่า $FEF_{25-75\%}$ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Large et al., 1990, pp. 806-809) และการศึกษา อันตรายต่อสุขภาพแบบเฉียบพลันของพนักงานดับเพลิงหลังปฏิบัติหน้าที่ดับเพลิงไหม้ห้างสรรพสินค้า เมืองไทเป ประเทศไต้หวัน พบค่า FEV_1 , FEV_1/FVC และ MMF, $FEF_{25-75\%}$ ลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (Gu et al., 1996, pp. 13-23) รวมถึงจากผลกระทบจากการสูดดมควันที่มีผลต่อสมรรถภาพปอดและการตอบสนองต่อระบบทางเดินหายใจในพนักงานดับเพลิง เมืองวินแลนด์ ก่อนและหลังขณะปฏิบัติหน้าที่ พบว่า มีการเพิ่มขึ้นของระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง และการลดลงของสมรรถภาพปอดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนและหลังปฏิบัติหน้าที่ (Liu, Tager, Balmes, & Harrison, 1992, pp. 1469-1473) ตลอดจนศึกษาสมรรถภาพปอดและอาการของระบบ

ทางเดินหายใจของพนักงานดับไฟป่า เมืองวอลซ์ซิงตัน ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า ช่วงเวลา ก่อนปฏิบัติงานถึงช่วงระหว่างปฏิบัติงานมีค่า FVC, FEV₁ และ FEF_{25-75%} ลดลง เท่ากับ 0.089 L, 0.190 L และ 0.439 I/sec ตามลำดับ และช่วงเวลาก่อนปฏิบัติงานถึงหลังปฏิบัติงานมีค่า FVC, FEV₁ และ FEF_{25-75%} ลดลง เท่ากับ 0.033 L, 0.104 L, 0.275 I/sec สรุปได้ว่าระยะเวลาของการสัมผัสควัน มีผลต่อการลดลงของสมรรถภาพปอด (Betchley et al., 1997, pp. 503-509) และการสูดดมควันของ พนักงานดับเพลิง ผลการศึกษาพบว่า ค่า FVC ลดลง เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน และค่า FVC และ FEV₁ ลดลง เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม สรุปผลการศึกษา การสัมผัสควันของพนักงานดับเพลิง มีความสัมพันธ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการเกิด โรคปอด (Unger et al., 1980, pp. 838-842)

การศึกษาผลกระทบของภาวะมลพิษทางอากาศภายในอาคารบ้านเรือนจากการใช้ เตาถ่านไม้ในพื้นที่ชนบททางตอนใต้ของบราซิล ในช่วงฤดูหนาว ปี 1991 พบปริมาณของ PAHs ภายในอาคารบ้านเรือนที่มีการทำอาหารโดยใช้เตาถ่านไม้สูงกว่าภายในอาคารบ้านเรือนที่ใช้เตา แก๊สในการทำอาหาร ซึ่งพบว่าการใช้ถ่านไม้ในการทำอาหารเป็นปัจจัยเสี่ยงของการเกิดมะเร็งบริเวณ ทางเดินอาหารส่วนต้น และมะเร็งบริเวณทางเดินหายใจ (Hamada et al., 1992, pp. 145-153)

รวมถึงการศึกษาการใช้ก๊าซหุงต้มภายในอาคารบ้านเรือน ในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า เพศหญิงที่มีการใช้ก๊าซหุงต้มภายในที่อาคารบ้านเรือน มีการเพิ่มขึ้นของอาการหายใจมีเสียงวี๊ด (OR 2.07, 95% CI 1.41-3.05) หายใจสั้นลง (OR 2.32, 95% CI 1.25-4.34) อาการหอบหืด (OR 2.60, 95% CI 1.20-5.65) และมีการลดลงของสมรรถภาพปอด (Jarvis, Chinn, Luczynska, & Burney, 1997, pp. 58-62) และผลกระทบของมลพิษในอาคารจากการเผาไหม้โดยใช้เชื้อเพลิงชนิด biomass กับความชุกของโรคหอบหืดในผู้สูงวัย พบผู้สูงวัยทั้งเพศชายและเพศหญิงที่อาศัยอยู่ในบ้านที่มีการ ใช้เชื้อเพลิงชนิด biomass พบความเสี่ยงของโรคหืดเพิ่มขึ้นมากกว่าบ้านที่ใช้เชื้อเพลิงชนิด cleaner (OR 1.59, 95% CI 1.30-1.94) (Mishra, 2003, pp. 71-77) จากการศึกษาความชุกของอาการของ โรคหืดในผู้หญิงกลุ่มเสี่ยงที่ใช้เชื้อเพลิงชนิด biomass ในเมืองแวน ประเทศตุรกี โดยใช้แบบสอบถาม ของ European Community Respiratory Health Survey และ British Medical Research Council questionnaire ผลการศึกษาพบว่า ผู้หญิงที่ใช้เชื้อเพลิงชนิด biomass มีอาการของโรคหืด ร้อยละ 63.3 ผู้หญิงที่ไม่ใช้ เชื้อเพลิงชนิด biomass มีอาการของโรคหืด ร้อยละ 12.9 และพบว่าผู้หญิงที่ใช้เชื้อเพลิงชนิด biomass เป็น โรคหืด ร้อยละ 3.3 ผู้หญิงที่ไม่ใช้เชื้อเพลิงชนิด biomass เป็น โรคหืด ร้อยละ 2.7 ผลการศึกษา สรุปว่า โรคหืดมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผู้หญิงกลุ่มเสี่ยงที่ใช้เชื้อเพลิงชนิด biomass (Uzun et al., 2003, pp. 13-17) และการศึกษามลพิษทางอากาศภายในอาคารบ้านเรือน จากการเผาไหม้ เชื้อเพลิงทำให้เกิดการเจ็บป่วยจากโรคทางเดินหายใจแบบเฉียบพลันในเด็กก่อนประถมวัยใน สาธารณรัฐซิม บับเว อยู่ทางตอนใต้ของแอฟริกา ผลการศึกษาพบว่า เด็กที่อาศัยอยู่ในครอบครัวที่

ใช้ high pollution fuel เป็นโรค Acute Respiratory infection: ARI มากกว่าเด็กที่อาศัยในครอบครัวที่ใช้เชื้อเพลิง low pollution fuel (OR 1.95, 95% CI 1.40-2.17) และเด็กที่อาศัยอยู่ในครอบครัวที่ใช้ medium pollution fuel จะมีภาวะการณ้เกิดโรค Acute Respiratory infection: ARI มากกว่าเด็กที่อาศัยในครอบครัวที่ใช้เชื้อเพลิง low pollution fuel (OR 2.13, 95% CI 1.45-3.12) สรุปผลการศึกษาพบว่า ครอบครัวที่ใช้เชื้อเพลิง biomass ในการปรุงอาหารทำให้เด็กก่อนประถมวัยในครอบครัวเกิดภาวะการณ้เจ็บป่วยจากโรคทางเดินหายใจชนิดรุนแรง (Mishra, 2003) รวมถึงการสัมผัสควันไม้และความเสี่ยงของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในผู้หญิงที่เข้ารับการรักษาที่โรงพยาบาล del Mar เมืองบาร์เซโลนา ประเทศสเปน ระหว่างปี 2001-2003 โดยใช้แบบสอบถามของ American Thoracic Society questionnaire ผลการศึกษาพบว่า การสัมผัสควันไม้และถ่านเผา (OR 4.5, 95% CI 1.4-14.2) ทั้งในฤดูร้อนและฤดูหนาว เพิ่มความเสี่ยงของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (Orozco et al., 2006, pp. 542-546)

นอกจากนี้การศึกษาของจรรยาทางบกกับผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจของเด็ก ในเมืองมิวนิค ประเทศเยอรมนี พบว่า การเพิ่มขึ้นของอัตราการจรรยาทางบกในแต่ละวัน มีความสัมพันธ์กับการลดลงของ ค่า Peak expiratory flow rate: PEFR (OR 0.71, 95% CI 1.08-0.33) ค่า Maximal expiratory flow: MEF (OR 0.68, 95% CI 1.11-0.25) และการเพิ่มขึ้นของอาการระบบทางเดินหายใจ ได้แก่ หายใจมีเสียงวี๊ด (OR 1.08, 95% CI 1.01-1.16) อาการหายใจลำบาก (OR 1.10, 95% CI 1.00-1.20) สรุปผลการศึกษา พบว่า อัตราการเพิ่มขึ้นของการจรรยาทางบกทำให้สมรรถภาพปอดลดลง และอาการของระบบทางเดินหายใจในเด็กเพิ่มขึ้น (Wjst et al., 1993, pp. 596-600)

สรุปการศึกษาที่ใช้อาชีพงาน ที่สัมผัสควันจากการเผาไหม้แต่ไม่มีการวัดสารเคมีในบรรยากาศและผลกระทบต่ออาการและโรคระบบทางเดินหายใจ ดังแสดงในตารางที่ 1.6 และตารางที่ 1.7 ตามลำดับ

ตารางที่ 1.6 สรุปการศึกษาที่ใช้อาชีพ/งานที่สัมพันธ์กับวันจากการเผาไหม้แต่ไม่มีการวัดสารเคมีในบรรยากาศและผลกระทบต่ออาการระบบทางเดินหายใจ

References	การเผาไหม้ เชื้อเพลิง	คำถามที่ใช้ในงานวิจัย	อาการระบบทางเดินหายใจ (%)					
			ไอ	ไอมีเสมหะ	มีเสมหะ	แน่นหน้าอก	หายใจมีเสียงวี๊ด	คัดจมูกน้ำมูกไหล
อารี, 2004, ไทย	อาชีพ (โรงรมยาง)	1) มีอาการ ≥ 3 เดือนใช่หรือไม่	68.9			67.3	41.3	36.2
Tzanakis, 2000, Crete	อาชีพ (เผาถ่าน)	1) มีอาการขณะทำงานใช่หรือไม่	50	36			32	
Uzun, 2003, Turkey	บ้าน (biomass)	1) หายใจมีเสียงวี๊ด และ 2) ร่วมกับ อาการหายใจติดขัด					63.0	
Shrestha, 2005, Nepal	บ้าน (biomass)	-	37.6	18.4	24	32.8	28.8	
Regalado, 2005, Mexican	บ้าน (biomass)	1) มีอาการมากใน 1 วันใช่หรือไม่					46.1	
Siddiqui, 2005, Nepal	บ้าน (biomass)	1) เมื่อ 2 สัปดาห์ เคยมีอาการใช่ หรือไม่		42.1				73.7
Ellegard, 1996, Maputo	บ้าน (biomass)	1) ปัจจุบันมีอาการใช่หรือไม่	51	35			17	

ตารางที่ 1.7 สรุปการศึกษาที่ใช้อาชีพ งานที่สัมผัสควันจากการเผาไหม้แต่ไม่มีการวัดสารเคมีในบรรยากาศและผลกระทบต่อโรกระบบทางเดินหายใจ

References	การเผาไหม้ เชื้อเพลิง	เกณฑ์การวินิจฉัย	โรกระบบทางเดินหายใจ (%)			
			หลอดลม อักเสบเรื้อรัง	ถุงลม โป่งพอง	หืด	MMI
Kachel, 2003, Poland	ฝุ่น พุ่ม แก๊ส (การทำงาน)	1) ไอมีเสมหะอย่างน้อย 3 เดือน และ 2) ติดต่อย่างน้อย 2 ปี	12.3	-	-	-
Albalak, 1999, Atlanta	บ้าน (biomass)	1) ไอมีเสมหะอย่างน้อย 3 เดือน และ 2) ติดต่อย่างน้อย 2 ปี และ 3) ไอมี เสมหะตอนเช้า/กลางคืน หรือ 4) ทั้ง ข้อ 1), 2),3)	22	-	-	-
Pandy, 1984, Nepal	บ้าน (biomass)	1) ไอมีเสมหะอย่างน้อย 3 เดือน และ 2) ติดต่อย่างน้อย 2 ปี	18.3	-	-	-
Akhtar, 2007, Pakistan	บ้าน (biomass)	1) ไอมีเสมหะอย่างน้อย 3 เดือน และ 2) ติดต่อย่างน้อย 2 ปี	7.01	-	-	-
Regalado, 2005, Mexican	บ้าน (biomass)	1) วินิจฉัยโดยแพทย์	-	-	4.9	-
Uzun, 2003, Turkey	บ้าน (biomass)	1) วินิจฉัยโดยแพทย์	-	-	3.3	-

1.2.4 ค่ามาตรฐานของสารเคมี

ตารางที่ 1.8 ค่ามาตรฐานของสารเคมี

ชื่อสาร	TLV - TWA	EPA (ppm)
1. Nitrogen dioxide	3 ppm	0.08/24 hr
2. Sulfur dioxide	2 ppm	0.3/24 hr
3. Ozone	0.1 ppm	0.06/8 hr
4. volatile organic compound		
4.1 Trichloromethane	10 ppm	0.43 $\mu\text{g}/\text{m}^3/24 \text{ hr}$
4.2 o-Xylene	100 ppm	-
4.3 Toluene	50 ppm	-
4.4 Cyclohexane	300 ppm	-
5. Polycyclic Aromatic Hydrocarbon		
5.1 Acenaphthene	-	-
5.2 Acenaphthylene	-	-
5.3 Anthracene	0.2 mg/m^3	-
5.4 Benz (a) anthracene	-	-
5.5 Benzo (b) fluoranthene	-	-
5.6 Benzo (k) fluoranthene	-	-
5.7 Benzo (ghi) perlyene	-	-
5.8 Benzo (a) pyrene	0.2 mg/m^3	-
5.9 Benzo (e) pyrene	-	-
5.10 Chrysene	0.2 mg/m^3	-
5.11 Dibenz (a,h) anthracene	-	-
5.12 Fluoranthene	-	-
5.13 Fluorene	-	-
5.14 Indeno (1,2,3cd) Pyrene	-	-
5.15 Naphthalene	10 ppm	-
5.16 Phenanthrene	0.2 mg/m^3	-
5.17 Pyrene	0.2 mg/m^3	-

ที่มา: NIOSH, 1994; NIOSH, 1998; NIOSH, 2003; NIOSH, 2005; กรมควบคุมมลพิษ, 2550

- ไม่มีค่ามาตรฐานกำหนด

1.2.5 การเก็บตัวอย่างอากาศ

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีการเก็บตัวอย่างอากาศสารที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีของควันไม้ ได้แก่ Polycyclic aromatic hydrocarbons, Nitrogen dioxides, Sulfur dioxides, Ozone และ Volatile organic compounds โดยเป็นการเก็บตัวอย่างแบบ Active Sampling, Passive Sampling และแบบ Direct Reading โดยวิธีการเก็บตัวอย่างมีหลักการทำงาน ดังนี้

การเก็บตัวอย่างอากาศด้วยวิธี Active Sampling โดยในกระบวนการเก็บตัวอย่างอากาศจะต้องมีการดึงอากาศเข้ามาด้วยเครื่องกล คือ บั๊มดูดอากาศ เพื่อให้อากาศที่มีพิษเข้ามาผสมหรือถูกจับไว้ด้วย sorbent tube, impinger ซึ่งมีตัวกลางบรรจุอยู่ และ treated filter

บั๊มเก็บตัวอย่างอากาศ (air sampling pump) ทำหน้าที่ดึงอากาศปริมาตรที่คงที่เข้ามา โดยมีอัตราการไหลอากาศคงที่ เปลี่ยนแปลงได้ ± 5 cc ใช้แบตเตอรี่ขนาดเล็ก น้ำหนักเบา (น้อยกว่า 2 ปอนด์) สามารถพกพาที่ตัวบุคคลและเก็บตัวอย่างแบบพื้นที่ได้ บั๊มที่คิดควรเดินเครื่องได้นานติดต่อกันอย่างน้อย 8 ชั่วโมง

การศึกษาระดับความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศพื้นที่ที่ทำการศึกษาคือ Ramsis, Haram เมืองไคโร นครหลวงของประเทศอียิปต์ และ Menofiya province (Kafr El-Akram) ในเขตพื้นที่ชนบท โดยใช้เครื่องมือ activated charcoal tubes ในการตรวจวัดระดับความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย ในระหว่างเดือนมิถุนายน-เดือนสิงหาคม 2004 ผลการศึกษา พบว่า ในเมือง Ramsis, Haram และพื้นที่ชนบท Kafr El-Akram มีอัตราส่วนความเข้มข้นของ benzene: toluene: ethylbenzene: xylenes เท่ากับ (2.01:4.94:1:4.95), (2.03:4.91:1:4.87) และ (2.31:2.98:1:2.59) ตามลำดับ ในเมือง Ramsis, Haram และพื้นที่ชนบท Kafr El-Akram มีค่าเฉลี่ยอัตราส่วนความเข้มข้นของปริมาณ [toluene/benzene: (m, p)-xylene/benzene: o-xylene/ benzene] เท่ากับ [2.45:1.61: 0.859], [2.42:1.61:0.78] และ [1.29: 0.71:0.41] ตามลำดับ ในพื้นที่ชนบท Kafr El-Akram พบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนความเข้มข้นของ toluene/benzene, (m, p)-xylene/benzene และ o-xylene/benzene ต่ำกว่าในเมือง Ramsis, Haram และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Khoder, 2006, pp. 554-566)

จากการศึกษาการประเมินการสัมผัสสาร Polycyclic aromatic hydrocarbons: PAHs ในผู้ใหญ่ที่ไม่สูบบุหรี่ในเมืองหลวงของประเทศฝรั่งเศส ที่มีการสัมผัสฝุ่นภายในที่พักอาศัย และภายในสถานที่ทำงาน และระหว่างเดินทางจากที่พักอาศัยไปสถานที่ทำงาน รวมถึงกิจกรรมอื่นที่ไม่ได้เกิดจากเผาไหม้ของการประกอบอาชีพ โดยมีการศึกษาในช่วงฤดูร้อนและช่วงฤดูหนาว โดยเก็บตัวอย่างอากาศด้วยวิธี Active Sampling และวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง high performance liquid chromatography: HPLC กับ fluorimetric จากการศึกษาพบว่าการสัมผัส PAHs เฉลี่ยตลอดทั้งปีอยู่

ระหว่าง $0.13-1.67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และพบค่าเฉลี่ยของปริมาณ benzo (a) pyrene เท่ากับ $0.67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Zmirou et al., 2000)

การเก็บตัวอย่างอากาศด้วยวิธี Passive Sampling เป็นการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อหาปริมาณของก๊าซ และ ไอ แบบใช้กระดาษกรองจุ่มสารละลาย และแถบผงถ่านปลุกฤทธิ์กัมมันต์ และไม่ต้องใช้เครื่องมือดูดอากาศ โดยการทำงานของเครื่องมือชนิดนี้ใช้หลักการแพร่ของสาร (diffusion) ซึ่งอุปกรณ์ที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีชื่อเรียกโดยทั่วไป อยู่ 2 ประเภท คือ Permeation passive sampler หรือ Gas Badge passive sampler ซึ่งหลักการโดยทั่วไปของทั้งสองประเภทนี้คือ การใช้กระดาษกรองจุ่มสารละลายที่ทราบค่าที่สามารถทำปฏิกิริยากับมลพิษทางอากาศพวกก๊าซและไอ หรือการใช้ผงถ่านปลุกฤทธิ์กัมมันต์บรรจุในตลับเปิด ซึ่งจะทำให้ผิวหน้าของผงถ่านสัมผัสกับมลพิษทางอากาศที่เป็นก๊าซและไอได้ จากนั้นจะส่งทำการวิเคราะห์ก๊าซที่ถูกดูดซับในกระดาษกรองหรือแถบผงถ่านในห้องปฏิบัติการต่อไป

จากการตรวจวัดปริมาณ NO_2 ภายใน และภายนอกอาคารบ้านเรือนของเขตเมืองกรุงเทพมหานคร เขตชานเมือง และเขตจังหวัดนครราชสีมา โดยใช้เครื่องมือ Passive Sampler ในการวัดปริมาณ NO_2 ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณ NO_2 เฉลี่ยในเขตเมืองกรุงเทพมหานคร ทั้งภายในและภายนอกอาคารบ้านเรือนมีปริมาณ NO_2 มากที่สุด โดยภายในอาคารบ้านเรือนมีค่าเฉลี่ย 80.9 ± 38.1 ppb ภายนอกอาคารบ้านเรือน มีค่าเฉลี่ย 98.8 ± 44.9 ppb รองลงมาคือ เขตชานเมืองกรุงเทพมหานคร พบปริมาณ NO_2 ภายในอาคารบ้านเรือนมีค่าเฉลี่ย 59.4 ± 36.7 ppb ภายนอกอาคารบ้านเรือนมีค่าเฉลี่ย 75.2 ± 64.6 ppb และน้อยที่สุดคือ เขตจังหวัดนครราชสีมา พบปริมาณ NO_2 ภายในอาคารบ้านเรือนมีค่าเฉลี่ย 26.8 ± 17.9 ppb และภายนอกอาคารบ้านเรือน มีค่าเฉลี่ย 21.0 ± 5.8 ppb (วนิดา ทรัพย์สุข และคนอื่น ๆ, 2548) และจากการศึกษา ผลกระทบของไนโตรเจนไดออกไซด์ทั้งภายในและภายนอกอาคารบ้านเรือนต่ออาการของระบบทางเดินหายใจในเด็กนักเรียน ประเทศญี่ปุ่น โดยใช้แบบสอบถามอาการระบบทางเดินหายใจที่ดัดแปลงมาจากแบบสอบถามของสมาคมโรคทรวงอกของสหรัฐอเมริกา เก็บตัวอย่างไนโตรเจนไดออกไซด์โดยใช้ Passive sampler ตรวจวัดระดับความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ ผลการศึกษา พบว่า อาคารบ้านเรือนที่ไม่มีการระบายความร้อนจะมีค่าเฉลี่ยระดับความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์สูงกว่า (mean: 32.4 ppb, range: $4.7-73.7$ ppb) อาคารบ้านเรือนที่มีการระบายความร้อน (mean: 18.4 ppb, range: $3.5-49.2$ ppb) (Son, Yang, Breyse, Chung, & Lee, 2004, pp. 291-296)

การประเมินการสัมผัส nitrogen dioxide: NO₂ ในคนขับรถแท็กซี่ในเมือง Asan และเมือง Chunan ของประเทศเกาหลี โดยใช้ passive samplers ในการตรวจวัด NO₂ ผลการศึกษา พบว่ามีปริมาณความเข้มข้นของ NO₂ ภายในอาคารบ้านเรือนอาศัยเท่ากับ 24.7±10.7 ppb และภายนอกอาคารบ้านเรือนเท่ากับ 23.3±8.3 ppb ภายในรถแท็กซี่เท่ากับ 27.4±11 ppb และที่ตัวบุคคลเท่ากับ 30.3±9.7 ppb และพบปริมาณความเข้มข้นของการสัมผัส NO₂ ที่ตัวบุคคลมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณความเข้มข้นของ NO₂ ภายในรถแท็กซี่ (r = 0.89) นอกจากนี้พบว่าปริมาณการสัมผัส NO₂ มีค่าเท่ากับ 26.3±1.3 ppb ของคนขับรถแท็กซี่ที่ใช้ LPG-fueled ต่ำกว่าคนขับรถแท็กซี่ที่ใช้ diesel-fueled มีค่าเท่ากับ 38.1±1.3 ppb (Monn et al., 1998, pp. 243-251) และการประเมินการสัมผัส NO₂ ในประเทศสวีเดนแลนด์ โดยใช้ passive samplers ในการตรวจวัด NO₂ ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มข้นของการสัมผัส NO₂ ที่ตัวบุคคลเท่ากับ 27 µg/m³ ค่าเฉลี่ยของปริมาณความเข้มข้นของ NO₂ ภายในอาคารบ้านเรือนเท่ากับ 21 µg/m³ และภายนอกที่พักอาศัยเท่ากับ 31 µg/m³ ซึ่งพบว่าปริมาณความเข้มข้นของ NO₂ ภายในอาคารบ้านเรือนกับภายนอกอาคารบ้านเรือนมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (R² = 0.3734) รวมถึงปริมาณความเข้มข้นของการสัมผัส NO₂ ที่ตัวบุคคลมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณความเข้มข้นของ NO₂ ภายในอาคารบ้านเรือน (R² = 0.5149) และภายนอกอาคารบ้านเรือน (R² = 0.3307) (Shima & Adachi, 2000, pp. 862-870)

นอกจากนี้ มีการตรวจวัดปริมาณของ NO₂ และ SO₂ ในพื้นที่ชนบทและพื้นที่เขตเมืองของโปแลนด์ โดยใช้ passive sampling ในระหว่างเดือน พฤษภาคม 1993-เดือนเมษายน 1994 เป็นระยะเวลา 1 ปี โดยใช้ spectrophotometrically ในการวิเคราะห์ NO₂ และใช้ ion chromatography ในการวิเคราะห์ SO₂ ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มข้น ของ NO₂ และ SO₂ ขึ้นอยู่กับฤดูกาล โดยความเข้มข้นของ NO₂ ในฤดูร้อน (เดือนกรกฎาคม) ต่ำสุด เท่ากับ 8 µg/m³ ส่วนในฤดูหนาว (เดือนพฤศจิกายน) ความเข้มข้นของ NO₂ สูงสุด เท่ากับ 30 µg/m³ ส่วนความเข้มข้นของ SO₂ ในฤดูร้อน (เดือนพฤษภาคม) ต่ำสุด เท่ากับ 4 µg/m³ ส่วนในฤดูหนาว (เดือนกุมภาพันธ์) ความเข้มข้นของ SO₂ สูงสุด เท่ากับ 42 µg/m³ โดยพบปริมาณความเข้มข้นของ SO₂ เพิ่มขึ้นถึง 10 เท่า (Krochmal & Kalina, 1997, pp. 401-407)

การเก็บตัวอย่างอากาศด้วยวิธี Direct Reading หรือเครื่องมือตรวจวัดที่สามารถอ่านค่าได้โดยตรงมีหลักการ คือ เครื่องมือจะทำการดูดอากาศในบริเวณที่ต้องการตรวจวัด เข้าสู่ส่วนวิเคราะห์ภายในเครื่อง (chamber) และทำการวิเคราะห์โดยใช้แสงอินฟราเรดในการตรวจวัด และแปรผลปริมาณความเข้มข้นของก๊าซ และไอ โดยแสดงค่าออกมาเป็นตัวเลขมีหน่วยเป็น ส่วนในล้านส่วน (ppm) (โยธิน ต้นธรรสกุล, 2534, หน้า 249-324)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราความชุกของอาการและโรกระบบทางเดินหายใจ และสมรรถภาพปอดที่ผิดปกติ ในคนงานยางแผ่นรมควัน เปรียบเทียบกับเกษตรกรชาวสวนยางพาราในจังหวัดสงขลา
2. เพื่อศึกษาปริมาณความเข้มข้นของสารประกอบโพลีไซคลิกอะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic aromatic hydrocarbons) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogen dioxides) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxides) โอโซน (Ozone) และสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds) ในบรรยากาศการทำงานของคนงานยางแผ่นรมควัน

คำถามการวิจัย

1. อัตราความชุกของอาการและโรกระบบทางเดินหายใจในคนงานยางแผ่นรมควัน เปรียบเทียบกับเกษตรกรชาวสวนยางพารามีความแตกต่างกันหรือไม่
2. อัตราความชุกของสมรรถภาพปอดที่ผิดปกติ ในคนงานยางแผ่นรมควัน เปรียบเทียบกับเกษตรกรชาวสวนยางพารามีปริมาณเท่าใด
3. ปริมาณความเข้มข้นของสารประกอบโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic aromatic hydrocarbons) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogen dioxides) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxides) โอโซน (Ozone) และสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds) ในบรรยากาศการทำงานของคนงานยางแผ่นรมควัน มีปริมาณเท่าใด

สมมติฐานการวิจัย

1. อาการของระบบทางเดินหายใจ และอัตราความชุกของสมรรถภาพปอดที่ผิดปกติ ในคนงานยางแผ่นรมควัน เปรียบเทียบกับเกษตรกรชาวสวนยางพารามีความแตกต่างกัน
2. บรรยากาศการทำงานของคนงานยางแผ่นรมควันมีสารประกอบโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic aromatic hydrocarbons) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogen dioxides) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxides) โอโซน (Ozone) สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถประเมินความเสี่ยงทางด้านสุขภาพ สมรรถภาพการทำงานของปอดและอาการทางระบบทางเดินหายใจของพนักงานยางแผ่นรมควัน
2. เพื่อใช้ในการวางแผนการจัดการสิ่งแวดล้อมในการทำงานของพนักงานในโรงงานยางแผ่นรมควันและจัดบริการด้านอาชีวอนามัยให้ครอบคลุมทั้งด้านการส่งเสริมและการป้องกันต่อไป

ขอบเขตการวิจัย

เพื่อศึกษาอัตราความชุกของอาการและโรกระบบทางเดินหายใจ และสมรรถภาพปอดที่ผิดปกติในพนักงานยางแผ่นรมควัน เปรียบเทียบกับเกษตรกรชาวสวนยางพาราในจังหวัดสงขลา จำนวนกลุ่มตัวอย่างละ 143 คน ขนาดตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม รวมทั้งสิ้น 286 คน และศึกษาปริมาณความเข้มข้นของสารประกอบโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic aromatic hydrocarbons) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogen dioxides) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxides) โอโซน (Ozone) และสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds) ในบรรยากาศการทำงานของพนักงานโรงงานยางแผ่นรมควัน

นิยามศัพท์

ยางแผ่นรมควัน คือ ยางแผ่นดิบที่ผ่านกระบวนการรมควันในโรงรมยางประมาณ 4-10 วัน
 คนงานรมควันยางแผ่น หมายถึง ลูกจ้างที่ปฏิบัติงานบริเวณที่สัมผัสสารเคมีจากฝุ่นควัน
 โรงงานยางแผ่นรมควัน คือ โรงงานที่ผลิตยางแผ่นรมควันจากยางแผ่นดิบ
 เกษตรกรชาวสวนยางพารา คือ ผู้ที่มีขั้นตอนการกรีดยาง เก็บน้ำยาง ผลิตยางแผ่น หรือ ขายน้ำยาง ใดๆอย่างหนึ่ง หรือทั้งหมดรวมกัน ซึ่งทำงานมาเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 ปี

บทที่ 2

ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 การออกแบบการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนา แบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional study)

2.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

2.2.1 ประชากรศึกษา

ประชากรที่ทำการศึกษา แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

2.2.1.1 กลุ่มศึกษา คือ คนงานยางแผ่นรมควันในโรงงานผลิตยางแผ่นรมควัน จังหวัดสงขลา ที่ทำงานมาเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 ปี

2.2.1.2 กลุ่มควบคุม คือ เกษตรกรชาวสวนยางพารา ได้แก่ ผู้ที่มีขั้นตอนการกรีดยาง เก็บน้ำยาง ผลิตยางแผ่น หรือ ขายน้ำยาง ใดๆอย่างหนึ่ง หรือทั้งหมดรวมกัน ที่ทำงานมาเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 ปี ที่อาศัยอยู่ในอำเภอบางกล่ำ และอำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา (ซึ่งเป็นอำเภอในโรงงานที่ไปดำเนินการเก็บข้อมูล)

2.3 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

2.3.1 การเก็บข้อมูลแบบสัมภาษณ์ และตรวจสอบสมรรถภาพปอด

คำนวณขนาดตัวอย่างโดยใช้สูตร ดังนี้

คำนวณขนาดตัวอย่างโดยใช้สูตร (Glenn, 2006, pp. 1-6)

ดังนี้

$$\text{จากสูตร } n_0 = \frac{z^2 pq}{e^2}$$

เมื่อ n = ขนาดตัวอย่าง

z = ค่าที่ได้จากการแจกแจงปกติที่ระดับเชื่อมั่นที่กำหนด ในการวิจัยนี้ คือ 0.05 มี

ค่าเท่ากับ 1.96

p = สัดส่วนของแรงงานยางแผ่นรมควันที่มีสมรรถภาพปอดผิดปกติ ในที่นี้
กำหนดให้ใช้ $p = 0.24$ ซึ่งเป็นค่าความผิดปกติของสมรรถภาพปอดในแรงงาน
ยางแผ่นรมควัน (อารี ควเรนตร, 2004, หน้า 1-76)

e = ค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ยอมรับได้ ในที่นี้ กำหนดที่ 0.07

จากการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างของประชากรที่ทำการศึกษาได้ เท่ากับ 143 คน โดยให้กลุ่มเปรียบเทียบมีขนาดเท่ากับกลุ่มศึกษา ดังนั้น การศึกษาวิจัยครั้งนี้ จึงเก็บข้อมูลแบบสัมภาษณ์ และตรวจสมรรถภาพปอดคนงานยางแผ่นรมควัน และเกษตรกรชาวสวนยางพารา รวมทั้งสิ้น 286 คน

สุ่มโรงงานยางแผ่นรมควันด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่ายโดยการจับสลาก จำนวน 2 โรงงาน จากโรงงานผลิตยางแผ่นรมควันเอกชน 19 แห่งในจังหวัดสงขลา พร้อมสุ่มตัวอย่างคนงานยางแผ่นรมควันตามสัดส่วนของคนงานแต่ละโรงงานและทำการคัดเลือกเกษตรกรชาวสวนยางพารา แบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) ที่ให้ความร่วมมือ และยินดีเข้าร่วมศึกษาวิจัย จำนวน 143 คน

2.4 การเก็บตัวอย่างอากาศ

2.4.1 เก็บตัวอย่างอากาศ ได้แก่ สารประกอบโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic aromatic hydrocarbons) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogen oxides) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxides) โอโซน (Ozone) และสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds: Trichloromethane, o-Xylene, Toluene, Cyclohexane)

หมายเหตุ: ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีการเก็บตัวอย่าง

- Volatile organic compounds จำนวน 4 สารประกอบ ได้แก่ Trichloromethane, o-Xylene, Toluene และ Cyclohexane เนื่องจากมีการ pilot study ในการวัดปริมาณ Volatile organic compounds ของสหกรณ์กองทุนสวนยาง โดยมีการวิเคราะห์ Volatile organic compounds จำนวน 13 สารประกอบ ผลจากการวิเคราะห์ Volatile organic compounds จากตารางที่ 2.1 ดังนี้ (วิเศษ เพชรเลียบ, 2551 หน้า 1-117)

ตารางที่ 2.1 ผลจากการวิเคราะห์ Volatile organic compounds ของสหกรณ์กองทุนสวนยาง ดังนี้

ชื่อสาร	ปริมาณ (ppm)
Trichloromethane	0.0523
Cyclohexane	0.0287
o-Xylene	0.0167
Toluene	0.0141
Butyl acetate	0.0101
Dichloromethane	0.0096
Styrene	0.0077
Trichloroethylene	0.0071
m-Xylene	0.0054
Hexane	0.0029
Ethyl acetate	0.0014
Ethyl benzene	0.0014
p-Xylene	0.0013

จากตารางที่ 2.1 แสดงผลการวิเคราะห์ Volatile organic compounds พบว่า มี Volatile organic compounds จำนวน 4 สารประกอบได้แก่ Trichloromethane, o-Xylene, Toluene และ Cyclohexane ที่ตรวจพบ และมีปริมาณมากพอที่จะวิเคราะห์ได้

- Polycyclic aromatic hydrocarbons จำนวน 17 สารประกอบที่สำคัญ ได้แก่ acenaphthene, acenaphthylene, anthracene, benzo (a) anthracene, benzo (a) pyrene, benzo (e) pyrene, benzo (b) fluoranthene, benzo (ghi) perylene, benzo (j) fluoranthene, benzo (k) fluoranthene, chrysene, dibenzo (a,h) anthracene, fluoranthene, fluorine, indeno (1,2,3cd) pyrene, phenanthrene, pyrene ที่พบปริมาณสูงและเป็นอันตรายต่อมนุษย์ (ATSDR, 1995)

ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จึงทำการวัดปริมาณ Volatile organic compounds จำนวน 4 สารประกอบ และวัดปริมาณ Polycyclic aromatic hydrocarbons จำนวน 16 สารประกอบ

ซึ่งแต่ละตัวอย่างอากาศมีวิธีการเก็บตัวอย่างอากาศ และวิธีการวิเคราะห์ สรุปได้จากตารางที่ 2.2 ดังนี้

ตารางที่ 2.2 วิธีการเก็บ และวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศ

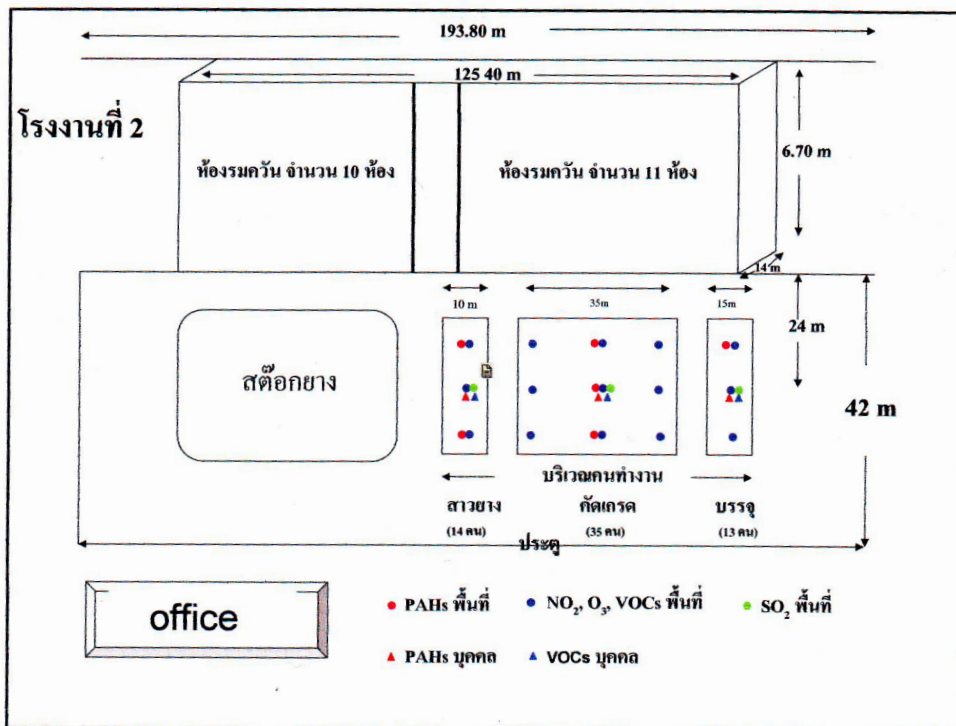
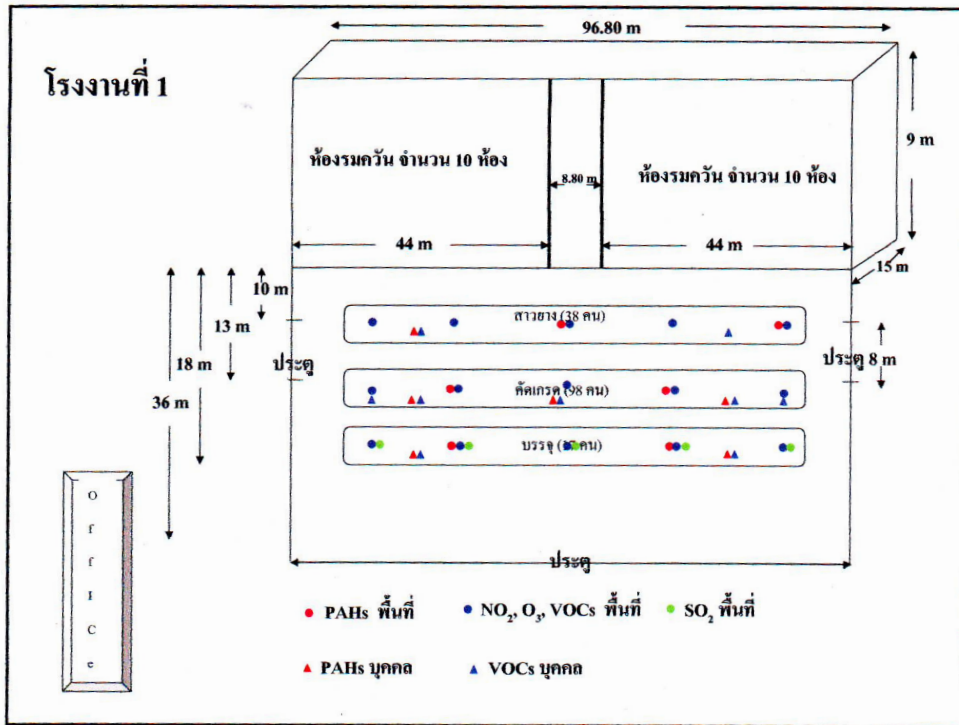
ตัวอย่างอากาศ	วิธีการเก็บตัวอย่าง	วิธีการวิเคราะห์
Polycyclic aromatic hydrocabons	Active Sampling	High Performance Chromatography
Nitrogen dioxides	Passive Sampling	Spectrophotometry
Sulfur dioxides	Passive Sampling	Ion Exchange Chromatography
Ozone	Direct Reading	-
Volatile organic compounds	Active Sampling	Gas Chromatography

2.4.4.1 การเก็บตัวอย่างอากาศที่พื้นที่การทำงาน (area sampling) วัดปริมาณ Polycyclic aromatic hydrocabons ไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogen dioxides) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxides) โอโซน (Ozone) และสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds: Trichloromethane, o-Xylene, Toluene, Cyclohexane) ในโรงงานยางแผ่นรมควัน จำนวน 2 โรงงาน

2.4.4.2 การเก็บตัวอย่างอากาศที่ตัวบุคคล (personal sampling) วัดปริมาณ Polycyclic aromatic hydrocabons และสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds: Trichloromethane, o-Xylene, Toluene, Cyclohexane) ในโรงงานยางแผ่นรมควัน จำนวน 2 โรงงาน

2.5 แผนผังการเก็บตัวอย่าง

2.5.1 จุดเก็บตัวอย่าง PAHs, NO₂, SO₂, O₃, VOCs (โรงงานที่ 1, 2)



2.6 จำนวนการเก็บตัวอย่างอากาศ

2.6.1 จำนวนตัวอย่างการเก็บอากาศในบรรยากาศการทำงานของคนงานโรงงานยางแผ่นรมควัน จำนวน 2 โรงงาน โดยทำการศึกษาหาปริมาณความเข้มข้นของสารประกอบโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic aromatic hydrocarbons) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogen dioxides) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxides) โอโซน (Ozone) และสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds) สรุปจากตารางที่ 2.3 ดังนี้

ตารางที่ 2.3 การเก็บตัวอย่างอากาศที่พื้นที่การทำงาน (area sampling)

โรงงาน	NO ₂	SO ₂	O ₃	VOC	PAHs
โรงงานที่ 1	15	5	15	15	9
โรงงานที่ 2	15	3	15	15	3
รวม	30	8	30	30	12

2.6.2 จำนวนตัวอย่างการเก็บอากาศที่ตัวบุคคล โดยทำการศึกษาหาปริมาณความเข้มข้นของสารประกอบโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic aromatic hydrocarbons) และสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds) สรุปจากตารางที่ 2.4 ดังนี้

ตารางที่ 2.4 การเก็บตัวอย่างอากาศที่ตัวบุคคล (personal sampling)

โรงงาน	VOC	PAHs
โรงงานที่ 1	9	6
โรงงานที่ 2	3	3
รวม	12	9

2.7 จำนวนคนงานที่ทำการสัมภาษณ์และตรวจสอบสภาพปอด

จำนวนคนงานของโรงงานยางแผ่นรมควันที่สุ่มเลือก (การเทียบอัตราส่วน) ของคนงานแต่ละโรงงาน ซึ่งทำการศึกษาวิจัย จำนวน 2 โรงงาน โดยมีการสัมภาษณ์และตรวจสอบสภาพปอดของคนงาน สรุปจากตารางที่ 2.5 ดังนี้

ตารางที่ 2.5 จำนวนคนงานของโรงงานยางแผ่นรมควันที่สุ่มเลือกในการศึกษาวิจัย

โรงงาน	คนงานทั้งหมด	คนงานที่สัมผัสควัน	สัมภาษณ์และตรวจสอบสภาพปอด
โรงงานที่ 1	500	153	102
โรงงานที่ 2	230	62	41
รวม	730	215	143

2.8 ระยะเวลาการเก็บ และคุณภาพการส่งวิเคราะห์

ระยะเวลาการเก็บ และคุณภาพการส่งวิเคราะห์แยกตามตัวอย่างอากาศ สรุปจากตารางที่ 2.6 ดังนี้

ตารางที่ 2.6 ระยะเวลาการเก็บ คุณภาพการส่งวิเคราะห์ และหน่วยงานวิเคราะห์

ตัวอย่างอากาศ	ระยะเวลาการเก็บ	คุณภาพการส่งวิเคราะห์	หน่วยงานวิเคราะห์
Polycyclic aromatic hydrocarbons	8 ชั่วโมง	เก็บรักษาตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส	Graduated school of Natural science and technology Kanazawa, Japan
Nitrogen dioxide	24 ชั่วโมง	เก็บรักษาตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส	ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
Sulfur dioxide	72 ชั่วโมง	เก็บรักษาตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส	ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
Ozone	Real time	-	-
Volatile organic compounds	4 ชั่วโมง	เก็บรักษาตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส	สำนักโรคจากการประกอบอาชีพ และสิ่งแวดล้อม

2.9 เกณฑ์การคัดเข้า

2.9.1 เกณฑ์การคัดเข้า

2.9.1.1 คนงานในโรงงานยางแผ่นรมควัน จังหวัดสงขลา ที่คณะกรรมการบริหารโรงงาน และคนงานยินดีเข้าร่วมการศึกษาวิจัย

2.9.1.2 เกษตรกรชาวสวนยางพาราที่อาศัยอยู่ในอำเภอบางกล่ำ และอำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา (ซึ่งเป็นอำเภอในโรงงานที่ไปดำเนินการเก็บข้อมูล) ที่ทำงานมาเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 ปี และยินดีเข้าร่วมการศึกษาวิจัย

2.10 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

2.10.1 เครื่องมือตรวจสอบสมรรถภาพปอด โดยใช้เครื่อง spirometer (Cosmed รุ่น Pony Fx) ในการตรวจวัด ซึ่งปฏิบัติตามแนวทางการตรวจสอบสมรรถภาพปอดด้วยสไปโรเมตรีซ์ ของสมาคมออร์เวซซ์ แห่งประเทศไทย โดยมีวิธีการแปลผลดังนี้ (สมาคมออร์เวซซ์, 2545, หน้า 14-21) การแปลผล คำนึงถึง 2 เงื่อนไข ดังนี้

2.10.1.1 Acceptability criteria

- 1) เริ่มต้นถูกต้อง โดยหายใจเข้าจนสุดแล้วเป่าออกให้เร็วและแรง
- 2) หายใจออกได้เต็มที่ โดยมีการหายใจออกอย่างน้อย 6 วินาที และจะต้องไม่มีอาการไอ การรื้อออกของลมขณะเป่าหรือมีสิ่งไปอุด mouthpiece เช่น ลิ้น ฟันปลอม

2.10.1.2 Reproducibility criteria

เลือกกราฟที่ได้ acceptability criteria อย่างน้อย 3 กราฟมาพิจารณา reproducibility โดยจะถือว่า reproducibility เมื่อค่าของ FVC ที่มากที่สุด ต่างจากค่า FVC ที่มีค่ารองลงมา ไม่เกิน 200 มล. และค่า FEV₁ ที่มากที่สุดต่างจากค่า FEV₁ ที่รองลงมาไม่เกิน 200 มล.

(1) การคัดเลือก spirogram เพื่อการแปลผล หลังจากผ่าน reproducibility criteria โดยมีหลักการดังนี้

- 1) เลือกกราฟที่มีค่า FVC และ FEV₁ มากที่สุด
- 2) เลือกกราฟที่มีค่า FEV_{25-75%} โดยดูค่าผลรวมของ FEV₁ กับ FVC มากที่สุด ในกรณีที่ค่า FEV₁ และ FVC ที่สูงสุดไม่ได้มาจากกราฟเดียวกัน

ขั้นตอนการแปลผล

1) Obstruction มีค่า FEV_1 ลดลง และ $FEV_1/FVC\%$ ลดลงในกรณีที่มีการอุดกั้นรุนแรง และมีอากาศถูกขังอยู่ในปอดมากขึ้น ค่า FVC จะลดลงได้

2) Restriction มีค่า FEV_1 และ FVC ลดลง แต่ $FEV_1/FVC\%$ จะปกติหรือเพิ่มขึ้น
ดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 การจำแนกความรุนแรงของความผิดปกติ

	FVC (% ค่าคาดคะเน)	FEV_1 † (% ค่าคาดคะเน)	FEV_1/FVC (%)	$FEF_{25-75\%}$ (% ค่าคาดคะเน)
Normal	>80	>80	>70*	>65
Mild	66-80	66-80	60-70	50-65
Moderate	50-65	50-65	45-59	35-49
Severe	<50	<50	<45	<35

หมายเหตุ * กรณีอายุน้อยกว่า 50 ปี ใช้ค่า >75%

† กรณีมีค่า FEV_1/FVC น้อยกว่า 70 % จะจำแนกความรุนแรงของความผิดปกติของค่า FEV_1 ดังตารางที่ 2.8

ตาราง 2.8 การจำแนกระดับความรุนแรงของความผิดปกติของค่า forced expiratory volume in 1 second (FEV_1) ในกรณีที่ค่า FEV_1/FVC น้อยกว่า 70 %

ระดับความรุนแรง	FEV_1 (%ค่าคาดคะเน)
เล็กน้อย	> 70
ปานกลาง	60-69
รุนแรงปานกลาง	50-59
รุนแรง	35-49
รุนแรงมาก	< 35

ที่มา: ดัดแปลงจาก Table 6: Severity of any spirometric abnormality based on the forced Expiratory volume in the second (FEV_1) ของ American Thoracic Society/European Respiratory Society task force: standardization of lung function testing (2005)

การทดสอบการตอบสนองต่อขยายหลอดลม (reversibility test)

ให้ผู้ป่วย สูดขยายหลอดลม B₂-agonist ผ่านทางกระบอกสูดยา (spacer) โดยใช้ขยายหลอดลม 2 puff (salbutamal 200 µg) โดยมีขั้นตอนดังนี้

- 1) กดขยายหลอดลม 1 puff เข้า spacer
- 2) ให้ผู้ป่วยสูดยาจาก spacer โดยค่อย ๆ หายใจเข้าจนสุดแล้วกลืนไว้ 5-10 วินาที เสร็จแล้วสูดใหม่อีก 1 ครั้ง
- 3) ปฏิบัติดังข้อ 1) และ ข้อ 2) ซ้ำ อีก 1 ครั้ง
- 4) ให้ผู้ป่วยพัก ประมาณ 15 นาที
- 5) ทดสอบสมรรถภาพปอดซ้ำ

การคำนวณ Percent reversible ทำดังนี้

$$\text{Percent reversible} = \frac{\text{FEV}_1 \text{ หลังใช้ยา} - \text{FEV}_1 \text{ ก่อนใช้ยา}}{\text{FEV}_1 \text{ ก่อนใช้ยา}} \times 100$$

ถ้า Percent reversible มีค่าตั้งแต่ 12% ขึ้นไป และมีค่า FEV₁ เพิ่มขึ้นตั้งแต่ 200 มล. ให้ถือว่าการอุดกั้นของหลอดลม เป็นชนิด reversible

2.10.2 แบบสัมผัสภาวะอาการของระบบทางเดินหายใจซึ่งดัดแปลงมาจากแบบสอบถามอาการระบบทางเดินหายใจของสมาคมโรคทรวงอกสหรัฐอเมริกา (American Thoracic Society: ATS) และสมาคมวิจัยทางการแพทย์ของอังกฤษ (British Medical Research Council: BMRC)

2.10.3 เครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศ โดยแยกตามลักษณะตัวอย่างอากาศ ดังนี้

2.10.3.1 Personal Passive Sampler Filter Badge NO₂ ยี่ห้อ ADVANTEC ในการหาปริมาณความเข้มข้นของ ไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogen oxides)

2.10.3.2 Personal Passive Sampler Filter Badge SO₂ ยี่ห้อ ADVANTEC ในการหาปริมาณความเข้มข้นของ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxides)

2.10.3.3 Personal Pump Active Sampling Gas Tubes ยี่ห้อ SKC และยี่ห้อ Gilian ที่มีอัตราการไหลของอากาศ 0.2 ลิตร/นาที และ Activated Charcoal Tube ยี่ห้อ SKC โดยใช้วิธีของ NIOSH: 1003, 1500 และ 1501 (NIOSH, 2003) ในการหาปริมาณความเข้มข้นของ สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds)

2.10.3.4 Personal Pump ยี่ห้อ SKC และยี่ห้อ Gilian ที่มีอัตราการไหลของอากาศ 2 ลิตร/นาที และ Filter ยี่ห้อ SKC โดยใช้วิธีของ NIOSH: 5506 (NIOSH, 1998) ในการหาปริมาณความเข้มข้นของสารประกอบโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic aromatic hydrocarbons)

2.10.3.5 Direct Reading ยี่ห้อ Gas Alert Ozone ในการหาปริมาณความเข้มข้นของ โอโซน (Ozone)

2.11 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

2.11.1 ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.11.2 ติดต่อประสานงานกับสำนักงานสวัสดิการและคุ้มครองแรงงานจังหวัดสงขลา และสำนักงานสวัสดิการและคุ้มครองแรงงานจังหวัดสงขลาสาขาหาดใหญ่และโรงงานยางแผ่นรมควันที่ทำการศึกษาวิจัย

2.11.3 ศึกษาและเตรียมพื้นที่ในการทำวิจัย

2.11.4 นำเสนอโครงร่างงานวิจัย

2.11.5 ศึกษาข้อมูลโดยการสำรวจเบื้องต้น (Walk through survey) เพื่อประเมินสภาพแวดล้อมในการทำงาน

2.11.6 จัดทำแบบสัมภาษณ์ และฝึกตรวจสอบรรถภาพปอดพร้อมทั้งเตรียมเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศ

2.11.7 ดำเนินการเก็บข้อมูลในพื้นที่ทำการศึกษาวิจัย

2.11.7.1 สัมภาษณ์และตรวจสอบรรถภาพปอดคนงานในโรงงานยางแผ่นรมควันและเกษตรกรชาวสวนยางพารา

2.11.7.2 การเก็บตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อม (Environmental Monitoring)

1) การเก็บตัวอย่างพื้นที่การทำงาน (Area sampling) ตรวจวัดปริมาณสารประกอบโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic aromatic hydrocarbons) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogen dioxides) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxides) โอโซน (Ozone) และสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compound: Trichloromethane, o-Xylene, Toluene, Cyclohexan)

2) การเก็บตัวอย่างที่ตัวบุคคล (Personal sampling) ตรวจวัดปริมาณสารประกอบโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic aromatic hydrocarbons) และสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compound: Trichloromethane, o-Xylene, Toluene, Cyclohexan)

2.11.8 รวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูล

2.11.9 สรุปผล และนำเสนอผลการวิจัย

2.12 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

2.12.1 สถิติเชิงพรรณนา ใช้ ตารางแจกแจงความถี่ ร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) เพื่อบรรยายลักษณะทั่วไปของตัวแปร

2.12.2 สถิติเชิงวิเคราะห์ ใช้ Conditional logistic regression

* กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

บทที่ 3

ผลการศึกษา

การศึกษาค่าความผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ และสารเคมีในบรรยากาศการทำงานในพนักงานโรงงานยางแผ่นรมควัน จังหวัดสงขลา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอาการและโรคระบบทางเดินหายใจในคนงานยางแผ่นรมควัน และอัตราความชุกของสมรรถภาพปอดที่ผิดปกติเปรียบเทียบกับเกษตรกรชาวสวนยางพาราในจังหวัดสงขลา เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์และตรวจสมรรถภาพปอดของกลุ่มศึกษา คือ พนักงานของโรงงานยางแผ่นรมควัน และกลุ่มควบคุมคือ เกษตรกรชาวสวนยางพารา จำนวนกลุ่มละ 143 คน และศึกษาปริมาณความเข้มข้นของ Polycyclic aromatic hydrocarbons, Nitrogen dioxides, Sulfur dioxides, Ozone และ Volatile Organic Compounds ในบรรยากาศการทำงานของโรงงานยางแผ่นรมควัน โดยสุ่มโรงงานยางแผ่นรมควัน 2 แห่ง ผลการศึกษาแบ่งเป็น 2 หัวข้อ ดังนี้

3.1 อาการผิดปกติของระบบทางเดินหายใจและผลการตรวจสมรรถภาพปอด

- 3.1.1 ลักษณะประชากรทั่วไป
- 3.1.2 อาการ และ โรคระบบทางเดินหายใจ
- 3.1.3 ผลการตรวจสมรรถภาพปอด

3.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีต่าง ๆ ในอากาศ

- 3.2.1 ปริมาณความเข้มข้นของ Total dust
- 3.2.2 ปริมาณความเข้มข้นของ Polycyclic aromatic hydrocarbons
- 3.2.3 ปริมาณความเข้มข้นของ Nitrogen dioxides, Sulfur dioxides, Ozone
- 3.2.4 ปริมาณความเข้มข้นของ Volatile Organic Compounds

3.1 อาการผิดปกติของระบบทางเดินหายใจและผลการตรวจสมรรถภาพปอด

กลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษานี้ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มศึกษา คือ พนักงานของโรงงานยางแผ่นรมควัน และกลุ่มควบคุม คือ เกษตรกรชาวสวนยางพารา จำนวนกลุ่มละ 143 คน ซึ่งมีการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์อาการและโรคระบบทางเดินหายใจ การตรวจสมรรถภาพปอดโดยใช้เครื่อง Spirometer และมีการจับคู่ระหว่างกลุ่ม ในตัวแปรเพศ อายุ การสูบบุหรี่ คิดเป็น response rate 100 % ซึ่งผลการศึกษามีดังนี้

3.1.1 ลักษณะประชากรทั่วไป

3.1.1.1 ลักษณะทางประชากรจำแนกตามประวัติส่วนตัว

กลุ่มศึกษา และกลุ่มควบคุม ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษา รองลงมา จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และส่วนใหญ่นับถือศาสนาพุทธ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของระดับการศึกษา และการนับถือศาสนา พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลลักษณะทางประชากรจำแนกตามประวัติส่วนตัว

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	ยางแผ่นรมควัน (n=143) คน (ร้อยละ)	สวนยางพารา (n=143) คน (ร้อยละ)	p-value
เพศ			
ชาย	28 (19.6)	28 (19.6)	
หญิง	115 (80.4)	115 (80.4)	
อายุ (ปี)			
($\bar{x} \pm S.D.$)	(37.7 \pm 9.1)	(38.0 \pm 9.4)	
18-30	34 (23.8)	34 (23.8)	
31-40	45 (31.5)	45 (31.5)	
41-50	52 (36.3)	52 (36.3)	
51-60	12 (8.4)	12 (8.4)	

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลลักษณะทางประชากรจำแนกตามประวัติส่วนตัว (ต่อ)

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	ยางแผ่นรมควัน (n=143)	สวนยางพารา (n=143)	p-value
	คน (ร้อยละ)	คน (ร้อยละ)	
การศึกษาสูงสุด			
ประถมศึกษา	100 (69.9)	77 (53.8)	0.010
มัธยมศึกษาตอนต้น	32 (22.4)	42 (29.4)	
มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	3 (2.1)	6 (4.2)	
อนุปริญญา/ปวส.	4 (2.0)	8 (5.6)	
ปริญญาตรี	2 (1.4)	9 (6.3)	
อื่น ๆ	2 (1.4)	1 (0.7)	
ศาสนา			
พุทธ	96 (67.1)	120 (83.9)	0.001
อิสลาม	47 (32.9)	23 (16.1)	

3.1.1.2 ข้อมูลลักษณะทางประชากรจำแนกตามประวัติการทำงาน

กลุ่มศึกษา และกลุ่มควบคุม มีระยะเวลาการทำงานปัจจุบัน น้อยกว่า 10 ปี มากที่สุด ร้อยละ 58.7 และ 44.8 ตามลำดับ รองลงมา 10-40 ปี ร้อยละ 41.3 และ 55.2 ตามลำดับ กลุ่มศึกษามีระยะเวลาการทำงานในอาชีพปัจจุบัน น้อยกว่า กลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

ด้านประวัติการสัมผัสฝุ่นในอดีตของกลุ่มศึกษาโดยส่วนใหญ่สัมผัสฝุ่นในโรงงานยางแผ่นรมควัน (ไม่เปลี่ยนแปลงอาชีพ) กลุ่มศึกษาทั้งหมด คิดเป็นร้อยละ 100 ทำงานมากกว่าหรือเท่ากับ 48 ชั่วโมง/สัปดาห์ และมีระยะเวลาการทำงานมากกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญและในระหว่างการทำงานของกลุ่มศึกษา และกลุ่มควบคุมส่วนใหญ่ไม่มีการใช้อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจใกล้เคียงกัน ดังแสดงใน ตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลลักษณะทางประชากรจำแนกตามประวัติการทำงาน

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	ยางแผ่นรมควัน (n=143)	สวนยางพารา (n=143)	p-value
	คน (ร้อยละ)	คน (ร้อยละ)	
ระยะเวลาการทำงาน (ปี)			
($\bar{x} \pm S.D.$)	(7.9 \pm 5.6)	(11.1 \pm 8.4)	
< 10	84 (58.7)	64 (44.8)	0.013
10 - 40	59 (41.3)	79 (55.2)	
การทำงานที่สัมผัสฝุ่นหรือสารเคมี			
ไม่เคย	88 (61.5)	134 (93.7)	0.000
เคย	55 (38.5)	9 (6.3)	
โรงงานยางแผ่นรมควัน	30 (21.0)	3 (2.1)	
โรงงานถุงมือ	6 (4.2)	2 (1.4)	
โรงงานปลากะป๋อง	4 (2.8)	0 (0.0)	
โรงงานไม้แปรรูป	3 (2.1)	3 (2.1)	
ห้องเย็น	3 (2.1)	0 (0.0)	
ก่อสร้าง	2 (1.4)	1 (0.7)	
โรงงานกลั่นน้ำมันปาล์ม	1 (0.7)	0 (0.0)	
เหมืองแร่	1 (0.7)	0 (0.0)	
โรงงานผลิตกระดาษ	1 (0.7)	0 (0.0)	
โรงงานผลิตพลาสติก	1 (0.7)	0 (0.0)	
โรงงานผลิตรูป	1 (0.7)	0 (0.0)	
อู่ซ่อมรถ	1 (0.7)	0 (0.0)	
รายงายมะตอย	1 (0.7)	0 (0.0)	

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลลักษณะทางประชากรจำแนกตามประวัติการทำงาน (ต่อ)

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	ยางแผ่นรมควัน (n=143) คน (ร้อยละ)	สวนยางพารา (n=143) คน (ร้อยละ)	p-value
ลักษณะงาน			
การรมยาง/การใส่ฟืน	7 (4.9)		
การเตรียมยางรม	30 (21.0)	-	-
การคีบ/การคัดเกรด	89 (62.2)		
การบรรจุ	17 (11.9)		
ปัจจุบันทำงาน(ชั่วโมง/อาทิตย์)			
($\bar{x} \pm S.D.$)	(48.6 \pm 6.5)	(35.6 \pm 14.6)	
น้อยกว่า 48	0 (0.0)	95 (66.4)	0.000
>/เท่ากับ 48	143 (100.0)	48 (33.6)	
การใช้อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจ			
ไม่ใช้	105 (73.4)	103 (72.0)	0.793
ใช้	38 (26.6)	40 (28.0)	

3.1.1.3 ข้อมูลลักษณะทางประชากรจำแนกตามประวัติโรคประจำตัว

กลุ่มศึกษา มีประวัติโรคประจำตัว ได้แก่ ภูมิแพ้แบบมีน้ำมูก คันจมูก ภูมิแพ้แบบคันตา ตาแดง ภูมิแพ้แบบคันที่ผิวหนัง และหลอดลมอักเสบ ร้อยละ 35.0, 22.4, 16.1 และ 9.1 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงใน ตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลลักษณะทางประชากรจำแนกตามประวัติโรคประจำตัว

โรคประจำตัว	ยางแผ่นรมควัน (n=143) คน (ร้อยละ)	สวนยางพารา (n=143) คน (ร้อยละ)	p-value
ประวัติโรคประจำตัว			0.000
ภูมิแพ้ น้ำมูก คันจมูก	50 (35.0)	17 (11.9)	
ภูมิแพ้แบบคันที่ผิวหนัง	23 (16.1)	8 (5.6)	
ภูมิแพ้แบบคันตา ตาแดง	32 (22.4)	9 (6.3)	
แพ้อาหาร	4 (2.8)	2 (1.4)	
หอบหืด	12 (8.4)	6 (4.2)	
หลอดลมอักเสบ	13 (9.1)	3 (2.1)	
ถุงลมโป่งพอง	1 (0.7)	0 (0.0)	
ปอดติดเชื้อเรื้อรัง	2 (1.4)	0 (0.0)	
โรคหัวใจ	2 (1.4)	1 (0.7)	
เคยผ่าตัดใหญ่บริเวณทรวงอก	0 (0.0)	2 (1.4)	

3.1.1.4 ข้อมูลลักษณะทางประชากรจำแนกตามพฤติกรรมการสูบบุหรี่

พฤติกรรมการสูบบุหรี่ของกลุ่มศึกษา และกลุ่มควบคุมส่วนใหญ่ ไม่เคยสูบบุหรี่ ร้อยละ 85.3 ปัจจุบันยังสูบบุหรี่ร้อยละ 11.9 กลุ่มศึกษามีปริมาณเฉลี่ยการสูบบุหรี่ในปัจจุบัน และในอดีตน้อยกว่า กลุ่มควบคุม และกลุ่มศึกษามีระยะเวลาเฉลี่ยของการสูบบุหรี่ในปัจจุบันสูงกว่ากลุ่มควบคุม แต่มีระยะเวลาเฉลี่ยของการสูบบุหรี่ในอดีตต่ำกว่ากลุ่มควบคุม เมื่อจำแนกจำนวนซอง-ปี พบว่า กลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุมส่วนใหญ่มีจำนวนซอง-ปี น้อยกว่า 1-7 ซอง-ปี และ พบว่า ทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงใน ตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ข้อมูลลักษณะทางประชากรจำแนกตามพฤติกรรมการสูบบุหรี่

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	ยางแผ่นรมควัน (n = 143)	สวนยางพารา (n = 143)	p-value
	คน (ร้อยละ)	คน (ร้อยละ)	
พฤติกรรมการสูบบุหรี่			1.000
ไม่เคยสูบ	122 (85.3)	122 (85.3)	
ปัจจุบันยังสูบ	17 (11.9)	17 (11.9)	
ปริมาณการสูบ ($\bar{x} \pm S.D.$)	(6.9 \pm 4.6)	(9.4 \pm 6.9)	
ระยะเวลาการสูบ ($\bar{x} \pm S.D.$)	(11.1 \pm 10.2)	(7.8 \pm 6.7)	
เคยสูบแต่ปัจจุบันเลิกแล้ว	4 (2.8)	4 (4.3)	
ปริมาณการสูบ ($\bar{x} \pm S.D.$)	(11.3 \pm 10.1)	(16.3 \pm 7.5)	
ระยะเวลาการสูบ ($\bar{x} \pm S.D.$)	(7.8 \pm 8.5)	(16.5 \pm 10.6)	
จำนวนซองปี (life pack year)	n = 21	n = 21	0.657
($\bar{x} \pm S.D.$)	(4.7 \pm 5.4)	(7.1 \pm 8.6)	
น้อยกว่า 1-7 ซอง-ปี	15 (71.4)	13 (61.9)	
7 ซอง-ปี ขึ้นไป	6 (28.6)	8 (38.1)	

3.1.2 อาการ และ โรคระบบทางเดินหายใจ

3.1.2.1 อาการทางเดินหายใจของกลุ่มตัวอย่าง

1) อาการไอไม่มีเสมหะ ไอมีเสมหะ และอาการมีเสมหะในคอ

กลุ่มศึกษา มีอาการไอไม่มีเสมหะ ไอมีเสมหะ และอาการมีเสมหะในคอ คิดเป็นร้อยละ 59.4, 56.6 และ 55.9 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนั้นอาการดังกล่าวเกิดขณะทำงาน ดีขึ้นตอนวันหยุด เป็นมากขึ้นตอนวันแรกที่เข้าทำงาน และต้องใช้ยาแผนปัจจุบันเพื่อบรรเทาอาการเป็นประจำ สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงใน ตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 อาการไอไม่มีเสมหะ ไอมีเสมหะ และอาการมีเสมหะในคอ ในพนักงานโรงงานยางแผ่นรมควันเปรียบเทียบกับเกษตรกรชาวสวนยางพารา

อาการระบบทางเดินหายใจ	ยางแผ่นรมควัน (n=143)	สวนยางพารา (n=143)	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	
ประวัติการไอไม่มีเสมหะในรอบ 1 ปี	85 (59.4)	45 (31.5)	0.000
มีอาการไอไม่มีเสมหะขณะทำงาน	82 (57.3)	30 (21.0)	0.000
อาการไอไม่มีเสมหะดีขึ้นตอนวันหยุด	82 (57.3)	25 (17.5)	0.000
เมื่อหยุดงานอาการไอไม่มีเสมหะจะเป็นมากขึ้น ตอนวันแรกที่เข้าทำงาน	61 (42.7)	19 (13.3)	0.000
ใช้ยาแผนปัจจุบันรักษาอาการไอไม่มีเสมหะเป็นประจำ	72 (50.4)	26 (18.2)	0.000
ประวัติการไอมีเสมหะในรอบ 1 ปี	81 (56.6)	46 (32.2)	0.000
ไอมีเสมหะขณะทำงาน	79 (55.2)	33 (23.1)	0.000
ไอมีเสมหะ มีอาการดีขึ้นตอนวันหยุด	79 (55.2)	29 (20.3)	0.000
เมื่อหยุดงานอาการไอมีเสมหะจะเป็นมากขึ้นตอนวันแรกที่เข้าทำงาน	61 (42.7)	19 (13.3)	0.000
ใช้ยาแผนปัจจุบันรักษาอาการไอมีเสมหะเป็นประจำ	76 (53.2)	27 (18.9)	0.000

ตารางที่ 3.5 อาการไอไม่มีเสมหะ ไอมีเสมหะ และอาการมีเสมหะในคอ ในพนักงานโรงงานยางแผ่นรมควันเปรียบเทียบกับเกษตรกรชาวสวนยางพารา (ต่อ)

อาการระบบทางเดินหายใจ	ยางแผ่นรมควัน (n=143)	สวนยางพารา (n=143)	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	
ประวัติมีเสมหะในรอบ 1 ปี	80 (55.9)	46 (32.2)	0.000
มีอาการมีเสมหะขณะทำงาน	77 (53.8)	30 (21.0)	0.000
อาการมีเสมหะดีขึ้นตอนวันหยุด	72 (50.4)	26 (18.2)	0.000
เมื่อหยุดงาน อาการมีเสมหะจะเป็นมากขึ้น			
ตอนวันแรกที่เข้าทำงาน	58 (40.6)	19 (13.3)	0.000
ใช้ยาแผนปัจจุบันรักษาอาการมีเสมหะเป็นประจำ	73 (51.1)	23 (16.1)	0.000

2) อาการแน่นหน้าอก และอาการมีเสียงวี๊ดในอก

กลุ่มศึกษา มีอาการแน่นหน้าอก และมีอาการมีเสียงวี๊ดในอก ร้อยละ 47.6 และ 33.6 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และอาการดังกล่าวเกิดขณะทำงาน คีขึ้นตอนวันหยุด เป็นมากขึ้นตอนวันแรกที่เข้าทำงาน และต้องใช้ยาแผนปัจจุบันเพื่อบรรเทาอาการเป็นประจำ สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงใน ตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 อาการแน่นหน้าอก และอาการมีเสียงวี๊ดในอกในพนักงานโรงงานยางแผ่นรมควัน
เปรียบเทียบกับเกษตรกรชาวสวนยางพารา

อาการระบบทางเดินหายใจ	ยางแผ่นรมควัน (n=143)	สวนยางพารา (n=143)	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	
ประวัติแน่นหน้าอกในรอบ 1 ปี	68 (47.6)	35 (24.5)	0.000
มีอาการแน่นหน้าอกขณะทำงาน	67 (46.8)	22 (15.4)	0.000
อาการแน่นหน้าอกคิขึ้นตอนวันหยุด	65 (45.5)	17 (11.9)	0.000
เมื่อหยุดงานอาการแน่นหน้าอกจะ			
เป็นมากขึ้นตอนวันแรกที่เข้าทำงาน	56 (39.2)	11 (7.7)	0.000
ใช้ยาแผนปัจจุบันรักษาอาการแน่น			
หน้าอกเป็นประจำ	50 (35.0)	11 (7.7)	0.000
ประวัติมีเสียงวี๊ดในอกในรอบ 1 ปี	48 (33.6)	11 (7.7)	0.000
มีอาการเสียงวี๊ดในอกขณะทำงาน	50 (35.0)	6 (4.2)	0.000
อาการมีเสียงวี๊ดในอกคิขึ้นตอนวันหยุด	51 (35.7)	6 (4.2)	0.000
เมื่อหยุดงานอาการมีเสียงวี๊ดในอก			
จะเป็นมากขึ้นตอนวันแรกที่เข้าทำงาน	43 (30.1)	3 (2.1)	0.000
ใช้ยาแผนปัจจุบันรักษาอาการ			
มีเสียงวี๊ดในอกเป็นประจำ	42 (29.4)	4 (2.8)	0.000

3) อาการคัดจมูกน้ำมูกไหล

กลุ่มศึกษา มีอาการคัดจมูกน้ำมูกไหล ร้อยละ 55.9 ซึ่งสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้อาการดังกล่าวเกิดขณะทำงาน คีขึ้นตอนวันหยุด เป็นมากขึ้นตอนวันแรกที่เข้าทำงาน และต้องใช้ยาแผนปัจจุบันเพื่อบรรเทาอาการเป็นประจำ สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงใน ตารางที่ 3.7

**ตารางที่ 3.7 อาการคัดจมูกน้ำมูกไหล ในพนักงานโรงงานยางแผ่นรมควัน เปรียบเทียบกับ
เกษตรกรชาวสวนยางพารา**

อาการระบบทางเดินหายใจ	ยางแผ่นรมควัน (n=143)	สวนยางพารา (n=143)	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	
ประวัติคัดจมูกน้ำมูกไหลในรอบ 1 ปี	80 (55.9)	41 (28.7)	0.000
มีอาการคัดจมูกน้ำมูกไหลขณะทำงาน	83 (58.0)	30 (21.0)	0.000
อาการคัดจมูกน้ำมูกไหล มีอาการคิขึ้นตอนวันหยุด	76 (53.2)	27 (18.9)	0.000
เมื่อหยุดงาน อาการคัดจมูกน้ำมูกไหลจะเป็นมากขึ้นตอนวันแรกที่เข้าทำงาน	63 (44.1)	21 (14.7)	0.000
ใช้ยาแผนปัจจุบันรักษาอาการคัดจมูกน้ำมูกไหลเป็นประจำ	73 (51.1)	23 (16.1)	0.000

4) อาการคัน ระคายจมูก และอาการคัน ระคายตา

กลุ่มศึกษา มีอาการคัน ระคายจมูก และมีอาการคัน ระคายตา ร้อยละ 55.2, 40.6 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้อาการดังกล่าวเกิดขณะทำงาน ดึขึ้นตอนวันหยุด เป็นมากขึ้นตอนวันแรกที่เข้าทำงาน และต้องใช้ยาแผนปัจจุบันเพื่อบรรเทาอาการเป็นประจำ สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงใน ตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 อาการคัน ระคายจมูก และอาการคัน ระคายตา ในพนักงานโรงงานยางแผ่นรมควัน เปรียบเทียบกับเกษตรกรชาวสวนยางพารา

อาการระบบทางเดินหายใจ	ยางแผ่นรมควัน (n=143)	สวนยางพารา (n=143)	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	
ประวัติคัน ระคายจมูกในรอบ 1 ปี	79 (55.2)	28 (19.6)	0.000
มีอาการคัน ระคายจมูกขณะทำงาน	77 (53.8)	23 (16.1)	0.000
อาการคัน ระคายจมูก ดึขึ้นตอนวันหยุด	73 (51.1)	23 (16.1)	0.000
เมื่อหยุดงาน อาการคันระคายจมูก			
จะเป็นมากขึ้นตอนวันแรกที่เข้าทำงาน	61 (42.7)	20 (14.0)	0.000
ใช้ยาแผนปัจจุบันรักษาอาการ			
คัน ระคายจมูก เป็นประจำ	57 (39.9)	19 (13.3)	0.000
ประวัติคัน ระคายตาในรอบ 1 ปี	58 (40.6)	22 (15.4)	0.000
มีอาการคัน ระคายตาขณะทำงาน	65 (45.5)	20 (14.0)	0.000
อาการคัน ระคายตา ดึขึ้นตอนวันหยุด	60 (42.0)	19 (13.3)	0.000
เมื่อหยุดงาน อาการคัน ระคายตา			
จะเป็นมากขึ้นตอนวันแรกที่เข้าทำงาน	49 (34.3)	15 (10.5)	0.000
ใช้ยาแผนปัจจุบันรักษาอาการ			
คัน ระคายตา เป็นประจำ	52 (36.4)	15 (10.5)	0.000
อาการอื่นที่เกิดจากการทำงาน	3 (2.1)	0 (0.0)	1.000

จากตารางที่ 3.9 สรุปอาการระบบทางเดินหายใจ ในพนักงานโรงงานยางแผ่นรมควัน พบว่า ส่วนใหญ่มีอาการ ไอ ไม่มีเสมหะ ไอมีเสมหะ อาการมีเสมหะ อาการคัดจมูก น้ำมูกไหล อาการคัน ระบายจมูก ประมาณร้อยละ 55 และมีอาการดีขึ้นตอนวันหยุด ประมาณร้อยละ 50 รองลงมา พบอาการแน่นหน้าอก ร้อยละ 47.6 และมีอาการดีขึ้นตอนวันหยุด ร้อยละ 41.3

ตารางที่ 3.9 สรุปอาการระบบทางเดินหายใจ ในพนักงานโรงงานยางแผ่นรมควัน

อาการระบบทางเดินหายใจ	ยางแผ่นรมควัน (n=143) คน (ร้อยละ)	95% CI
อาการไอไม่มีเสมหะ	85 (59.4)	50.9 - 67.6
อาการไอไม่มีเสมหะดีขึ้นตอนวันหยุด	78 (54.5)	46.0 - 62.9
อาการไอมีเสมหะ	81 (56.6)	48.1 - 64.9
อาการไอมีเสมหะดีขึ้นตอนวันหยุด	74 (51.8)	43.3 - 60.2
อาการมีเสมหะ	80 (55.9)	47.4 - 64.2
อาการมีเสมหะดีขึ้นตอนวันหยุด	71 (49.7)	41.2 - 58.1
อาการแน่นหน้าอก	68 (47.6)	39.2 - 56.1
อาการแน่นหน้าอกดีขึ้นตอนวันหยุด	59 (41.3)	33.1 - 49.8
อาการมีเสียงวี๊ดในอก	48 (33.6)	25.9 - 41.9
อาการมีเสียงวี๊ดในอกดีขึ้นตอนวันหยุด	46 (32.2)	24.6 - 40.5
อาการคัดจมูก น้ำมูกไหล	80 (55.9)	47.4 - 64.2
อาการคัดจมูก น้ำมูกไหลดีขึ้นตอนวันหยุด	72 (50.4)	41.9 - 58.8
อาการคัน ระบายจมูก	79 (55.2)	46.7 - 63.6
อาการคัน ระบายจมูกดีขึ้นตอนวันหยุด	69 (48.3)	39.8 - 56.8
อาการคัน ระบายตา	58 (40.6)	32.4 - 49.1
อาการคัน ระบายตาดีขึ้นตอนวันหยุด	54 (37.8)	29.8 - 46.3

3.1.2.2 โรคระบบทางเดินหายใจของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มศึกษา พบโรคระบบทางเดินหายใจ Mucous membrane irritation (MMI), โรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง โรคหืด ถุงลมโป่งพอง ร้อยละ 38.5, 16.8, 8.4 และ 0.70 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงใน ตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามประวัติโรคระบบทางเดินหายใจ

โรคระบบทางเดินหายใจ	ยางแผ่นรมควัน (n=143)	สวนยางพารา (n=143)	p-value
	คน (ร้อยละ)	คน (ร้อยละ)	
โรคระบบทางเดินหายใจ			0.000
หลอดลมอักเสบเรื้อรัง	24 (16.8)	2 (1.4)	
ถุงลมโป่งพอง	1 (0.70)	0 (0.0)	
หืด	12 (8.4)	6 (4.2)	
MMI	55 (38.5)	12 (8.4)	

เกณฑ์การวินิจฉัยโรค

หลอดลมอักเสบเรื้อรัง: 1) ไอมีเสมหะมากกว่า 3 เดือน/ปี และ 2) ติดต่อกันเป็นเวลามากกว่า 2 ปี

ถุงลมโป่งพอง: 1) วินิจฉัยโดยแพทย์

หืด: 1) วินิจฉัยโดยแพทย์

MMI: 1) มีอาการระคายเคือง คัน แสบ ออกร้อน แห้งของจมูก ลำคอ และตาขณะทำงาน และ 2) ไม่เคยมีอาการก่อนเข้าทำงาน

จากตารางที่ 3.11 แสดงความเสี่ยงสัมพัทธ์ (Odd Ratio: OR) ของอาการและโรคระบบทางเดินหายใจ พบว่า กลุ่มศึกษามีความเสี่ยงต่ออาการระบบทางเดินหายใจ มากกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญ และพบว่า กลุ่มศึกษามีความเสี่ยงต่อ โรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง และ Mucous membrane irritation (MMI) มากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ 9.57 และ 5.56 เท่า ตามลำดับ

ตารางที่ 3.11 ความเสี่ยงสัมพัทธ์ (Odd Ratio: OR) ของอาการและโรคระบบทางเดินหายใจ

อาการและโรคระบบทางเดินหายใจ	Crude OR (95% CI)	Adj OR (95% CI)
อาการระบบทางเดินหายใจ		
อาการไอไม่มีเสมหะดีขึ้นตอนวันหยุด	5.58 (3.02 - 10.32)	5.48 (2.40 - 12.54)
อาการไอมีเสมหะดีขึ้นตอนวันหยุด	4.13 (2.35 - 7.27)	3.12 (1.59 - 6.11)
อาการมีเสมหะดีขึ้นตอนวันหยุด	3.81 (2.20 - 6.61)	2.84 (1.49 - 5.40)
อาการแน่นหน้าอกดีขึ้นตอนวันหยุด	4.82 (2.52 - 9.22)	7.71 (2.53 - 23.48)
อาการมีเสียงวี๊ดในอกดีขึ้นตอนวันหยุด	11.00 (3.95 - 30.61)	12.55 (2.44 - 64.58)
อาการคัดจมูก น้ำมูกไหลดีขึ้นตอนวันหยุด	4.07 (2.31 - 7.15)	3.56 (1.54 - 8.21)
อาการคัน ระบายจมูกดีขึ้นตอนวันหยุด	4.07 (2.31 - 7.15)	2.87 (1.43 - 5.73)
อาการคัน ระบายตาดีขึ้นตอนวันหยุด	4.27 (2.22 - 8.24)	2.87 (1.34 - 6.16)
โรคระบบทางเดินหายใจ		
หลอดลมอักเสบเรื้อรัง	12.00 (2.84 - 50.77)	9.57 (1.14 - 80.60)
หืด	2.00 (0.75 - 5.33)	-
MMI	9.6 (3.82 - 24.11)	5.56 (1.86 - 16.66)

Adjust ระยะเวลาการทำงาน, ประวัติการสัมผัสฝุ่นควัน สารเคมี, ประวัติโรคประจำตัว

3.1.3 ผลการตรวจสมรรถภาพปอด

สมรรถภาพปอดของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ส่วนใหญ่กลุ่มศึกษา และกลุ่มควบคุมมีสมรรถภาพปอดปกติใกล้เคียงกัน โดยพบความผิดปกติแบบ Restriction ร้อยละ 2.1 ในกลุ่มศึกษา และ ร้อยละ 0.70 ในกลุ่มควบคุม และพบความผิดปกติแบบ Mixed Obstruction & Restriction ร้อยละ 0.70 ในกลุ่มศึกษา ซึ่งเมื่อทดสอบความแตกต่างของสมรรถภาพปอดระหว่างกลุ่ม พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 3.12

ตารางที่ 3.12 สมรรถภาพปอดของกลุ่มตัวอย่าง

ผลสมรรถภาพปอด กลุ่มตัวอย่าง	ยางแผ่นรมควัน (n=143)	สวนยางพารา (n=143)	p-value
	คน (ร้อยละ)	คน (ร้อยละ)	
ผลสมรรถภาพปอด			0.211
ปกติ	139 (97.2)	142 (99.3)	
ผิดปกติ	4 (2.8)	1 (0.7)	
Restriction	3 (2.1)	1 (0.7)	
Mixed Obstruction & Restriction	1 (0.7)	0 (0.0)	

จากตารางที่ 3.13 แสดงความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าสมรรถภาพปอดของกลุ่มตัวอย่างพบว่า กลุ่มศึกษา และกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยของค่าสมรรถภาพปอดที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของ FVC (l), FVC %, FEV₁ (l), FEV₁ % และค่า FEF (l/s) ในกลุ่มศึกษาต่ำกว่ากลุ่มควบคุมเล็กน้อย เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสมรรถภาพปอดระหว่างกลุ่ม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 3.13 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าสมรรถภาพปอดกลุ่มตัวอย่าง

ค่าสมรรถภาพปอด กลุ่มตัวอย่าง	ยางแผ่นรมควัน (n=143) $\bar{x} \pm SD.$	สวนยางพารา (n=143) $\bar{x} \pm SD.$	p-value
ค่าสมรรถภาพปอด			
FVC (l)	2.83 ± 0.66	2.92 ± 0.65	0.069
FVC %	97.13 ± 13.15	97.40 ± 12.03	0.845
FEV ₁ (l)	2.45 ± 0.56	2.52 ± 0.55	0.087
FEV ₁ %	98.03 ± 13.00	98.09 ± 10.23	0.961
FEV ₁ /FVC %	86.82 ± 4.73	86.58 ± 4.71	0.658
FEF _{25-75%} (l/s)	2.98 ± 0.80	3.03 ± 0.82	0.553
FEF _{25-75%} %	96.90 ± 21.20	96.44 ± 18.44	0.843
FEF%	146.75 ± 30.31	143.72 ± 30.45	0.421

3.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีต่าง ๆ ในอากาศ

3.2.1 ปริมาณความเข้มข้นของ Total dust

ความเข้มข้นของ Total dust ในพื้นที่การทำงานและที่ตัวบุคคลใกล้เคียงกัน โดยในพื้นที่การทำงาน คือ 0.32 mg/m^3 (95% CI 0.21-0.47) และที่ตัวบุคคลคือ 0.29 mg/m^3 (95% CI 0.21-0.39) ซึ่งปริมาณฝุ่นที่พบในการศึกษาครั้งนี้มีค่าไม่เกินมาตรฐานในการทำงานที่ 10 mg/m^3 (ACGIH, 2005) ดังแสดงใน ตารางที่ 3.14

ตารางที่ 3.14 ปริมาณความเข้มข้นของ Total dust

Total dust	ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (mg/m^3) (95% CI)	Max, Min (mg/m^3)
พื้นที่การทำงาน (area sampling)	0.32 (0.21-0.47)	1.26, 0.09
ตัวบุคคล (personal sampling)	0.29 (0.21-0.39)	0.58, 0.19

area sampling: n = 12

personal sampling: n = 9

ค่ามาตรฐาน TLV-TWA = 10 mg/m^3 (ACGIH, 2005)

3. 1.2 การวิเคราะห์ ปริมาณ PAHs จากอนุภาคฝุ่น

3.1.2.1 การเก็บตัวอย่างแบบ Area sampling

การวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของ Polycyclic Aromatic Hydrocarbons จำนวน 16 สารประกอบจากอนุภาคฝุ่นในพื้นที่การทำงาน พบปริมาณ Total PAHs ในโรงงานยางแผ่นรมควัน 143.70 ng/m^3 (95% CI 113.64-181.71) ซึ่งในสารแต่ละชนิดมีค่าไม่เกินมาตรฐาน (OSHA, 1998)

PAHs ที่พบมากที่สุดเป็นแบบ 2 วง ได้แก่ Naphthalene 83.22 ng/m^3 (95% CI, 69.97-98.99) รองลงมาคือกลุ่ม 5-6 วง ได้แก่ Benzo (ghi) perylene, Benzo (e) pyrene, Benzo (a) pyrene มีปริมาณความเข้มข้นเท่ากับ 8.58 ng/m^3 (95% CI 1.85-39.85), 3.25 ng/m^3 (95% CI 1.03-10.25), 2.41 ng/m^3 (95% CI 0.75-7.77) ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาในแง่ของสารก่อมะเร็งตามองค์การวิจัยมะเร็งระหว่างประเทศ (International Agency for Research on Cancer: IARC) ซึ่งแบ่งเป็น 4 กลุ่ม พบดังนี้ (สถานวิทยามะเร็งศิริราช, ม.ป.ป.)

สารก่อมะเร็งกลุ่ม 1 ได้แก่ Benzo (a) pyrene 2.41 ng/m^3 (95% CI 0.75-7.77)

สารก่อมะเร็งกลุ่ม 2A ได้แก่ Dibenz (a,h) anthracene 0.02 ng/m^3 (95% CI 0.01-0.05)

สารก่อมะเร็งกลุ่ม 2B ได้แก่ Naphthalene, Benzo (b) fluoranthene, Indeno (1,2,3cd) pyrene มีปริมาณความเข้มข้นเท่ากับ 83.22 ng/m^3 (95% CI 69.97-98.99), 2.37 ng/m^3 (95% CI 1.06-5.31), 2.13 ng/m^3 (95% CI 0.46-9.89) ตามลำดับ

สารก่อมะเร็งกลุ่ม 3 ได้แก่ Benzo (ghi) perylene, Benzo (e) pyrene, Fluoranthene มีปริมาณความเข้มข้นเท่ากับ 8.58 ng/m^3 (95% CI 1.85-39.85), 3.25 ng/m^3 (95% CI 1.03-10.25), 1.62 ng/m^3 (95% CI 0.92-2.87) ตามลำดับ ดังแสดงใน ตารางที่ 3.15

หมายเหตุ

สารก่อมะเร็งกลุ่ม 1 สารก่อมะเร็งในคน (Carcinogenic to humans) คือ มีหลักฐานที่ชัดเจนของการเกิดมะเร็งในคน

สารก่อมะเร็งกลุ่ม 2A น่าจะเป็นสารก่อมะเร็งในคน (probably carcinogenic to humans) คือ มี positive association ระหว่างการได้รับ factors เหล่านี้กับมะเร็งในคน แต่อาจเป็นผลเนื่องจากมี bias ได้ หรือมี confounding factors ที่ไม่สามารถสรุปได้ชัดเจน แต่มีหลักฐานเพียงพอสำหรับ carcinogenicity ในสัตว์ทดลอง

สารก่อมะเร็งกลุ่ม 2B อาจจะเป็นสารก่อมะเร็งในคน (possibly carcinogenic to humans) คือ มีหลักฐาน เพียงพอว่าทำให้เกิดมะเร็งในสัตว์ทดลอง แต่ไม่มีหลักฐานเพียงพอในการเกิดมะเร็งในคน

สารก่อมะเร็งกลุ่ม 3 ไม่เป็นสารก่อมะเร็งในคน (Not classifiable as to their carcinogenicity to humans)

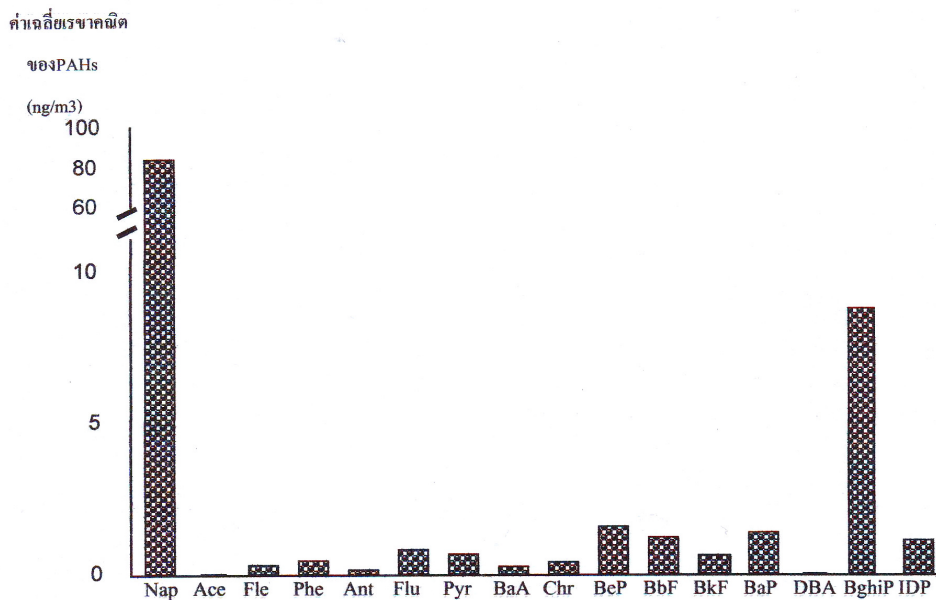
ตารางที่ 3.15 ปริมาณความเข้มข้นของ Polycyclic Aromatic Hydrocarbon ในพื้นที่การทำงาน

ชื่อสาร	IARC Group	จำนวนวงแหวน	ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (ng/m ³) (95% CI)	Max, Min (ng/m ³)	ค่ามาตรฐานอ้างอิงจาก OSHA (ng/m ³)
Naphthalene	2B	2	83.22 (69.97 – 98.99)	151.78, 68.14	52,420,000
Acenaphthene	3	3	0.27 (0.13 – 0.56)	1.78, 0.02	-
Fluorene	3	3	0.76 (0.42 – 1.35)	2.29, 0.09	-
Phenanthrene	3	3	0.91 (0.34 – 2.46)	6.11, 0.10	200,000
Anthracene	3	3	0.33 (0.26 – 0.43)	0.62, 0.20	200,000
Fluoranthene	3	4	1.62 (0.92 – 2.86)	16.92, 0.50	-
Pyrene	3	4	1.17 (0.84 – 1.63)	2.29, 0.54	200,000
Benzo (a) anthracene	2B	4	0.65 (0.34 – 1.24)	0.47, 0.18	-
Chrysene	2B	4	0.76 (0.30 – 1.94)	3.64, 0.02	200,000
Benzo (e) pyrene	3	5	3.25 (1.03 – 10.25)	25.54, 0.06	-
Benzo (b) fluoranthene	2B	5	2.37 (1.06 – 5.31)	14.25, 0.21	-
Benzo (k) fluoranthene	2B	5	0.99 (0.45 – 2.20)	6.47, 0.14	-
Benzo (a) pyrene	1	5	2.41 (0.75 – 7.78)	26.96, 0.14	200,000
Dibenz (a,h) anthracene	2A	5	0.02 (0.01 – 0.05)	0.40, 0.01	-
Benzo (ghi) perylene	3	6	8.58 (1.85 – 39.85)	85.56, 0.05	-
Indeno (1,2,3cd) pyrene	2B	6	2.13 (0.46 – 9.89)	28.63, 0.03	-
Total PAHs			143.70 (113.64 – 181.71)	267.21, 86.43	-

PAHs; n = 12; OSHA = Occupational safety and health administration, IARC = International Agency for Research on Cancer,

Group 1 = Carcinogenic to humans Group 2A = Probably carcinogenic to humans, Group 2B = Possibly carcinogenic to humans,

Group 3 = Not classifiable as to their carcinogenicity to humans



แผนภูมิที่ 3.1 ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของ PAHs ที่พื้นที่การทำงาน

3.2.2.2 การเก็บตัวอย่างแบบ Personal sampling

การวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของ Polycyclic Aromatic Hydrocarbons จำนวน 16 สารประกอบจากอนุภาคฝุ่นในตัวอย่างคลพบปริมาณ Total PAHs ในโรงงานยางแผ่นรมควัน 167.4 ng/m³ (95% CI 147.38-190.24) ซึ่งในสารแต่ละชนิดมีค่าไม่เกินมาตรฐาน (OSHA, 1998)

PAHs ที่พบมากที่สุดเป็นแบบ 2 วง ได้แก่ Naphthalene 145.67 ng/m³ (95% CI 123.84-171.35) รองลงมาก็คือกลุ่ม 4 วง ได้แก่ Pyrene, Fluoranthene และ Benzo (a) anthracene มีปริมาณความเข้มข้นเท่ากับ 1.78 ng/m³ (95% CI 1.26-2.52), 1.19 ng/m³ (95% CI 0.63-2.24), 0.87 ng/m³ (95% CI 0.40-1.85) ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาในแง่ของสารก่อมะเร็งตามองค์การวิจัยมะเร็งระหว่างประเทศ (International Agency for Research on Cancer: IARC) ซึ่งแบ่งเป็น 4 กลุ่ม พบดังนี้ (สถานวิทยามะเร็งศิริราช, ม.ป.ป.)

สารก่อมะเร็งกลุ่ม 1 ได้แก่ Benzo (a) pyrene 0.50 ng/m³ (95% CI 0.18-1.37)

สารก่อมะเร็งกลุ่ม 2A ได้แก่ Dibenz (a,h)anthracene 0.05 ng/m³ (95% CI 0.02-0.13)

สารก่อมะเร็งกลุ่ม 2B ได้แก่ Naphthalene, Benz (a) anthracene มีปริมาณความเข้มข้นเท่ากับ 145.67 ng/m³ (95% CI 123.84-171.35), 0.87 ng/m³ (95% CI 0.40-1.85) ตามลำดับ

สารก่อมะเร็งกลุ่ม 3 ได้แก่ Pyrene, Fluoranthene มีปริมาณความเข้มข้นเท่ากับ 1.78 ng/m^3 (95% CI 1.26-2.52), 1.19 ng/m^3 (95% CI 0.63-2.24) ตามลำดับ ดังแสดงใน ตารางที่ 3.16

หมายเหตุ

สารก่อมะเร็งกลุ่ม 1 สารก่อมะเร็งในคน (Carcinogenic to humans) คือ มีหลักฐานที่ชัดเจนของการเกิดมะเร็งในคน
สารก่อมะเร็งกลุ่ม 2A น่าจะเป็นสารก่อมะเร็งในคน (probably carcinogenic to humans) คือ มี positive association ระหว่างการได้รับ factors เหล่านี้กับมะเร็งในคน แต่อาจเป็นผลเนื่องจากมี bias ได้ หรือมี confounding factors ที่ไม่สามารถสรุปได้ชัดเจน แต่มีหลักฐานเพียงพอสำหรับ carcinogenicity ในสัตว์ทดลอง

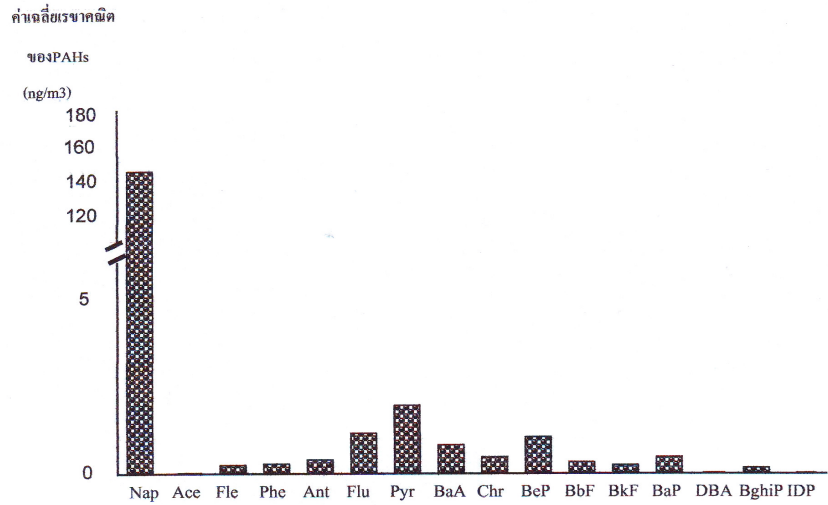
สารก่อมะเร็งกลุ่ม 2B อาจจะเป็นสารก่อมะเร็งในคน (possibly carcinogenic to humans) คือ มีหลักฐาน เพียงพอว่าทำให้เกิดมะเร็งในสัตว์ทดลอง แต่ไม่มีหลักฐานเพียงพอในการเกิดมะเร็งในคน

สารก่อมะเร็งกลุ่ม 3 ไม่เป็นสารก่อมะเร็งในคน (Not classifiable as to their carcinogenicity to humans)

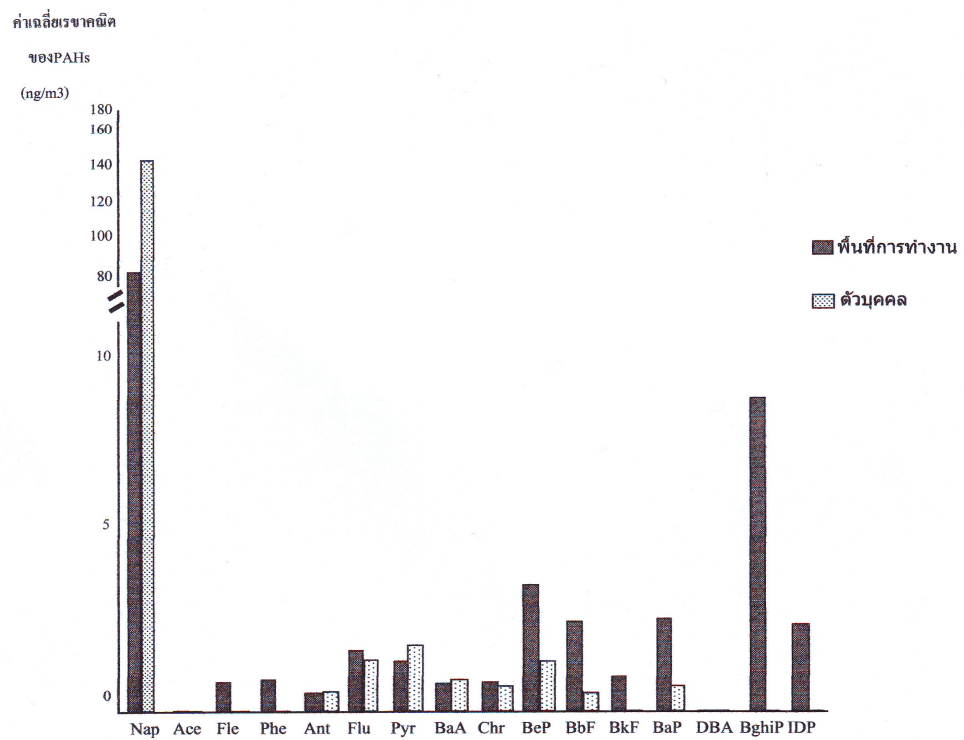
ตาราง 3.16 ปริมาณความเข้มข้นของ Polycyclic Aromatic Hydrocarbon ที่ตัวบุคคล

ชื่อสาร	IARC Group	จำนวนวงแหวน	ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (ng/m ³) (95% CI)	Max, Min (ng/m ³)	ค่ามาตรฐานอ้างอิงจาก OSHA (ng/m ³)
Naphthalene	2B	2	145.67 (123.84 – 171.35)	183.31, 91.38	52,420,000
Acenaphthene	3	3	0.03 (0.01 – 0.07)	0.29, 0.01	-
Fluorene	3	3	0.22 (0.05 – 1.00)	1.71, 0.01	-
Phenanthrene	3	3	0.23 (0.07 – 0.77)	4.18, 0.04	200,000
Anthracene	3	3	0.34 (0.27 – 0.42)	0.50, 0.24	200,000
Fluoranthene	3	4	1.19 (0.63 – 2.24)	3.46, 0.20	-
Pyrene	3	4	1.78 (1.26 – 2.52)	3.40, 0.92	200,000
Benzo (a) anthracene	2B	4	0.87 (0.40 – 1.85)	2.91, 0.24	-
Chrysene	2B	4	0.41 (0.10 – 1.72)	3.22, 0.05	200,000
Benzo (e) pyrene	3	5	1.09 (0.40 – 2.96)	14.62, 0.16	-
Benzo (b) fluoranthene	2B	5	0.32 (0.07 – 1.47)	9.50, 0.02	-
Benzo (k) fluoranthene	2B	5	0.26 (0.07 – 1.04)	4.59, 0.01	-
Benzo (a) pyrene	1	5	0.50 (0.18 – 1.37)	8.61, 0.13	200,000
Dibenz (a,h) anthracene	2A	5	0.05 (0.02 – 0.13)	0.84, 0.02	-
Benzo (ghi) perylene	3	6	0.19 (0.04 – 0.96)	43.53, 0.05	-
Indeno (1,2,3cd) pyrene	2B	6	0.09 (0.02 – 0.44)	14.22, 0.01	-
Total PAHs			167.45 (147.38 – 190.24)	209.03, 133.31	-

PAHs; n = 9; OSHA = Occupational safety and health administration, IARC = International Agency for Research on Cancer, Group 1 = Carcinogenic to humans, Group 2A = Probably carcinogenic to humans, Group 2B = Possibly carcinogenic to humans, Group 3 = Not classifiable as to their carcinogenicity to humans



แผนภูมิที่ 3.2 ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของ PAHs ที่ตัวบุคคล



แผนภูมิที่ 3.3 ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของ PAHs ในพื้นที่การทำงาน และที่ตัวบุคคล

จากแผนภูมิที่ 3.3 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ PAHs ระหว่างพื้นที่การทำงานกับตัวบุคคล พบสาร Naphthalene มากที่สุด รองลงมา พบ Benzo (ghi) perylene โดยส่วนใหญ่พบสาร PAHs ในพื้นที่การทำงานมากกว่าตัวบุคคล ยกเว้น สาร Naphthalene, Anthracene, Pyrene, และ Benzo (a) anthracene ซึ่งพบที่ตัวบุคคลมากกว่าพื้นที่การทำงาน

3.2.3 ปริมาณความเข้มข้นของ Nitrogen dioxide, Sulfur dioxide และ Ozone

ไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogen dioxides) มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ย คือ 0.0122 ppm (95% CI 0.0102-0.0145) ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานในการทำงาน คือที่ 3 ppm (ACGIH, 2005) ปริมาณ Sulfur dioxide ไม่สามารถรายงานผลได้ และไม่มีการตรวจพบปริมาณความเข้มข้นของ Ozone ของการเก็บตัวอย่างในครั้งนี้ ดังแสดงใน ตารางที่ 3.17

ตารางที่ 3.17 ปริมาณความเข้มข้นของ Nitrogen dioxide, Sulfur dioxide และ Ozone ในพื้นที่การทำงาน

ชื่อสาร	ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (ppm) (95% CI)	Max, Min (ppm)	ค่ามาตรฐาน (TLV-TWA) (ppm)
Nitrogen dioxide	0.0122 (0.0102-0.0145)	0.0565, 0.0049	3
Sulfur dioxide	-	-	2
Ozone	N.D.	N.D.	0.1

Nitrogen dioxide n = 30, Sulfur dioxide n = 8, Ozone n = 30

N.D. = Non Detection, TLV-TWA = Time Weighted Average

3.2.4 ปริมาณความเข้มข้นของ Volatile organic compounds

ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของ สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile organic compounds) ในพื้นที่การทำงานและที่ตัวบุคคลของพนักงานในโรงงานยางแผ่นรมควัน โดยทำการเก็บตัวอย่าง ปริมาณ Trichloromethane, Xylene, Toluene ในพื้นที่ทำงานและที่ตัวบุคคล พบว่า ที่ตัวบุคคลมีปริมาณสารดังกล่าวสูงกว่าพื้นที่การทำงาน และตรวจพบปริมาณความเข้มข้นของ Cyclohexane น้อยกว่า 0.0003 ppm ในพื้นที่การทำงานและที่ตัวบุคคล ซึ่งสารที่ได้จากการวิเคราะห์มีปริมาณต่ำมาก เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน (ACGIH, 2005) ดังแสดงใน ตารางที่ 3.18

ตารางที่ 3.18 ปริมาณความเข้มข้นของ Volatile organic compounds

ข้อสาร	ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (ppm) (95% CI)	Max, Min (ppm)	ค่ามาตรฐาน (TLV-TWA) (ppm)
พื้นที่การทำงาน (Area sampling)			
Trichloromethane	0.0443 (0.0098-0.2004)	5.6722, 0.0002	10
Xylene	0.3514 (0.2391-0.5165)	2.1094, 0.0233	100
Toluene	0.1026 (0.0578-0.1821)	2.9784, 0.0072	50
Cyclohexane	<0.0003 (0.0003-0.0003)	<0.0003, <0.0003	300
ตัวบุคคล (Personal sampling)			
Trichloromethane	1.4106 (0.7402 -2.6881)	5.3830, 0.2972	10
Xylene	0.5204 (0.2682-1.0100)	3.1684, 0.0825	100
Toluene	0.3534 (0.1263-0.9887)	4.1199, 0.0433	50
Cyclohexane	<0.0003 (<0.0003-<0.0003)	<0.0003, <0.0003	300

Area sampling : n = 30; Personal sampling : n = 9; TLV-TWA = Time Weighted Average

บทที่ 4

สรุป วิจัยผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผลการวิจัย

ความชุกของอาการผิดปกติของระบบทางเดินหายใจในกลุ่มพนักงานโรงงานยางแผ่นรมควัน ซึ่งเป็นกลุ่มศึกษาได้แก่ ไอไม่มีเสมหะร้อยละ 59.4 ไอมีเสมหะร้อยละ 56.6 เสมหะในคอ ร้อยละ 55.9 คัดจมูกน้ำมูกไหลร้อยละ 55.9 คันระคายจมูกร้อยละ 55.2 และคันระคายตาร้อยละ 40.6 ส่วนอาการผิดปกติของทางเดินหายใจส่วนล่างพบอาการแน่นหน้าอกร้อยละ 47.6 และหายใจมีเสียงวี๊ดร้อยละ 33.6 และกลุ่มศึกษามีความเสี่ยงต่ออาการผิดปกติระบบทางเดินหายใจดังกล่าว มากกว่าชาวสวนยางพาราที่เป็นกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทุกอาการ ผลการตรวจสมรรถภาพปอดของกลุ่มศึกษาพบความผิดปกติร้อยละ 2.8 เป็นแบบ restriction ร้อยละ 2.1 และแบบ Mixed Obstruction & Restriction ร้อยละ 0.7 ซึ่งมากกว่ากลุ่มควบคุมแต่ไม่มีนัยสำคัญ และพบค่าเฉลี่ยของผลสมรรถภาพปอดในกลุ่มศึกษาดังนี้ FVC (l) 2.8 ± 0.66 , FVC% 97.13 ± 13.15 , FEV₁ (l) 2.45 ± 0.56 , FEV₁% 98.03 ± 13.00 และค่า FEF (l/s) 2.98 ± 0.80 โดยทุกค่าของกลุ่มศึกษาดำกว่ากลุ่มควบคุมแต่ไม่มีนัยสำคัญ

ส่วนความชุกของโรกระบบทางเดินหายใจพบ โรคระคายเคืองเยื่อเมือก (mucous membrane irritation: MMI) ร้อยละ 38.5 โรคหลอดลมอักเสบเรื้อรังร้อยละ 16.8 และโรคหืดร้อยละ 8.4 และกลุ่มศึกษามีความเสี่ยงต่อโรคหลอดลมเรื้อรัง (OR 9.57, 95% CI 1.14-80.6) MMI (OR 5.56, 95% CI 1.86-16.66) มากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

ด้านปริมาณสาร Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), Nitrogen oxides (NO₂), Sulfur dioxides (SO₂), Ozone (O₃), Volatile Organic Compounds (VOCs) (Trichloromethane, o-Xylene, Toluene, Cyclohexane) ทั้งในพื้นที่การทำงานและตัวบุคคลมีค่าไม่เกินมาตรฐาน ACGIH, 2005 โดยมีรายละเอียดดังนี้ ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของ Total PAHs ในพื้นที่การทำงานเท่ากับ 143.70 ng/m^3 (95% CI 113.64-181.71) และที่ตัวบุคคลเท่ากับ 167.4 ng/m^3 (95% CI 147.38-190.24) สารที่พบมากที่สุดในพื้นที่การทำงาน คือ Naphthalene 83.22 ng/m^3 (95% CI 69.97-98.99) รองลงมาคือสารกลุ่ม 5-6 วงได้แก่ Benzo (ghi) perylene 8.58 ng/m^3 (95% CI 1.85-39.85), Benzo (e) pyrene 3.25 ng/m^3 (95% CI 1.03-10.25) ส่วนสารที่พบมากที่สุดที่ตัวบุคคล คือ Naphthalene 145.67 ng/m^3 (95% CI 123.84-171.35) รองลงมาคือกลุ่ม 4 วง ได้แก่ Pyrene 1.78 ng/m^3 (95% CI 1.26-2.52) และ Fluoranthene 1.19 ng/m^3 (95% CI 0.63-2.24)

ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ย NO₂ เท่ากับ 0.0122 ppm (95% CI 0.0102-0.0145); SO₂ ไม่สามารถรายงานผลได้; Ozone ตรวจไม่พบ; VOCs (Trichloromethane, o-Xylene, Toluene, Cyclohexane) ในพื้นที่การทำงาน พบ o-Xylene 0.35 ppm (95% CI 0.24-0.52); Toluene 0.10 ppm (95% CI 0.06-0.18); Trichloromethane 0.04 ppm (95% CI 0.01-0.20) ส่วนที่ตัวบุคคล Trichloromethane 1.41 ppm (95% CI 0.74-2.69); o-Xylene 0.52 ppm (95% CI 0.27-1.01); Toluene 0.35 ppm (95% CI 0.13-0.99) ซึ่งที่ตัวบุคคลสูงกว่าพื้นที่การทำงาน และตรวจพบปริมาณความเข้มข้นของ Cyclohexane น้อยกว่า 0.0003 ppm ในพื้นที่การทำงานและที่ตัวบุคคล

4.2 วิจัยผลลัพธ์

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า การศึกษาปริมาณสาร PAHs ในบรรยากาศ แบ่งเป็น 3 กลุ่มใหญ่ดังนี้ กลุ่มแรกเป็นอุตสาหกรรมหนักที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง กลุ่มที่สองเป็นกลุ่มมลภาวะจากการจราจรที่เกิดจากการสันดาปไม่สมบูรณ์ของน้ำมันเชื้อเพลิง และกลุ่มที่สามเป็นกลุ่มการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลเช่น ไม้ฟืน ถ่าน และก๊าซหุงต้มในครัวเรือน การศึกษานี้จะอภิปรายโดยใช้กลุ่มการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลในครัวเรือนซึ่งใกล้เคียงที่สุดกับกระบวนการผลิตของโรงงานยางแผ่นรมควัน ที่ใช้ไม้ยางพาราเป็นเชื้อเพลิงเช่นกัน ส่วนการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง PAHs กับความผิดปกติของอาการและโรกระบบทางเดินหายใจนิยมใช้อาชีพ/งานเป็นตัวแปรศึกษาเช่น งานโรงยาง อาชีพรดยางมะตอย แม่บ้านที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลในครัวเรือน โดยความผิดปกติของอาการและโรกระบบทางเดินหายใจที่พบ ได้แก่ หายใจสั้น หายใจมีเสียงวี๊ด แน่นหน้าอก หอบหืด โรค COPD (Randem et al., 2004, pp. 367-369) หลอดลมอักเสบ (Hansen, 1991, pp. 471-503) มะเร็งทางเดินหายใจ (Hamada et al., 1992, pp. 145-153) และการลดลงของสมรรถภาพปอด (Gamble et al., 1999, pp. 186-206; Gupta et al., 1994, pp. 260-263)

เมื่อสัมผัส PAHs จะเกิดการอักเสบของเนื้อเยื่อปอดและหลอดลม โดยมีการศึกษาที่พบ inflammatory biomarker ที่เนื้อเยื่อปอดหลายชนิด เช่น cytokines (Leem et al., 2005, pp. 463-467; Salvi, Nordenhall, & Blomberg, 2000, pp. 550-557; Takano, Yoshikawa, & Ichinose, 1997, pp. 36-42), Interleukin IL-2, IL-4, IL-5 (Takano et al., 1997, pp. 36-42), IL-6, IL-10 (Leem et al., 2005, pp. 463-467) โดย PAHs กระตุ้นให้เกิดสาร Reactive Oxygen Species-ROS เช่น superoxide anions, hydroxyl radicals, and hydrogen peroxides (Whitekus, Li, & Zhang, 2002, pp. 2560-2567; Nel, Diaz-Sanchez, & Li, 2001, pp. 20-26) ที่มีผลทั้งภายในและนอกเซลล์จนเกิดภาวะ Oxidative stress ซึ่งไปกิริยาออกซิเดชันที่ระดับเซลล์ก่อให้เกิดการทำลายเซลล์และก่อให้เกิดการอักเสบของเนื้อเยื่อปอด และหลอดลม (Bonvallot et al., 2001, pp. 515-521; Abe, Takizawa, Sugawara, &

Kodoh, 2000, pp. 296-303; Takano et al., pp. 36-42) เกิดภาวะหลอดลมไวเกิน (Nel et al., 2001, pp. 20-26; Pacheco et al., 2001, pp. 374-383) และมีความเสี่ยงต่อการเกิด อาการไอ หายใจมีเสียงวี๊ด หอบหืด (Suwanampai, Acien, Strickland, & Agnew, 2007, pp. 1-26; Leem et al., pp. 463-467; Miller et al., 2004, pp. 1071-1078)

จากตารางที่ 4.1 เป็นการเปรียบเทียบความชุกของอาการระบบทางเดินหายใจกับการศึกษาที่ผ่านมา มีรายละเอียดดังนี้

อาการไอไม่มีเสมหะ ในการศึกษานี้ พบความชุกร้อยละ 59.4 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในกลุ่มเชื้อเพลิงชีวมวล ได้แก่ กลุ่มแม่บ้านที่ทำอาหารในครัวเรือน พบความชุกร้อยละ 59 (Rumchev et al., pp. 746-751) และร้อยละ 51 (Ellegard, 1996, pp. 980-985) ตามลำดับ กลุ่มคนงานเผาถ่าน พบร้อยละ 50 (Tzanakis et al., 2001, pp. 1260-1265) และพนักงานยางแผ่นรมควัน ร้อยละ 68.9 (อารี วรรณ, 2004, หน้า 1-76)

อาการไอมีเสมหะ ในการศึกษานี้ พบความชุกร้อยละ 56.6 ซึ่งสูงกว่าการศึกษาในกลุ่มที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวล พบความชุกร้อยละ 18.4 (Shrestha I.L. & Shrestha S.L., 2005, pp. 150-160) ร้อยละ 35 (Ellegard, 1996, pp. 980-985) และร้อยละ 42.1 (Siddiqui, Lee, Gold, & Bhutta, 2005, pp. 58-66)

เช่นเดียวกับอาการมีเสมหะในคอ พบความชุกร้อยละ 55.9 ซึ่งสูงกว่าการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลในครัวเรือน ของประเทศเนปาล พบความชุกร้อยละ 24 (Shrestha I.L. & Shrestha S.L., 2005, pp. 150-160)

กลุ่มอาการแน่นหน้าอก ในการศึกษานี้ พบความชุกร้อยละ 47.6 สูงกว่าการศึกษาในกลุ่มที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลในครัวเรือน พบความชุกร้อยละ 32.8 (Shrestha I.L. & Shrestha S.L., 2005, pp. 150-160) และร้อยละ 34 (Ellegard, 1996, pp. 980-985)

อาการหายใจมีเสียงวี๊ด ในการศึกษานี้ พบความชุก ร้อยละ 33.6 ซึ่งใกล้เคียงกับคนงานเผาถ่าน พบความชุกร้อยละ 32 (Tzanakis et al., 2001, pp. 1260-1265) แต่สูงกว่ากลุ่มที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลในครัวเรือนที่พบความชุกร้อยละ 17 (Ellegard, 1996, pp. 980-985) ร้อยละ 25 (Rumchev et al., 2004) และร้อยละ 28.8 (Shrestha I.L. & Shrestha S.L., 2005, pp. 150-160) ตามลำดับ

อาการคัดจมูกน้ำมูกไหล ในการศึกษานี้ พบความชุกร้อยละ 55.9 ซึ่งสูงกว่าการศึกษาในพนักงานยางแผ่นรมควัน จังหวัดนครศรีธรรมราช พบความชุกร้อยละ 36.2 (อารี วรรณ, 2004, หน้า 1-76)

อาการคัน ระบายจุก และอาการคัน ระบายตา ในการศึกษานี้ พบความชุกร้อยละ 55.2 แต่ไม่สามารถเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมาได้ เนื่องจากไม่พบงานวิจัยที่ศึกษากลุ่มอาการนี้

จะเห็นว่า การศึกษาส่วนใหญ่ ใช้คำถาม เช่น มีอาการขณะทำงานใช่หรือไม่ ปัจจุบันมีอาการใช่หรือไม่ ซึ่งทำให้มีโอกาสพบความชุกของโรคสูงเมื่อเทียบกับการศึกษานี้ แต่จะพบความชุกอาการทางเดินหายใจสูงกว่าการศึกษาที่ผ่านมา ยกเว้น อาการหายใจมีเสียงวี๊ด ซึ่งอาการนี้มีความรุนแรงของอาการมากกว่า อาการไอไม่มีเสมหะ ไอมีเสมหะ มีเสมหะในคอแต่ไม่ไอ ดังจะเห็นว่าพบความชุกของอาการหายใจมีเสียงวี๊ดในกลุ่มคนงานยางแผ่นรมควันใกล้เคียงกับการศึกษาอื่น ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การศึกษาที่ใช้อาชีพ/งานที่สัมผัสควันจากการเผาไหม้และผลกระทบต่ออาการระบบทางเดินหายใจ

References	คำถามที่ใช้ในงานวิจัย	อาการระบบทางเดินหายใจ (%)					
		ไอ	ไอมี เสมหะ	มีเสมหะ	แน่น หน้าอก	หายใจ มีเสียงวี๊ด	คัดจมูก น้ำมูกไหล
การศึกษานี้, 2009	1) มีอาการมากกว่า 1/3 ของเวลา ใช่หรือไม่	59.4	56.6	55.9	47.6	33.6	55.9
อารี, 2004	1) มีอาการ ≥ 3 เดือนใช่หรือไม่	68.9			67.3	41.3	36.2
Tzanakis, 2000	1) มีอาการขณะทำงานใช่หรือไม่	50	36			32	
Uzun, 2003	1) หายใจมีเสียงวี๊ด และ 2) ร่วมกับ อาการหายใจติดขัด					63.0	
Shrestha, 2005	-	37.6	18.4	24	32.8	28.8	
Regalado, 2005	1) มีอาการมากในแต่ละวันใช่ หรือไม่					46.1	
Siddiqui, 2005	1) เมื่อ 2 สัปดาห์ เคยมีอาการใช่ หรือไม่		42.1				73.7
Ellegard, 1996	1) ปัจจุบันมีอาการใช่หรือไม่	51	35			17	

โรคหืด ในการศึกษานี้ พบความชุกร้อยละ 8.4 ใกล้เคียงกับการศึกษาของ (Suwanampai, et al., 2008, pp. 1-26) พบความชุกร้อยละ 9.9 แต่สูงกว่าในกลุ่มที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลในครัวเรือน พบความชุกร้อยละ 3.3 (Uzun et al., 2003, pp. 13-17) และร้อยละ 4.9 (Regalado et al., 2005, pp. 901-905)

โรคหลอดลมอักเสบเรื้อรังในการศึกษานี้ พบความชุกร้อยละ 16.8 ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Pandey (1984, pp. 331-336) ในกลุ่มคนชนบทที่มีการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล ประเทศเนปาล พบความชุกร้อยละ 18.3 ส่วนกลุ่มอาการระคายเคืองต่อเยื่อเมือก (mucous membrane irritation: MMI) พบความชุกร้อยละ 38.5 แต่ไม่สามารถเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมาได้ เนื่องจากไม่พบงานวิจัยที่ศึกษากลุ่มอาการนี้

ผลการตรวจสมรรถภาพปอดจากการสัมผัสสารเคมีจะให้ความผิดปกติแบบ obstruction แต่ในการศึกษานี้พบกลุ่มศึกษามีความผิดปกติแบบ restriction ร้อยละ 2.1 และแบบ Mixed obstruction & restriction ร้อยละ 0.7 และพบค่าเฉลี่ยของค่าสมรรถภาพปอดของกลุ่มศึกษาต่ำกว่ากลุ่มควบคุมเล็กน้อย ต่างจากงานวิจัยที่ผ่านมาที่พบว่า การสัมผัสควันจากการเผาไหม้ในครัวเรือน ทำให้สมรรถภาพปอดผิดปกติแบบ Obstruction ร้อยละ 13.5 (Regalado et al., 2005, pp. 901-905) และกลุ่มแม่บ้านที่ใช้ไม้ฟืนมีค่า FVC, FEV₁ ต่ำกว่ากลุ่มแม่บ้านที่ใช้แก๊ส (Regalado et al., 2005, pp. 901-905; Saha et al., 2005; Haldun, Ugur, Turhan, Levent, & Marcel, 2004, pp. 247-253) นอกจากนั้นการศึกษาในกลุ่มคนงานเผาถ่านที่ประเทศกรีซ พบค่า FVC%, FEV₁%, FEV₁/FVC ลดลงหลังการสัมผัสควัน (Tzanakis et al., 2001, pp. 1260-1265) รวมถึงการศึกษาสมรรถภาพปอดของพนักงานดับเพลิง พบค่า FVC, FEV₁, FEF_{25-75%} ลดลงหลังการสัมผัสควัน (Betchley et al., 1997, pp. 503-509; Gu et al., 1996, pp. 13-23; Liu et al., 1992, pp. 1469-1473; Large et al., 1990, pp. 806-809; Unger et al., 1980, pp. 838-842)

ในภาพรวมจะเห็นว่า ความชุกของอาการและโรคระบบทางเดินหายใจ ได้แก่ อาการไอไม่มีเสมหะ ไอมีเสมหะ มีเสมหะในคอแต่ไม่ไอ หายใจมีเสียงวี๊ด โรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง ในการศึกษานี้มีมากกว่าเกษตรกรสวนยางพาราที่เป็นกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญซึ่งสนับสนุนว่า ควันจากการเผาไหม้ยางพาราจะเป็นสาเหตุของความผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ ส่วนการที่อาการและโรคในการศึกษานี้สูงกว่ากลุ่มที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลในครัวเรือนน่าจะเนื่องจากปริมาณการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงของโรงงานมากกว่าและต่อเนื่องกว่าการเผาไหม้ในครัวเรือนที่ใช้เชื้อเพลิงเป็นครั้งคราวในขณะที่โรงงานจะต้องรมควันอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 96 ชั่วโมง จนขางสุก และการที่สมรรถภาพปอดในคนงานโรงงานยางแผ่นรมควันไม่พบความผิดปกติของสมรรถภาพปอดอาจเนื่องจากการวัดสมรรถภาพปอดเพียงครั้งเดียวอาจไม่สามารถระบุความผิดปกติของปอดได้ เนื่องจากแม้เกิดความผิดปกติของสมรรถภาพปอดแต่ค่าสมรรถภาพปอดอาจยังอยู่ในเกณฑ์ปกติ

(ACOEM, 2003, pp. 1-16) นอกจากนี้นั้นอาจเกิดจากพนักงานที่มีปัญหาสมรรถภาพปอดจากการทำงานได้ออกจากงานไปแล้ว (healthy worker effect) ซึ่งเป็นความลำเอียงในการศึกษาแบบ Cross sectional และไม่สามารถสืบค้น ติดตามข้อมูล ประวัติสถานะสุขภาพพนักงานที่ออกจากงานไปแล้ว

การศึกษา PAHs ที่ผ่านมามีทั้งที่เก็บเฉพาะ particle-phase และเก็บทั้ง particle-phase และ gaseous phase แต่ในการศึกษานี้เก็บแบบ particle-phase อย่างเดียว ดังนั้นการวิจารณ์ผลด้านปริมาณ PAHs ในบรรยากาศงานของการศึกษานี้จะเปรียบเทียบกับกลุ่มงานวิจัยที่ศึกษาการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลในครัวเรือนที่ตรวจเฉพาะ particle-phase เช่นกัน ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ย Total PAHs ในพื้นที่การทำงานของโรงงานยางแผ่นรมควันได้ 143.70 ng/m^3 ซึ่งมากกว่า การศึกษาการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลในครัวเรือน พบ total PAHs $25.6\text{-}35.9 \text{ ng/m}^3$ (Lee, Shin, Bae, Kim, & Kang, 2008, pp. 57-68) การเผาไม้ 45.8 ng/m^3 (Okuda et al., 2002, pp. 611-618) และการเผาไหม้ฟางข้าว 33 ng/m^3 (Yang et al., 2006, pp. 1266-1274) ทั้งนี้เนื่องจาก กำลังการผลิต ปริมาณของเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ในครัวเรือนน้อยกว่าเมื่อเทียบกับ โรงงานอุตสาหกรรมยางแผ่นรมควัน ส่วนค่ามาตรฐานของ Total PAHs มีการกำหนดเฉพาะในอุตสาหกรรมถ่านหิน 0.1 mg/m^3 หรือ $100,000 \text{ ng/m}^3$ (NIOSH, 1978)

เมื่อพิจารณา PAHs 16 ชนิดพบว่า PAHs ที่พบมากที่สุด ในโรงรมยางแผ่น คือกลุ่ม 2 ring ได้แก่ Naphthalene ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลต่าง ๆ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลในครัวเรือน (Barbosa, Poppia, & Silva, 2006, pp. 304-311; Zhu & Wang, 2003, pp. 611-618) การเผาไม้ (Johnson et al., 2000, pp. 636-641) การเผาไหม้ฟางข้าว (Jiao, Xu, Dawson, Chen, & Tao, 2007, pp. 230-235; Yang et al., 2006, pp. 1266-1274) กลุ่มรองลงมา คือ กลุ่ม 5-6 ring ได้แก่ Benzo (ghi) perylene, Benzo (e) pyrene, Benzo (a) pyrene, Indeno (1,2,3cd) pyrene ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการเผาไหม้ในโรงรมยางที่พบสาร PAHs กลุ่ม 5-6 ring ได้แก่ Benzo (ghi) perylene, Benzo (a) pyrene, Indeno (1,2,3cd) pyrene (Choosong, Furuuchi, Tekasakul, Tekasakul, Chomanee, Jinno, Hata, Otani, 2007, pp. 91-96; Furuuchi, Otani, Choosong, Tekasakul, Yoshikawa, Bai, Tekasakul, 2007, pp. 1-2) และอาจเนื่องจากในโรงงานยางแผ่นรมควันที่ศึกษา มีควันจากท่อไอเสียของรถยก (forklift) ที่ใช้ขนย้ายยางแผ่นตลอดเวลางาน ซึ่งเป็นควันไอเสียจากน้ำมันดีเซลที่ใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงในรถยก โดยสอดคล้องกับงานวิจัยจากท่อไอเสียของยานพาหนะในการจราจร พบสาร PAHs กลุ่ม 5-6 ring ที่เกิดจากการสันดาบน้ำมันเชื้อเพลิงเช่นกัน (Shilua et al., 2000, pp. 115-127; Omar, Abas, Ketuly, Tahir, 2002, pp. 247-254; Rehwagen, Muller, Massolo, Herbarth, & Ronco, 2004, pp. 199-210; Omar, Mon, Rahman, Abas, 2006, pp. 76-81; Sharma, Jain, & Khan, 2007, pp. 302-310)

ในแง่ของสารก่อมะเร็งในมนุษย์ การศึกษานี้พบปริมาณ benzo (a) pyrene 2.41 ng/m³ ซึ่งสูงกว่าการศึกษากลุ่มการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลในครัวเรือนที่ผ่านมา ที่เก็บเฉพาะ particle-phase ได้แก่ การเผาไม้ในเตาผิง 1.3 ng/m³ (Hellen, Hakola, Haaparanta, Pietarila, & Kauhaniemi, 2008, pp. 283-290) การเผาไหม้ต้นอ้อย 1.9 ng/m³ (Godoi et al., 2004, pp. 49-53) การเผาฟางข้าวในประเทศไต้หวัน 0.29 ng/m³ (Yang et al., 2006, pp. 1266-1274) ส่วนการศึกษาที่พบปริมาณความเข้มข้น Benzo (a) pyrene สูงกว่าการศึกษานี้ ได้แก่ กลุ่มคนงานในวัด สัมผัสควันธูป ในประเทศไต้หวัน ที่พบสูงถึง 30 ng/m³ (Kuo, Wong, Lin, Lai, & Lee, 2008, pp. 1337-1344) อาจเนื่องจากคนงานสัมผัสควันธูปโดยตรงในขณะที่ควันไม้ซึ่งพาราคจะผ่านท่อโลหะที่ขรอบห้องอบยาง หรืออาจแสดงว่าปริมาณ PAHs จากควันธูปในวัดสูงกว่าจริง อย่างไรก็ตาม สาร benzo (a) pyrene ในการศึกษาครั้งนี้ไม่เกินค่ามาตรฐานในการทำงานคือ 200,000 ng/m³ (OSHA, 1998) และในประเทศเยอรมนีกำหนดค่ามาตรฐานในพื้นที่ผลิตถ่านหินไม่เกิน 5,000 ng/m³ และในพื้นที่ส่วนอื่นๆ ไม่เกิน 2,000 ng/m³ (Bundesministerium, 2000)

ปริมาณ NO₂ ที่ได้จากการศึกษานี้มีค่าเท่ากับ 0.0122 ppm ใกล้เคียงกับการศึกษาในกลุ่มที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลภายในครัวเรือน 0.0259 ppm (Belanger et al., 2006, pp. 297-303); การใช้เตาผิง 0.0035 ppm (Gilbert et al., 2006, pp. 1-8) ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานในการทำงาน 3 ppm (ACGIH, 2005) NO₂ เป็นก๊าซที่ละลายน้ำได้น้อย ทำให้ระคายเคืองเยื่อหรือทางเดินหายใจส่วนต้นเล็กน้อย แต่ตำแหน่งของการเกิดพิษหลักมักเกิดกับทางเดินหายใจส่วนล่าง กลไกการเป็นอันตรายต่อระบบการหายใจเกิดจาก oxidative stress ซึ่งเป็นผลจากการเกิดอนุมูลอิสระของออกซิเจน (free oxygen radical) ที่เป็นพิษต่อเซลล์ของระบบทางเดินหายใจและเนื้อเยื่อปอดโดยตรง นอกจากนี้ NO₂ ยังมีผลกระตุ้นต่อโปรตีน kinase และ NF-KB ที่กระตุ้นให้มีการสร้าง mRNA และ gene ที่ผลิต cytokine และ inflammatory mediators อื่น ๆ (สมเกียรติ วงษ์ทิม, 2542, หน้า 293-310) ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมามีพบว่า NO₂ ทำให้เกิดอาการไอแหว่ง ๆ (Gehring et al., 2002, pp. 690-698) หายใจมีเสียงวี๊ด หายใจสั้น แน่นหน้าอก (Belanger et al., 2006, pp. 297-303) และโรคหืด (Shima & Adachi, 2000, pp. 862-870; Studnicka et al., 1997, pp. 2275-2278)

SO₂ ไม่สามารถรายงานผลได้ เนื่องจากความผิดพลาดของ passive sampler โดยจากการศึกษาของพีระพงษ์ ทิมสกุล และคนอื่นๆ (2550) ได้ทดลองเก็บ SO₂ ด้วย passive sampler เปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษพบว่า การวัด SO₂ ในบรรยากาศเดียวกัน ด้วย passive sampler ให้ค่าในช่วง 0.3-1.0 ppb ในขณะที่เมื่อใช้วิธีมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษให้ค่าในช่วง 1.8-1.9 ppb จะเห็นว่าการวัดจาก passive sampler ให้ค่าต่ำกว่าเครื่องมือมาตรฐาน สาร SO₂ เป็นก๊าซที่ละลายน้ำได้เร็วมาก ก๊าซนี้ถูกหายใจเข้าไปในจมูกจะละลายน้ำในเยื่อจมูกและ

ทางเดินหายใจส่วนบน กลายเป็นกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ซึ่งเป็นกรดอย่างแรง มีฤทธิ์ระคายเคืองทำลายเซลล์เยื่อหุ้มของทางเดินหายใจ ในกรณีที่ได้รับ SO_2 ในปริมาณสูงหรือ หายใจทางปาก หายใจแรง ๆ ลึก ๆ จะทำให้ SO_2 บางส่วนลงไปไหลอดลมส่วนล่างและปอดได้ (สมเกียรติ วงษ์ทิม, 2542, หน้า 293-310) ส่งผลให้เกิด อาการแน่นหน้าอก หายใจมีเสียงวี๊ด (Balmes et al., 1987, pp. 1117-1121) Severe airway obstruction, hypoxia (Rabinovitch et al., 1989, pp. 556-558) โรคหืด (Sole et al., 2007, pp. 6-13) หลอดลมอักเสบ (สมเกียรติ วงษ์ทิม, 2542, หน้า 293-310; Henneberger et al., 2005, pp. 3028-3037) และสมรรถภาพปอดผิดปกติ (Rabinovitch et al., 1989, pp. 556-558; Charan et al., 1979, pp. 555-560)

การศึกษาครั้งนี้ไม่พบ O_3 อาจเนื่องจาก NO_2 และ VOCs มีปริมาณน้อยมากในโรงงานยางแผ่นรมควัน และพื้นที่โรงงานยางแผ่นรมควัน ค่อนข้างทึบ แสงแดดส่องไม่ถึง O_3 เป็นก๊าซที่เกิดจาก ปฏิกิริยาระหว่าง ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และสารประกอบอินทรีย์ที่ระเหยได้ (Volatile Organic Compound หรือ VOC) ทำปฏิกิริยากับแสงแดด (photochemical reaction) ในงานวิจัยในกลุ่มการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลในครัวเรือนที่ผ่านมา พบความเข้มข้นของ O_3 เท่ากับ 0.250 ppm (Jorres et al., 1996, pp. 56-64) ซึ่งเกินมาตรฐานในการทำงาน 0.1 ppm (ACGIH, 2005) O_3 ไม่ค่อยละลายน้ำจึงถูกหายใจเข้าไปในหลอดลมและปอดได้มาก กลไกที่โอโซนทำให้เกิดโรคระบบทางเดินหายใจ เชื่อว่าผ่านทาง oxidative system เนื่องจากโอโซนเป็น potent oxidizing agent ที่สำคัญ จึงทำปฏิกิริยากับส่วนประกอบต่างๆ ของทั้งภายในและภายนอกเซลล์ (สมเกียรติ วงษ์ทิม, 2542, หน้า 293-310) ส่งผลให้เกิด หลอดลมมีความไวต่อการตอบสนองเพิ่มมากขึ้น (Kreit et al., 1989, pp. 217-222) โรคหืด (Romieu et al., 1995, pp. 546-553) และค่า FEV_1 ลดลง (Korrick et al., 1998, pp. 93-99; Kreit et al., 1989, pp. 217-222)

ความเข้มข้นของ VOCs ในการศึกษาครั้งนี้สูงกว่า การเผาไหม้ในเตาผิงของฟินแลนด์ ที่พบปริมาณความเข้มข้นของ (Trichloromethane 0.00003, o-Xylene 0.00007, Toluene: 0.0004 ppm (Hellen et al., 2008, pp. 283-290) อาจเนื่องจากปริมาณการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในครัวเรือน น้อยกว่าเมื่อเทียบกับโรงงานยางแผ่นรมควัน ซึ่งมีกำลังการผลิตสูงและเป็นอุตสาหกรรมเพื่อการค้า แต่ค่าที่ตรวจพบไม่เกินมาตรฐานในการทำงาน (ACGIH, 2005) ทั้งนี้ VOCs เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหืด (Rumchev et al., 2004, pp. 746-751) ค่า FEV_1 ลดลง (Harving et al., 1991, pp. 751-754) และการระคายเคืองต่อทางเดินหายใจ ทำให้เกิดหลอดลมอักเสบและหดรัด (สุรจิต สุนทรธรรม, 2542, หน้า 72-80; วิชัย เอกพลากร และสุรจิต สุนทรธรรม, 2542, หน้า 181-188)

อนึ่ง นอกจากสารเคมีทั้ง 5 ชนิดที่ศึกษา ในโรงงานยางแผ่นรมควันมีสารเคมีที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลอีกหลายชนิดที่ส่งผลต่ออาการและโรกระบบทางเดินหายใจ สมรรถภาพปอดได้แก่ Organic alcohols and acids, Aldehydes, Quinones ๗ (Naehler et al., 2005, pp. 1-75) arsenic, cadmium (Kuo et al., 2006, pp. 1337-1344; Nawrot et al., 2006, pp. 119-126) chromium (Kuo et al., 2006, pp. 1337-1344) และนอกจากนั้นยังมีสปอร์ของราที่ตัวแผ่นยางดิบที่สามารถทำให้เกิดโรคภูมิแพ้ (Allergic diseases) รวมทั้งโรคหืด (Asthma) และโรคปอดอักเสบภาวะภูมิไวเกิน (Hypersensitivity lung diseases) (Dowes, Thorne, Pearce, & Heederik, 2003, pp. 187-200) ตลอดจนปฏิสัมพันธ์ขององค์ประกอบทางเคมีของควันที่เกิดจากการเผาไหม้มีมากมายหลายชนิด ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจได้เช่นกัน (ศูนย์พิษวิทยารามาธิบดี, 2539)

ในการศึกษานี้พบว่าปริมาณ PAHs, NO₂, SO₂, O₃, VOCs ไม่เกินค่ามาตรฐานในการทำงาน (TLV-TWA) ของ (ACGIH, 2005) แต่พบความชุกของอาการและโรกระบบทางเดินหายใจในกลุ่มพนักงานยางแผ่นรมควันสูงกว่ากลุ่มเกษตรกรชาวสวนยางพาราและกลุ่มงานวิจัยด้านการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลในครัวเรือน ที่น่าสนใจคือแม้ ปริมาณ PAHs ในกลุ่มเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลในครัวเรือนมีปริมาณน้อยกว่าโรงงานยางแผ่นรมควัน และไม่เกินค่ามาตรฐานเช่นกันแต่มีความชุกของอาการและโรกระบบทางเดินหายใจค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตามการสัมผัสในครัวเรือนเป็นการสัมผัส 24 ชั่วโมง และใช้ค่ามาตรฐาน EPA ในขณะที่ทางอาชีพเวชศาสตร์เป็นการสัมผัสเฉพาะช่วงเวลาการทำงานและใช้ค่ามาตรฐานของ OSHA อาจทำให้เปรียบเทียบได้ไม่ดีเท่าที่ควร นอกจากนั้นยังมีสิ่งคุกคามสุขภาพจากการทำงานในโรงงานยางแผ่นรมควันอื่นๆ เนื่องจากควันไม้จากการเผาไหม้ยังประกอบด้วยสารเคมีอันตรายอีกหลายชนิด การมีปฏิสัมพันธ์ของสารเคมีที่มีหลายชนิดในควันไม้ และ Bioaerosol ในบรรยากาศการทำงานของโรงงานยางแผ่นรมควัน

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนา แบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional study) ซึ่งเป็นการประเมิน exposure และ disease status ณ จุดหนึ่งของเวลาทำให้ไม่สามารถระบุความสัมพันธ์ระหว่างสารเคมีและก๊าซพิษกับความผิดปกติของระบบทางเดินหายใจได้ แต่การศึกษานี้มีข้อได้เปรียบการศึกษาที่ผ่านมาเนื่องจากได้ออกแบบให้มีกลุ่มควบคุม ซึ่งผลการเปรียบเทียบระหว่างสองกลุ่มสนับสนุนผลการศึกษาส่วนใหญ่ที่พบว่าการสัมผัสควันจากการเผาไหม้น่าจะสัมพันธ์กับอาการผิดปกติและโรกระบบทางเดินหายใจ

เมื่อพิจารณาถึงความถูกต้องของการวัดสิ่งสัมผัสในงานวิจัยนี้จะเห็นว่า การออกแบบการเก็บตัวอย่างอากาศแบบตัวบุคคลด้วยวิธีสุ่มตัวอย่างร่วมกับการวัดแบบพื้นที่ ด้วยวิธี Active sampling โดยใช้วิธีมาตรฐานของ NIOSH ใช้ระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง 8 ชั่วโมงการทำงาน ซึ่งเก็บตัวอย่างอากาศตามระยะเวลาการทำงานของคนงานในกระบวนการผลิตยางแผ่นรมควันของโรงงานอุตสาหกรรม จึงให้ผลการตรวจวัดที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือ และการวัดเฉพาะ particle-phase ในขณะที่ในบรรยากาศงานมีทั้ง particle phase (PP) และ gaseous phase (GP) อาจทำให้ได้ปริมาณของ PAH ต่ำกว่าความเป็นจริง แต่จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่างานวิจัยส่วนใหญ่ในกลุ่มเชื้อเพลิงชีวมวลก็เก็บเฉพาะ PP เช่นกันจึงไม่มีปัญหาในการเปรียบเทียบผล นอกจากนี้ PAHs สามารถซึมผ่านผิวหนังได้ ดังนั้นการเก็บเฉพาะตัวอย่างอากาศอาจไม่ใช่ตัวแทนที่ดีของการสัมผัสเท่ากับการประเมิน internal dose ด้วย Urinary 1-hydroxypyrene (1-OHP) หรือ hydroxyphenanthrenes (OH-Phen) (Forster, et al., 2008, pp. 222-229; Kuo, Chao, & Hu, 2008, pp. 44-50; Hansen, Mathiesen, Pedersen, Knudsen, 2008, pp. 471-503; Rihs et al., 2005, pp. 241-255; Guendel, Schaller, & Angerer, 2000, pp. 270-274) และข้อจำกัดประการสุดท้ายคือ ผลการวัด SO₂ ด้วย passive sampler มีความผิดพลาดจนไม่สามารถรายงานผลได้

ส่วนการวัดอาการผิดปกติและโรคจากการทำงานด้วยแบบสอบถามร่วมกับการวัดสมรรถภาพปอด สามารถตรวจวัดพนักงานทุกคนได้ เมื่อพิจารณาแบบสอบถามอาการระบบทางเดินหายใจได้แก่ มีอาการเป็นบ่อยๆ มากกว่าหนึ่งในสามของเวลา เป็นคำถามที่มีความไวต่ำ และความจำเพาะสูงแต่ยังพบอาการระบบทางเดินหายใจในการศึกษาครั้งนี้สูงกว่าการศึกษาที่ผ่านมา สนับสนุนพนักงานในโรงงานยางแผ่นรมควันมีความเสี่ยงของอาการผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ และในส่วนของ การวัดสมรรถภาพปอดครั้งเดียวอาจมีความไวไม่เพียงพอในการระบุความผิดปกติของปอดได้ เนื่องจากอัตราการลดลงของสมรรถภาพปอดของคนงานยังอยู่ในเกณฑ์ปกติ ดังนั้นควรออกแบบการวัดสมรรถภาพปอดเป็นระยะ เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของค่า PFT หรือออกแบบการตรวจวัดเปรียบเทียบก่อนและหลังการทำงาน

4.3 ข้อเสนอแนะด้านอาชีวอนามัย

4.3.1 ควรกำหนดมาตรการควบคุมสิ่งแวดล้อมภายในโรงงาน อาทิ ท่อโลหะสำหรับระบายควันพิษ ออกสู่ภายนอกโรงงาน และติดแผ่นฟอลต์รอบประตูห้องรมควันยางแผ่นเพื่อกันควันที่ตกค้างอยู่อีกชั้นหนึ่ง และติดตั้งระบบระบายอากาศภายในโรงงาน เพื่อลดการสัมผัสและช่วยป้องกันการสะสมของฝุ่นและควันพิษ

4.3.2 ควรมีการตรวจสุขภาพประจำปี อาทิ สัมภาษณ์อาการและโรคระบบทางเดินหายใจ ตรวจสมรรถภาพปอดแก่พนักงานทุกคน

4.4 ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

4.4.1 ออกแบบการศึกษาแบบ cohort เพื่อลดความลำเอียงแบบ healthy worker effect

4.4.2 เพิ่มความไวของค่าสมรรถภาพปอดโดยการวัดซ้ำเป็นระยะและใช้การเปลี่ยนแปลงค่าสมรรถภาพปอดในการประเมินผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจแทนการใช้ค่าสมรรถภาพปอดเพียงครั้งเดียว

4.4.3 ควรวัดตัวแปรอื่นๆ อาทิ วัดภาวะภูมิไวเกินของหลอดลม biomarker ต่างๆ ในลมหายใจ เก็บเสมหะ เป็นต้น

4.4.4 เก็บตัวอย่างอากาศ PAHs ทั้งแบบ particle-phase และ gaseous phase เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานและการศึกษาที่มีการเก็บตัวอย่างอากาศทั้ง 2 แบบได้

4.4.5 ประเมิน internal dose ของ PAHs โดยการเก็บตัวอย่าง Urinary 1-hydroxypyrene (1-OHP), hydroxyphenanthrenes (OH-Phen) เป็นต้น

4.4.6 ศึกษาหาปริมาณ SO_2 โดยใช้วิธี active sampling ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐาน มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ

4.4.7 ศึกษาชนิดและปริมาณของสารประกอบอื่นๆ ในควันไม้ นอกเหนือจากศึกษาในครั้งนี้อาทิ Aldehydes, Inorganic compounds, Organic alcohols and acids Phenols, Quinones เป็นต้น

4.4.8 ศึกษา Bioaerosol ในโรงงานยางแผ่นรมควันที่อาจส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจและสมรรถภาพการทำงานของปอด

4.4.9 ศึกษาต้นแบบ การควบคุมควันพิษ เช่นการดักจับฝุ่นและควันพิษ ที่มีประสิทธิภาพและใช้งานได้ในโรงงานยางแผ่นรมควัน

บรรณานุกรม

กรมควบคุมมลพิษ. (2550). มาตรฐานค่าสารอินทรีย์ระเหยง่าย VOCs. ค้นเมื่อ 5 กุมภาพันธ์ 2552,
จาก http://www.trg.co.th/enews/pdf/premiumsolution_vol 25. pdf

กรมควบคุมมลพิษ. (2550) มาตรฐานคุณภาพอากาศ. ค้นเมื่อ 6 สิงหาคม 2550.
<http://www.school.net.th/library/snet6/envi6/kot/ot0.htm>

ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคใต้. (2548). รายงานเศรษฐกิจและการเงินภาคใต้ปี.
สงขลา: บริษัท ลิมบราเคอร์การพิมพ์ จำกัด.

บุญสืบ ศรีไชยยันต์ และแสงจันทร์ ทองมาก. (2538). *คู่มือการเรียนรู้ด้วยตนเองสำหรับบุคลากร
ทางสุขภาพ เรื่อง การดูแลผู้ป่วยที่มีปัญหาเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ.*
กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัด ลดาวัลย์ พรินต์.

โยธิน ต้นธรรมสกุล. (2534). การฝึกปฏิบัติการเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศที่เป็นก๊าซ และ ไอ.
ใน เบญจพิชญ์ บุญจิตติกุล และอังคณา นันท์ธิพาวรรณ (บก.). เอกสารการสอนชุดวิชาการ
ฝึกปฏิบัติงานอาชีพอนามัย ความปลอดภัย และเออร์گونอมิกส์. (น. 249-324).
กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.

วนิดา ทรัพย์สุข, วนิดา จินศาสตร์, และสว่าง แสงหิรัญวัฒนา. (2548). ผลกระทบต่อสุขภาพของฝุ่น
ขนาดเล็ก และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ในเขตกรุงเทพมหานคร และจังหวัด
นครราชสีมา. สภาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

วิชัย เอกพลากร. (2542). ซัลเฟอร์ไดออกไซด์. ใน วิชาวัฒน์ จึงประเสริฐ และสุรจิต สุนทรธรรม
(บก.). อาชีวเวชศาสตร์ (ฉบับพิเศษวิทยา). (น. 101-106). นนทบุรี: ไชเบอร์เพรส จำกัด.

วิชัย เอกพลากร และสุรจิต สุนทรธรรม. (2542). โทลูอิน. ใน วิชาวัฒน์ จึงประเสริฐ
และสุรจิต สุนทรธรรม (บก.). อาชีวเวชศาสตร์ (ฉบับพิเศษวิทยา). (น. 181-188).
นนทบุรี: ไชเบอร์เพรส จำกัด.

วิไลฐศักดิ์ วุฒิอดิเรก. (2543). ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสิ่งเป็นพิษ. ค้นเมื่อ 5 มีนาคม 2550,
จาก http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/a_tx_1_001c.asp?info_id=77

สถาบันนวัตกรรมและพัฒนากระบวนการเรียนรู้. (มปป.). ผลกระทบของสารมลพิษทางอากาศ
โอโซน. ค้นเมื่อ 13 กันยายน 2549, จาก: [http://www.il.mahidol.ac.th/course/
ecology/chapter2/ chapter2_airpollution8.htm](http://www.il.mahidol.ac.th/course/ecology/chapter2/ chapter2_airpollution8.htm)

สบชัย บวรกิตติ, โยธิน เบญจวงษ์. (2542). โรคปอดเหตุอาชีพ. ใน สบชัย บวรกิตติ, โยธิน เบญจวงษ์
และปฐม สวรรค์ปัญญาเลิศ (บก.). ตำราอาชีพเวชศาสตร์. (น. 533-558).
กรุงเทพมหานคร: กรุงเทพมหานคร.

สมาคมช่างพาราไทย. (2549). การสัมมนาการเพิ่มประสิทธิภาพและการป้องกันมลพิษ (เทคโนโลยี
การผลิตสะอาด) ในอุตสาหกรรมช่างพาราและอุตสาหกรรมช่างแท่งเอสทีอาร์ 20. คณะ
สิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

สมเกียรติ วงษ์ทิม. (2542). ผลกระทบต่อสุขภาพของมลพิษทางอากาศภายในอาคาร. ใน สมเกียรติ วงษ์ทิม,
วิทยา ศรีดามา (บก.). ตำราโรคปอด 1 โรคปอดจากสิ่งแวดล้อม. (น. 293-310).
กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมเกียรติ วงษ์ทิม และสุมาลี เกียรติบุญศรี. (2543). มลภาวะทางอากาศและระบบการหายใจ. ใน
สุมาลี เกียรติบุญศรี (บก.). อูรเวชช์ 2001. (น. 208-232). กรุงเทพมหานคร: หจก.ภาพพิมพ์.

สมาคมอูรเวชช์แห่งประเทศไทย. (2545). แนวทางการตรวจสอบรรถภาพปอดด้วยสไปโรเมตริย์.
กรุงเทพมหานคร: หจก.ภาพพิมพ์.

สำนักงานคุณภาพอากาศและเสียง. (มปป.). ซัลเฟอร์ไดออกไซด์. ค้นเมื่อ 13 กันยายน 2549,
จาก http://aqnis.pcd.go.th/basic/pollution_so2.htm

สำนักงานจังหวัดสงขลา. (2548). แผนปฏิบัติราชการ 4 ปี (พ.ศ. 2548-2551) จังหวัดสงขลา. ค้นเมื่อ 24 สิงหาคม 2550, จาก http://www.songkhla.go.th/web_sk/yuttasadkanpattana/WORD/pan4pe_sk.doc

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2548). รายงานฐานข้อมูลยางพาราโครงการจัดตั้งศูนย์ฐานข้อมูลยางพารา. สงขลา: สำนักงานเศรษฐกิจและการเกษตรเขต 9 สงขลา.

สุรจิต สุนทรธรรม. (2542). ในโตรเจนออกไซด์. ใน วิชาวัณย์ จึงประเสริฐ และสุรจิต สุนทรธรรม (บก.). อาชีวเวชศาสตร์ (ฉบับพิเศษ). (น. 72-80). นนทบุรี: ไชเบอร์เพรส จำกัด.

เสาวนีย์ ก่ออุทัยรังษี. (2546). *การผลิตยางธรรมชาติ*: ยางแผ่นรมควัน. พิมพ์ครั้งที่ 3. ปัตตานี: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตรายและเคมีภัณฑ์. (มปป.). ในโตรเจนไดออกไซด์. ค้นเมื่อ 23 สิงหาคม 2549, จาก <http://msds.pcd.go.th/searchName.asp?vID=208>

อารี ควรเนตร. (2547). *การประเมินการสัมผัสฝุ่นควันในบรรยากาศการทำงานของคนงานรมควันยางแผ่น* ในจังหวัดนครศรีธรรมราช. วิทยานิพนธ์สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาอาชีวอนามัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สมาคมอุรเวชช์แห่งประเทศไทย. (2545). แนวทางการตรวจสมรรถภาพปอดด้วยสไปโรเมตรี. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: หจก.ภาพพิมพ์.

ศูนย์พิษวิทยารามาธิบดี. (2539). อันตรายจากการสูดดมควันไฟจากเพลิงไหม้. ค้นเมื่อ 2 มิถุนายน 2550, จาก <http://www.ra.mahidol.ac.th/poisoncenter/bulletin/bul96/v4n2/smoke.html>

Abe, S., Takizawa, H., Sugawara, I., Kodoh, S. (2000). Diesel exhaust (DE)-induced cytokine expression in human bronchial epithelial cells. *Am J Respir*, 22, 296-303.

- Akhtar, T., Ullah, Z., Khan, M.H., Nazli, R. (2007). Chronic bronchitis in women using solid biomass fuel in rural Peshawar, Pakistan. *Chest*, 132, 1472-1475.
- Albalak, R., Frisanco, A.R., Keeler G.J. (1999). Domestic biomass fuel combustion and chronic bronchitis in two rural Bolivian villages. *Thorax*, 54,1004-1008.
- American College of Occupational and Environmental Medicine. (2003). Evaluating Pulmonary Function Change Over Time. *J Occup Environ Med*, 1-16.
- American Thoracic Society/European Respiratory Society. (2005). Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J*, 26, 948-968.
- Angerer, J., Mannschreck, C., Gundel, J. (1997). Occupational exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in a graphite electrode producing plant: biological monitoring of 1-hydroxypyrene and monohydroxylated metabolites of phenanthrene. *Int Arch Occup Environ Health*, 69, 323-331.
- ATSDR. (1995). Toxicological Profile for Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAHs). *Atlanta, GA: Agency for toxic Substances and Disease Registry*, 102-135.
- Balmes, J.R., Fine, J.M., Sheppard, D. (1987). Symptomatic bronchoconstriction after short-term inhalation of sulfur dioxide. *Am Rev Respir Dis*, 136, 1117-1121.
- Barbosa J.M.S, Poppia N.R, Silva M.S. (2006). Polycyclic aromatic hydrocarbons from wood pyrolysis in charcoal production furnaces. *Environmental Research*, 101, 304-311.
- Basrur, S.V. (2002). Air pollution from wood-burning fireplace and stoves . *Toronto Public Health*, 1-17.

- Belanger, K., Gent, J.F., Triche, E.W., Bracken, M.B., Leaderer, B.P. (2006). Association of Indoor Nitrogen Dioxide Exposure with Respiratory Symptoms in Children with Asthma. *Am J Respir Crit Care Med*, 173, 297-303.
- Betchley, C., Koenige, J.Q., Vanbelle, G., Checkoway, H., Reinhardt, T. (1997). Pulmonary function and respiratory symptoms in forest firefighters. *Am J Ind Med*, 31, 503-509.
- Bhargava, A., Khanona, R.N., Bhargava, S.K., Kumar, S. (2004). Exposure risk to carcinogenic PAHs in indoor-air during biomass combustion whilst cooking in rural India. *Atmospheric Environment*, 38, 4761-4767.
- Bonvallot, V., Saeza-Squiban, A., Baulig, A., Brulant, S., Boland, S., Muzeau, F. (2001). Organic Compounds from Diesel Exhaust Particles Elicit a Proinflammatory Response in Human Airway Epithelial Cells and Induce Cytochrome p450 1A1 Expression. *Am.J.Respir*, 25, 515-521.
- Buchet, J.P., Gennart, J.P., Calderon, F.M., Delavignette, J.P., Cupers, L., Lauwerys, R. (1992). Evaluation of exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in a coke production and a graphite electrode manufacturing plant: assessment of urinary excretion of 1-hydroxypyrene as a biological indicator of exposure. *Britis Journal of Industrial Medicine*, 49, 761-768.
- Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung. (2000). Technische Regeln für Gefahrstoffe: Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz Luftgrenzwerte, TRGS. *Bundesarbeitsblatt Ausgabe Oktober*, 315-324.
- Charan, N.B., Myers, C.G., Lakshminarayan, S., Spencer, T.M. (1979). Pulmonary injuries associated with acute sulfur dioxide inhalation. *Am Rev Respir Dis*, 119, 555-560.

- Choosong, T., Furuuchi, M., Tekasakul, P., Tekasakul, S., Chomanee, J., Jinno, T., Hata, M., Otani, Y. (2007). Working environment in a rubber sheet smoking factory polluted by smoke from biomass fuel burning and health influences to workers. *Journal of Ecotechnology Research*, 13, 91-96.
- Dowes, J., Thorne, P., Pearce, N., Heederik, D. (2003). Bioaerosol health effects and exposure assessment: progress and prospects. *Ann Occup Hyg*, 47, 187-200.
- Ellegard, A. (1996). Cooking Fuel Smoke and Respiratory Symptoms among Women in Low-Income Areas in Maputo. *Environmental Health Perspectives*, 104, 980-985.
- Forster, K., Ralf, P., Bernd, R., Thomas, B., Jurgen, A., Patrice, S. (2008). 3-Hydroxybenzo[a]pyrene in the urine of workers with occupational exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in different industries. *Occup. Environ. Med*, 65, 222-229.
- Furuuchi, M., Otani Y., Choosong, T., Tekasakul, P., Yoshikawa F., Bai, Y., Tekasakul, S. (2007). Contribution of Nano Aerosol Particles On PAHSs Characteristics in A Rubber Sheet Smoking Factory. *Occupational and Environmental Health*, 1-2.
- Gamble, J.E., Nicolich, M.J., Barone, N.J, Vincent, W.J. (1999). Exposure-response of asphalt fumes with changes in pulmonary function and symptoms. *Scand J work Environ Health*, 186-206.
- Garrett, MH., Hooper, MA., Hooper, BM., Abramson, M.J. (1998). Respiratory Symptoms in Children and Indoor Exposure to Nitrogen Dioxide and Gas Stoves. *Am J Respir Crit Care Med*, 158, 891-895.
- Gehring, U., Cyrys, J., Sedlmeir, G., Brunkekeef, B., Bellander, T., Fischer, P. (2002). Traffic-related air pollution and respiratory health during the first 2 yrs of life. *Eur Respir J*, 19, 690-698.

- Ghio, A.J., Huang, Y.C. (2004). Exposure to concentrated ambient particles (CAPs): a review. *Inhal. Toxicol*, 16, 53.
- Gilbert, N.L., Gauvin, D., Guay, M., Héroux, M.E., Dupui, G., Legris, M. (2006). Housing characteristics And indoor concentrations of nitrogen dioxide and formaldehyde in Quebec City, Canada. *Published by Elsevier Inc*, 102, 1-8.
- Godoi, A.F.L., Ravindra, K., Godoi, R.H.M., Andrade, S.J., Santiago-Silva, M., Vaec, L., Van Grieken, R. (2004). Fast chromatographic determination of Polycyclic aromatic hydrocarbons in aerosol samples from sugar cane burning. *Journal of Chromatography*, 1027, 49-53.
- Glenn, D., Israel. (2003). Determining Sample Size. University of Florida. Retrieved November 15, 2006, From <http://edis.ifas.ufl.edu/PD006>, 1-6
- Gu, T.L., Liou, S.H., Hsu, C.H., Hsu, J.C., Wu, T.N. (1996). Acute health hazards of firefighters after fighting a department store fire. *Ind Health*, 34, 13-23.
- Guendel, J., Schaller, K. H., Angerer, J. (2000). Occupational exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in a reproofstone producing plant: biological monitoring of 1-hydroxypyrene, 1-, 2-, 3- and 4-hydroxyphenanthrene, 3-hydroxybenz (a) anthracene and 3-hydroxybenzo (a) pyrene. *Int Arch Occup Environ Health*, 73, 270-274.
- Gupta, P., Banerjee, D.K., Bhargava, S.K., Kaul, R., Shanker, VR. (1994). Abnormal pattern of lung functions in rubber factory workers. *J Indian Med Assoc*, 92, 260-263.

- Haldun, S., Ugur, T. T., Turhan, O., Levent, O., Marcel, Z. (2004). The association of biomass fuel combustion on pulmonary function tests in the adult population of Mid-Anatolia. *Social and Preventive Medicine*, 49, 247-253.
- Hamada, G.S., Kowalski, L.P., Murata, Y., Matsushita, H., Matsuki, H. (1992). Wood stove effects on indoor air quality in brazilian homes: carcinogens, suspended particulate matter and nitrogen dioxide analysis. *Tokai J Exp Clin Med*, 17, 145-153.
- Hansen, E.S. (1991). Mortality of mastic asphalt workers [abstract]. *Scand J Work Environ Health*, 17, 20-24.
- Hansen, A.M., Mathiesen, L., Pedersen, M., Knudsen, L.E. (2008). Urinary 1-hydroxypyrene (1-HP) in environmental and occupational studies-A review. *Int. J. Hyg. Environ. Health*, 211, 471-503.
- Harving, H., Dahl, R., Molhave, L. (1991). Lung function and bronchial reactivity in asthmatics during exposure to volatile organic compounds. *Am Rev Respir Dis*, 143, 751-754.
- Hellen, H., Hakola, H., Haaparanta, S., Pietarila, H., Kauhaniemi, M. (2008). Influence of residential wood composition on local air quality. *Science of the Total Environment*, 393, 283-290.
- Henneberger, P.K., Olin, A., Andersson, E., Hagberg, S., Toren, K. (2005). The Incidence of Respiratory Symptoms and Diseases Among Pulp Mill Workers With Peak Exposures to Ozone and Other Irritant Gases. *Chest*, 128, 3028-3037.
- Hu, Y., Bai, Z., Zhang, L., Wang, X., Zhang, L., Yu, Qingchan. (2007). Health risk assessment for traffic policemen exposed to polycyclic aromatic hydrocarbon (PAHs) in Tianjin, China. *Science of the Total Environment*, 382, 240-250.

- Hwang, B., Jaakkola, J.J., Lee, Y., Lin, Y., Guo, Y.L. (2006). Relation between air pollution and allergic rhinitis in Taiwanese schoolchildren. *Respiratory Research*, 7,1-23.
- Jarvis, D., Chinn, S., Luczynska, C., Burney, P. (1997). Domestic gas appliances and lung disease. *Thorax*, 52, 58-62.
- Jiao, X.C., Xu, F.L., Dawson, R., Chen, S.H., Tao, S. (2007). Adsorption and absorption of polycyclic aromatic hydrocarbons to rice roots. *Environmental Pollution*, 148, 230-235.
- Johnson, D. B., Burgess, J.L., Crutchfield, C.D., Stormont, S., Gerkin, R., Wilson, J.R. (2000). Characterization of Firefighter Exposures During Fire Overhaul. *AIHAJ*, 61, 636-641.
- Jorres, R., Nowak, D., Magnussen, H. (1996). The effect of ozone exposure on allergen responsiveness in subjects with asthma or rhinitis. *Am J Respir Crit Care Med*, 153, 56-64.
- Kachel, T. (2003). Effect of occupational exposure and smoking on spirometric tests and symptoms of chronic bronchitis. *Pneumonol Alergol Pol*, 71, 428-439.
- Khoder, M.I. (2006) Ambient levels of volatile organic compounds in the atmosphere of Greater Cairo. *Atmospheric Environment*, 41, 554-566.
- Kinney, P.L., Thurston, G.D., Raizenne, M. (1996). The Effects of Ambient Ozone on Lung Function in Children: A Reanalysis of Six Summer Camp studies. *Environ Health Perspect*, 104, 170-174.
- Kopp, M.V., Bohnet, W., Frischer, T., Ulmer, C., Studnicka, M., Ihorst, G. (2000). Effect of ambient ozone on lung function in children over a two-summer period. *Eur Respir J*, 16, 893-900.

- Korrick, S.A., Neas, L.M., Dockery, D.W., Gold, D.R., Allen, G.A. (1998). Hill L.B. Effects of Ozone and Other Pollutants on the Pulmonary Function of Adult Hikers. *Environ Health Perspect*, 106, 93-99.
- Kreit, J.W., Gross, K.B., Moor, T.B., Lorenzen, T.J., Darcy, J., Eschenbacher, W.L. (1989). Ozone-induced changes in pulmonary function and bronchial responsiveness in asthmatics. *The American Physiological society*, 8, 217-222.
- Krochmal, D., Kalina, A. (1997). Measurements of nitrogen dioxide and sulphur dioxide concentrations in urban and rural areas of Poland using a passive sampling method. *Environmental Pollution*, 96, 401-407.
- Kuo ,C.Y., Wong, R.H., Lin, J.Y., Lai, J.C., Lee, H. (2006). Accumulation of chromium and nickel metals in lung tumors from lung cancer patients in Taiwan. *J. Toxicol. Environ. Health*, 69, 1337-1344.
- Kuo, C.Y., Y.H., Chao, M.R., Hu, C.W. (2008). The exposure of temple workers to polycyclic aromatic hydrocarbons. *Science of the total environment*, 401, 44-50.
- Kuusimaki, L., Peltonen, K., Mutanen, P., Savela, K. (2003). Analysis of Particle Vapour Phase PAHs from the Personal Air Samples of Bus Garage Workers Exposed to Diesel Exhaust. *Ann. Occup. Hyg*, 47, 389-398.
- Large, A.A., Owens, G.R., Hoffman, L.A. (1990). The short-term effects of smoke exposure on the pulmonary function of firefighters. *Chest*, 97, 806-809.
- Larson, T.V., Koenig, J.Q. (1994). Wood smoke: Emissions and noncancer respiratory effects. *Annu Rev Public Health*, 15, 133-156.

- Lee, J.Y., Shin, H.J., Bae, S.Y., Kim, Y.P., Kang, C.H. (2008). Seasonal variation of particle size distributions of PAHs at Seoul, Korea. *Air Qual Atmos Health*, 1, 57-68.
- Leem, J.H., Kim, J.H., Lee, K.H., Hong, Y.C., Lee, K.H., Kang, D., Kwon, H.J. (2005). Asthma attack associated with oxidative stress by exposure to ETS and PAH. *Journal of Asthma*, 42, 463-467.
- Lin, Y.C., Lee, W.J., Hou, H.C. (2006). PAH emissions and energy efficiency of palm-biodiesel blends fueled on diesel generator. *Atmospheric Environment*, 40, 3930-3940.
- Liu, D., Tager, I.B., Balmes, J.R., Harrison, R.J. (1992). The effect of smoke inhalation on lung function and airway responsiveness in wildland fire fighters. *Am Rev Respir Dis*, 146, 1469-1473.
- Liu, Y.N., Tao, S., Dou, H., Zhang, T.W., Zhang, X.L. (2007). Dawson R. Exposure of traffic police to Polycyclic aromatic hydrocarbons in Beijing, China. *Chemosphere*, 66, 1922-1928.
- Marr, L.C., Grogan, H.W., Molina, L.T., Molina, M.J. (2004). Vehicle traffic as a source of polycyclic aromatic hydrocarbons exposure in the Mexico city Metropolitan Area. *Environ Sci Technol*, 38, 2584-2592.
- Miller, R.L., Garfinkel, R., Horton, M., Camann, D., Perera, F.P., Whyatt, R.M. (2004). Polycyclic aromatic hydrocarbons, Environmental tobacco smoke, and respiratory symptoms in an inner-city birth cohort. *Chest*, 126, 1071-1078.
- Mishra, V. (2003). Effect of Indoor Air Pollution from Biomass Combustion on Prevalence of Asthma in the Elderly. *Environ Health perspec*, 111, 71-77.
- Mishra, V. (2003). Indoor air pollution from biomass combustion and acute respiratory illness in preschool age children in Zimbabwe. *International Journal of Epidemiology*, 32, 847-853.

Monn, C., Brandli, O., Schindler, C., Liebrich, U.A., Leuenberger, P., SAPALDIA, Team. (1998). Personal exposure to nitrogen dioxide in Switzerland. *The Science of the Total Environment*, 243-251.

Naeher, L.P., Smith, K.R., Brauer, M., Chowdhury, Z., Simpson, C., Koenig, J.Q., Lipsett, M., Zelikoff, J.T. (2005). Critical Review of the Health Effects of Woodsmoke. *Air Health Effects Division*, 581, 1-75.

Nawrot, T., Plusquin, M., Hogervorst, J., Roels, H.A., Celis, H., Thijs, L. (2006). Environmental exposure to cadmium and risk of cancer: a prospective population-based study. *Lancet Oncol*, 7, 119-126.

Nel, A.E., Diaz-Sanchez, D., Li, N. (2001). The role of particulate pollutants in pulmonary inflammation and asthma: evidence for the involvement of organic chemicals and oxidative stress. *Curr Opin Pulm Med*, 7, 20-26.

NIOSH. (2003). NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM): Hydrocarbons Aromatic. Retrieved August 14, 2006, from <http://www.cdc.gov/niosh/nmam/pdfs/1501.pdf>

NIOSH. (1994). NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM): Sulfur Dioxide. Retrieved August 14, 2006, from <http://www.cdc.gov/niosh/nmam/pdfs/1501.pdf>

NIOSH. (1998). NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM): Polynuclear Aromatic Hydrocarbons by HPLC. Retrieved August 14, 2006, from <http://www.cdc.gov/niosh/nmam/pdfs/5506.pdf>

NIOSH. (1998). NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM): Polynuclear Aromatic Hydrocarbons by HPLC. Retrieved August 14, 2006, <http://www.cdc.gov/niosh/nmam/pdfs/5506.pdf>.

- NIOSH. (2005). NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards: Ozone. Retrieved August 14, 2006, from <http://www.cdc.gov/niosh/nmam/pdfs/5506.pdf>
- Okuda, T., Kumata, H., Zakaria, M.P., Naraoka, H., Ishiwatari, R., Takada, H. (2002). Source identification of Malaysian atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons nearby forest fires using molecular and isotopic compositions. *Atmospheric Environment*, 36, 611-618.
- Omar, N.Y.M.J., Mon, T.C., Rahman, N.A., Abas, M.R.B. (2006). Distributions and health risks of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in atmospheric aerosols of Kuala Lumpur, Malaysia *Science of the Total Environment*, 369, 76-81.
- Omar, N.Y.M.J., Abas, M.R.B., Ketuly, K.A., Tahir, N.M. (2002). Concentrations of the in atmospheric particles (PM-10) and roadside soilb particles collected in Kuala Lumpur, Malaysia. *Atmos Environ*, 36, 247-254.
- Orozco-Levi, M., Garcia-Aymerich, J., Villar, J., Ramirez-Sarmiento, A., Anto JM., Gea, J. (2006). Wood smoke exposure and risk of chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J*, 27, 542-546.
- Ozden, O., Dogeroglu, T., Kara, S. (2008). Assessment of ambient air quality in EskiSehir, Turkey. *Environment International*, 34, 678-687.
- Pacheco, K.A., Tarkowski, M., Sterritt, C., Negri, J., Rosenwasser, L.J., Borish, L. (2001). The influence of diesel exhaust particles on mononuclear phagocytic cell-derived cytokines: IL-10, TGF-beta and IL-1 beta. *Clin Exp Immunol*, 126, 374-383.
- Pandy, M.R. (1984). Prevalence of chronic bronchitis in a rural community of the hill region of Nepal. *Thorax*, 39, 331-336.

- Pierson, W.E., Koenig, J.Q., Bardana, E.J. (1989). Potential adverse health effects of wood smoke. *West J Med*, 151, 339-342.
- Preuss, R., Drexler, H., Bottcher, M., Wilhelm, M., Bruning, T., Angerer, J. (2005). Current external and internal exposure to naphthalene of workers occupationally exposed to polycyclic aromatic hydrocarbons in different industries. *Int Arch Occup Environ Health*, 78, 355-362.
- Rabinovitch, S., Greyson, N.D., Weiser, W., Hoffstein, V. (1989). Clinical and laboratory features of acute sulfur dioxide inhalation poisoning: two-year follow-up. *Am Rev Respir Dis*, 139, 556-558.
- Randem, B.G., Ulvestad, B., Burstyn, I., Kongerud, J. (2004). Respiratory symptoms and airflow limitation in asphalt workers. *Occup Environment Med*, 61, 367-369.
- Regalado, J., Padilla, R.P., Sansores, R., Ramirez, J.P., Brauer, M., Pare, P., Vedal, S. (2006). The effect of biomass burning on respiratory symptoms and lung function in rural Mexican woman. *Am J respire Crit Care Med*, 174, 901-905.
- Rehwagen, M., Muller, A., Massolo, L., Herbarth, O., Ronco, A. (2005). Polycyclic aromatic hydrocarbons associated with particles in ambient air from urban and industrial areas. *Science of the Total Environment*, 348, 199-210.
- Rihs, H.P., Pesch, B., Kappler, M., Rabstein, S., Robbach, B., Angerer, J., Scherenberg, M., Adams, A., Wilhelm, M., Seidel, A., Bruning, T. (2005). Occupational exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in German industries: Association between exogenous exposure and urinary metabolites and its modulation by enzyme polymorphisms. *Toxicology Letters*, 157, 241-255.

- Romieu, I., Meneses, F., Sienna-Monge, J.J., Huerta, J., Ruiz Velasco, S., White, M.C. (1995). Effect of urban air pollutants on emergency visits for childhood asthma in Mexico City. *Am J Epidemiol*, 141, 546-553.
- Rothman, N., Ford, D.P., Baser, M.E., Hansen, J.A., Tool, T., Tockman, M.S., Strickland, P.T. (1991). Pulmonary function and respiratory symptoms in wildland firefighter. *J Occup Med*, 33, 1163-1167.
- Rumchev, K., Spickett, J., Bulsara, M., Phillips, M., Stick, S. (2004). Association of domestic exposure to volatile organic compounds with asthma in young children. *Thorax*, 59, 746-751.
- Saha, A., Mohan, N.R., Kulkarni, P.K., Majumdar, P.K., Saiyed, H.N. (2005). Pulmonary function and fuel use: A population survey. *Respiratory Research*, 6, 1-6.
- Salvi, S.S., Nordenhall, C., Blomberg, A. (2000). Acute exposure to diesel exhaust increases IL-8 and GRO- α production in healthy human airways. *Am J Respir Crit Care Med*, 161, 550-557.
- Santos, C.Y.M., Azevedo, D.A., Neto, F.R.A. (2002). Selected organic compounds from biomass burning found in the atmospheric particulate matter over sugarcane plantation areas. *Atmospheric Environment*, 36, 3009-3019.
- Sharma, H., Jain, V.K., Khan, Z.H. (2007). Characterization and source identification of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the urban environment of Delhi. *Chemosphere*, 66, 302-310.
- Shihua, Q.I., Jun, Y., Gan, Z., Jiamo, F., Guoying, S., Zhishi, W. (2000). Distribution of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Aerosols and Dustfall in Macao. *Environmental Monitor and Assessment*, 72, 115-127.

- Shima, M., Adachi, M. (2000). Effect of outdoor and indoor nitrogen dioxide on respiratory symptoms in schoolchildren. *International Journal of Epidemiology*, 29, 862-870.
- Shrestha, I.L., Shrestha, S.L. (2005). Indoor air pollution from biomass fuels and respiratory health of the exposed population in Nepalese households. *Int J Occup Environ Health*, 11, 150-160.
- Siddiqui, A.R., Lee, K., Gold, E.B., Bhutta, Z.A. (2005). Eye and respiratory symptoms among woman exposed to wood smoke emitted from indoor cooking: a study from southern Pakistan. *Energy for Sustainable Development*, 4, 58-66.
- Sole, D., Camelo-Nunes, I.C., Wandalsen, G.F., Pastorino, A.C., Jacob, C.M., Gonzalez, C. (2007). Prevalence of symptoms of asthma, rhinitis, and atopic eczema in Brazilian adolescents related to exposure to gaseous air pollutants and socioeconomic status. *J Investig Allergol Clin Immunol*, 17, 6-13.
- Son, B., Yang, W., Breyse, P., Chung, T., Lee, Y. (2003). Estimation of occupational and nonoccupational nitrogen dioxide exposure for Korean taxi drivers using a microenvironmental model. *Environmental Research*, 94, 291-296.
- Studnicka, M., Hackl, E., Pischinger, J., Fangmeyer, C., Haschke, N., Kuhr, J. (1997). Traffic-related NO₂ and the prevalence of asthma and respiratory symptoms in seven year olds. *Eur Respir J*, 10, 2275-2278.
- Suwanampai, P., Acien, A.N., Strickland, P.T., Agnew, J. (2008). Relationship between Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Exposure with Asthma and Wheezing Attack in U.S. Children, Adolescents, and Adults. Department of Environmental Health Sciences, *Johns Hopkins University Bloomberg*, 1-26.

- Tager, I.B., Balmes, J., Lurmann, F., Ngo, L., Alcorn, S., Kunzli, N. (2005). Chronic exposure to ambient ozone and lung function in young adults. *Epidemiology*, 16, 751.
- Takano, H., Yoshikawa, T., Ichinose, T. (1997). Diesel exhaust particles enhance antigen-induced airway inflammation and local cytokine expression. *Am J Respir Crit Care Med*, 156, 36-42.
- Tsai, P.J., Shieh, H.Y., Lee, W.J., Lai, S.O. (2002). Characterization of PAHs in the atmosphere of carbon black manufacturing workplaces. *Journal of Hazardous Materials*, 91, 25-42.
- Tsai, P.J., Shieh, H.Y., Lee, W., Lai, S.O. (2001). Health-risk assessment for workers exposed to polycyclic aromatic hydrocarbons PAHs in a carbonblack manufacturing industry. *The Science of the Total Environment*, 278, 137-150.
- Tzanakis, N., Kallergis, K., Bouros, D.E., Samiou, M.F., Siafakas, N.M. (2001). Short-Term Effect of Wood Smoke Exposure on the Respiratory System Among Charcoal Production Workers. *Chest*, 119, 1260-1265.
- Unger, K.M., Snow, R.M., Mestas, J.M., Miller, W.C. (1980). Smoke inhalation in firemen. *Thorax*, 3, 838-842.
- U.S EPA. (1987). Indoor air quality implementation plan appendix A: Preliminary indoor air pollution information assessment. Office of research and development.
- Uzun, K., Ozbay, B., Ceylan, E., Gencer, M., Zehir, I. (2003). Prevalence of Chronic Bronchitis-Asthma Symptom in Biomass Fuel Exposed Females. *Environmental Health Preventive Medicine*, 8, 13-17.
- Whitekus, M.J., Li, N., Zhang, M. (2002). Thiol antioxidants inhibit the adjuvants effects of aerosolized diesel exhaust particle in a murine model for ovalbumin. *The J Immunol*, 168, 2560-2567.

- Wjst, M., Reitmeir, P., Dold, S., Wulff, A., Nicolai, T., Loeffelholz-Colberg, E. (1993). Road traffic and adverse effects on respiratory health in children. *BMJ*, *307*, 596-600.
- Yang, H.H., Chien, S.M., Lo, M.Y., Lan, J.C.W., Lu, W.C., Ku, Y.Y. (2007). Effects of biodiesel on emissions of regulated air pollutants and polycyclic aromatic hydrocarbons under engine durability testing. *Atmospheric Environment*, *41*, 7232-7240.
- Yang, H.H., Tsai, C.H., Chao, M.R., Su, Y.L., Chien, S.M. (2006). Source identification and size distribution of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons during rice straw burning period. *Atmospheric Environment*, *40*, 1266-1274.
- Zhu, L., Takahashi, Y., Amagai, T., Matsushita, H. (1997). Highly sensitive automatic analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in indoor and outdoor air. *Talanta*, *45*, 113-118.
- Zhu, L., Wang, J. (2003). Sources and patterns of polycyclic aromatic hydrocarbons pollution in kitchen air, China. *Chemosphere*, *50*, 611-618.
- Zmirou, D., Masciet, P., Boudet, C., Dor, F., Dechenaux, J. (2000). Personal exposure to atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons in a general adult population and lung cancer risk assessment. *J Occup Environ Med*, *42*, 121-126.

ภาคผนวก ก
แบบสัมภาษณ์อาการและโรคระบบทางเดินหายใจ

ID

แบบสัมภาษณ์งานวิจัย เรื่อง
ความผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ และสารเคมีในบรรยากาศการทำงานของพนักงานโรงงาน
ยางแผ่นรมควัน จังหวัดสงขลา

ขอขอบคุณสำหรับการให้ความร่วมมือกรอกแบบสอบถาม
ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจะถูกปกปิดเป็นความลับและใช้ในการวิจัยทางการแพทย์เท่านั้น
หน่วยอาชีวอนามัย คณะแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

วันเดือนปีที่ให้ข้อมูล

ข้อมูลทั่วไป

A. กลุ่ม 1. พนักงาน โรงรมควันยาง 2. ชาวสวนยางพารา

ประวัติส่วนตัว

B1. เพศ 1. ชาย 2. หญิง

B2. สถานภาพสมรส 1. โสด 2. สมรส 3. หย่า/แยก 4. หม้าย

B3. ภูมิลำเนาเดิม จังหวัด.....

B4. วัน/เดือน/ปีเกิด...../...../.....

B5. การศึกษาสูงสุด 1. ประถมศึกษา 2. มัธยมศึกษาตอนต้น

3. มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. 4. อนุปริญญา/ปวส.

5. ปริญญาตรี 6. อื่นๆ(ระบุ)

B6. ศาสนา 1. พุทธ 2. อิสลาม 3. คริสต์ 4. อื่นๆ

ประวัติการทำงาน

C1. คุณทำงานนี้มานาน.....ปี

C2. ก่อนทำงานนี้เคยเคยทำงานอื่นที่สัมผัสกับฝุ่น ก๊าซ หรือสารเคมีหรือไม่

1. ไม่เคย (ข้ามไปข้อC3) 2. เคย

C2a งานที่เคยทำและสัมผัสกับฝุ่น ก๊าซ หรือสารเคมี คือระยะเวลา.....ปี

C2b งานที่เคยทำและสัมผัสกับฝุ่น ก๊าซ หรือสารเคมี คือระยะเวลา.....ปี

C2c งานที่เคยทำและสัมผัสกับฝุ่น ก๊าซ หรือสารเคมี คือระยะเวลา.....ปี

C2d งานที่เคยทำและสัมผัสกับฝุ่น ก๊าซ หรือสารเคมี คือระยะเวลา.....ปี

C3. ปัจจุบันคุณทำงานใดบ้าง

- C3a. การรมยาง/การใส่พื้น C3b. การเตรียมยางรม
 C3c. การคืบ/การคัดเกรด C3d. การบรรจุ
 C3e. ทำสวนยางพารา

C4a ปกติคุณทำงาน (ไม่รวมล่วงเวลา) วันละ.....ชม. C4b คุณทำงานอาทิตย์ละกี่.....วัน

C4c คุณทำงานล่วงเวลาวันละ.....ชม. C4d คุณทำงานล่วงเวลาอาทิตย์ละกี่.....วัน

C5. ขณะทำงานสัมผัสฝุ่นหรือสารเคมีใดๆ คุณใช้ผ้าปิดจมูกหรือไม่

1. ไม่ใช่เลย (ข้ามไปข้อ D1) 2. ใช้ตลอดเวลาที่สัมผัส

ประวัติโรคประจำตัว

คุณเคยมีความผิดปกติใด ๆ ต่อไปนี้หรือไม่ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

	a มีอาการหรือไม่		b ตอบ “ใช่” แพทย์เป็นผู้บอกใช่หรือไม่	
	1. ไม่ใช่	2. ใช่	1. ไม่ใช่	2. ใช่
D1 ภูมิแพ้ (น้ำมูก คันจมูก)	()	()	()	()
D2 ภูมิแพ้แบบคันที่ผิวหนัง	()	()	()	()
D3 ภูมิแพ้แบบคันตา ตาแดง	()	()	()	()
D4 แพ้อาหาร	()	()	()	()
D5 หอบหืด	()	()	()	()
D6 หลอดลมอักเสบ	()	()	()	()
D7 ภูมิแพ้จมูก	()	()	()	()
D8 ปอดติดเชื้อเรื้อรัง	()	()	()	()
D9 วัณโรคปอด	()	()	()	()
D10 โรคหัวใจ	()	()	()	()
D11 เคยผ่าตัดใหญ่บริเวณทรวงอก	()	()	()	()

ประวัติการสูบบุหรี่

E1 คุณสูบบุหรี่หรือไม่

1. ไม่เคยสูบ 2. สูบนาน ๆ ครั้ง
3. สูบเกือบทุกวันหรือทุกวัน ปัจจุบันยังสูบ E2 สูบวันละ มวน

E3 สูบมานาน ปี

4. เคยสูบเกือบทุกวันหรือทุกวัน แต่เลิกแล้ว E4 เคยสูบวันละ มวน

E5 เคยสูบมานาน ปี

ประวัติอาการระบบทางเดินหายใจ

	a มีอาการเป็นบ่อยๆ มากกว่าหนึ่งในสามของเวลาใช่หรือไม่		b มักมีอาการขณะทำงานใช่หรือไม่		c อาการดีขึ้นตอนวันหยุดหรือไม่		d เมื่อหยุดงานอาการจะเป็นมากขึ้นตอนวันแรกที่เข้าทำงานหรือไม่		e ต้องใช้ยาแผนปัจจุบันรักษาเป็นประจำหรือไม่	
	1. ไม่ใช่	2. ใช่	1. ไม่ใช่	2. ใช่	1. ไม่ใช่	2. ใช่	1. ไม่ใช่	2. ใช่	1. ไม่ใช่	2. ใช่
F1 ไอแห้งๆ	()	()	()	()	()	()	()	()	()	()
F2 ไอมีเสมหะ	()	()	()	()	()	()	()	()	()	()
F3 มีเสมหะในคอ (ไม่ไอ)	()	()	()	()	()	()	()	()	()	()
F4 แน่นหน้าอก	()	()	()	()	()	()	()	()	()	()
F5 มีเสียงวี๊ดในอก	()	()	()	()	()	()	()	()	()	()
F6 คัดจมูก จาม น้ำมูกไหล	()	()	()	()	()	()	()	()	()	()
F7 คั้น ระคายจมูก	()	()	()	()	()	()	()	()	()	()
F8 คั้น ระคายตา	()	()	()	()	()	()	()	()	()	()

F9 คุณมีอาการอื่นที่คิดว่าน่าจะเกิดจากการทำงานหรือไม่ () 1. ไม่มี () 2. มี ระบุ.....

ประวัติโรคระบบทางเดินหายใจ

G1 คุณไอมีเสมหะเกือบทุกวันในตอนเช้าใช่หรือไม่

1. ไม่ใช่ (ข้ามไปข้อ G4) 2. ใช่

G2 คุณเป็นนานแค่ไหน

1. น้อยกว่า 3 เดือนต่อปี 2. มากกว่า 3 เดือนต่อปี

G3 คุณไอมีเสมหะแบบนี้มานานแค่ไหน

1. น้อยกว่า 2 ปี 2. มากกว่า 2 ปี

G4 แพทย์เคยบอกว่า คุณเป็นโรคถุงลมโป่งพองหรือไม่

1. ไม่ใช่ (ข้ามไปข้อ G7) 2. ใช่

G5 ปัจจุบันคุณเป็นโรคถุงลมโป่งพองหรือไม่

1. ไม่เป็น 2. เป็น

G6 คุณเป็นโรคถุงลมโป่งพองครั้งแรกเมื่ออายุ ปี

G7 แพทย์เคยบอกว่า คุณเป็นโรคหอบหืดหรือไม่

1. ไม่ใช่ (ข้ามไปข้อ G11) 2. ใช่

G8 คุณเคยใช้ยารักษาอาการหอบหืดหรือไม่

1. ไม่เคย 2. เคยใช้ยาเกินและยาพ่น 3. เคยใช้ยาเกินหรือยาพ่นอย่างใดอย่างหนึ่ง

G9 คุณเป็นหอบหืดครั้งแรกเมื่ออายุ ปี

G10 ปัจจุบันคุณยังเป็นหอบหืดหรือไม่

1. ไม่เป็น ครั้งสุดท้ายที่มีอาการคุณอายุ G10a ปี 2. ยังเป็นหอบหืดอยู่

G11 คุณมีอาการระคายเคือง คัน แสบ ออกร้อน แห่งของจมูก ลำคอ และตาขณะทำงานหรือไม่

1. ไม่มี 2. มี เป็นมานาน G11a ปี

ภาคผนวก ข
การตรวจสอบรรถภาพปอด

การตรวจสมรรถภาพปอด

1. คำจำกัดความ

1.1 SVC (slow vital capacity) เป็นปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างช้า ๆ จนสุดจากตำแหน่งที่หายใจเข้าเต็มที่ มีหน่วยเป็นลิตรที่อุณหภูมิกาย, แรงดันบรรยากาศซึ่งอ้อมตัวด้วยไอน้ำ (BTPS)

1.2 FVC (forced vital capacity) เป็นปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ จนสุดจากตำแหน่งที่หายใจเข้าเต็มที่ มีหน่วยเป็นลิตรที่ BTPS ในภาวะปกติ FVC จะมีค่าเท่ากับ SVC แต่ FVC จะน้อยกว่า SVC เมื่อมีการอุดกั้นทางเดินหายใจหรือเมื่อผู้ทำการทดสอบไม่พยายามเต็มที่

1.3 FEV₁ (forced expiratory volume in one second) เป็นปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ จากตำแหน่งหายใจเข้าเต็มที่ FEV₁ นี้มีค่าเป็นลิตรที่ BTPS เช่นเดียวกับ FEV₁ เป็นข้อมูลที่ใช้บ่อยที่สุดในการตรวจสมรรถภาพปอด

1.4 FEV₁/FVC คำนวณได้จากนำค่า FEV₁ หารด้วย FVC และคูณด้วย 100 หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ เรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า percent FEV₁ (%FEV₁) เป็นข้อมูลที่ดีที่สุดที่แสดงถึงการอุดกั้นของหลอดลม

1.5 FEF_{25-75%} (peak expiratory flow) เป็นค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลของอากาศในช่วงกลางของ FVC มีหน่วยเป็นลิตรต่อนาที หรือลิตรต่อนาที ที่ BTPS การทดสอบนี้มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงในหลอดลมขนาดเล็กที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางต่ำกว่า 2 มม. ข้อเสียคือ reproducible ผู้ FEV₁ ไม่ได้ จึงมีความจำเพาะต่ำ และจะยากต่อการแปลผล ในกรณีที่มีการลดลงของ FEV₁ หรือ FVC

1.6 PEF (peak expiratory flow) เป็นอัตราการไหลของอากาศหายใจออกที่สูงที่สุด จะเกิดขึ้นในช่วงต้นของการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่จากตำแหน่งหายใจเข้าเต็มที่ มีหน่วยเป็นลิตรต่อนาที หรือลิตรต่อวินาที ที่ BTPS

2. ข้อห้ามในการทำสไปโรเมทรี

- 2.1 ใจเป็นเลือด
- 2.2 มีภาวะลมรั่วในช่องเยื่อหุ้มปอดที่ยังไม่ได้รับการรักษา
- 2.3 ระบบหลอดเลือด หรือหัวใจทำงานไม่คงที่ ได้แก่ ผู้ที่มีภาวะความดันโลหิตสูงที่ยังไม่ได้รับการรักษา หรือยังควบคุมได้ไม่ดี, ความดันโลหิตต่ำ, recent myocardial infarction หรือ pulmonary embolism
- 2.4 เส้นเลือดแดงโป่งพอง (aneurysm) ในทรวงอก ท้องหรือสมอง
- 2.5 เพิ่งได้รับการผ่าตัดตา เช่น ผ่าตัดลอกต้อกระจก
- 2.6 เพิ่งได้รับการผ่าตัดช่องอก หรือช่องท้อง
- 2.7 ติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจ เช่น วัณโรคปอดระยะติดต่อกัน
- 2.8 สตรีมีครรภ์

2.9 ผู้ที่มีการเจ็บป่วยที่อาจมีผลต่อการทดสอบสไปโรเมตรี เช่น คลื่นไส้ หรืออาเจียนมาก

3. ภาวะแทรกซ้อนจากทำสไปโรเมตรี

- 3.1 ความดันในกะโหลกศีรษะเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจทำให้เกิดอาการปวดศีรษะ เป็นต้น
- 3.2 เวียนหัว, มึนงง และในบางรายอาจมีอาการหมดสติ
- 3.3 อาการไอ
- 3.4 หลอดลมตีบ โดยเฉพาะใน ผู้ป่วยหืด หรือปอดอุดกั้นเรื้อรัง ที่ยังควบคุมไม่ได้ดี
- 3.5 เจ็บหน้าอก
- 3.6 ภาวะลมรั่วในช่องเยื่อหุ้มปอด
- 3.7 ขาดออกซิเจน จากการหยุดให้ชั่วคราวระหว่างการตรวจ
- 3.8 การติดเชื้อ

4. ขั้นตอนการตรวจสมรรถภาพปอด

- 4.1 การเตรียมผู้ที่ตรวจสมรรถภาพปอด โดยควรได้รับคำแนะนำดังต่อไปนี้
- 4.2 ไม่ออกกำลังกายอย่างน้อย 30 นาทีก่อนตรวจ
- 4.3 ไม่ควรสวมเสื้อที่รัดทรงอกและท้อง
- 4.4 หลีกเลี่ยงอาหารมื้อใหญ่ อย่างน้อย 2 ชั่วโมง
- 4.5 หยุดยาขยายหลอดลม

5. อธิบายและสาธิตวิธีการทดสอบ ดังนี้

- 5.1 นั่งตัวและหน้าตรง เท้าทั้งสองข้างแตะกับพื้น
- 5.2 หนีบจมูกด้วย nose clip
- 5.3 หายใจเข้าเต็มที่
- 5.4 อม mouthpiece และปิดปากให้แน่นรอบ mouthpiece
- 5.5 หายใจออกให้เร็วและแรงเต็มที่จนหมด
- 5.6 สูดหายใจเข้าเต็มที่ สำหรับเครื่องที่ทำ flow volume loop ได้
- 5.7 ทำซ้ำให้ได้กราฟที่เข้าเกณฑ์อย่างน้อย 3 กราฟ โดยสามารถทำซ้ำได้ไม่เกิน 8 ครั้ง

5. การตรวจสอบดูว่าเข้าเกณฑ์ acceptability

5.1 เริ่มต้นถูกต้อง โดยหายใจเข้าจนสุดแล้วเป่าออกให้เร็วและแรง การดูว่าทำถูกต้องหรือไม่ดูจากกราฟปริมาตร-เวลา ซึ่งต้องมี extrapolated volume น้อยกว่า 5% ของ FVC หรือ 0.15 ลิตร แต่สำหรับเครื่อง spirometer ปัจจุบันคอมพิวเตอร์จะคำนวณให้

5.2 หายใจออกได้เต็มที่ โดยดูจากกราฟปริมาตร-เวลา ซึ่งเวลาในการหายใจออกต้องนานเพียงพอ ซึ่งอย่างน้อยที่สุด คือ 6 วินาที และมี plateau อย่างน้อย 1 วินาที หรือมีเวลาหายใจออกน้อยกว่า 6 วินาที แต่มี plateau อย่างน้อย 1 วินาที และจะต้องไม่มีอาการไอ การรื้อออกของลมขณะเป่า หรือมีสิ่งไปอุด mouthpiece เช่น ลิ้น ฟันปลอม

6. การตรวจสอบดูว่าเข้าเกณฑ์ reproducibility

เมื่อเลือกกราฟที่ได้ acceptability criteria อย่างน้อย 3 กราฟมาพิจารณา reproducibility คือ

6.1 เมื่อค่าของ FVC ที่มากที่สุด ต่างจากค่า FVC ที่มีค่ารองลงมา ไม่เกิน 200 มล. และค่า FEV₁ ที่มากที่สุด ต่างจากค่า FEV₁ ที่มีค่ารองลงมา ไม่เกิน 200 มล. เช่นเดียวกัน

7. การคัดเลือก spirogram เพื่อการแปลผล

โดยเมื่อพิจารณาว่าเข้าเกณฑ์ acceptability & reproducibility แล้ว จึงนำผลที่ได้มาทำการคัดเลือกค่าเพื่อการแปลผลต่อไป ดังนี้

7.1 The best FVC เลือกจากกราฟที่มีค่า FVC มากที่สุด

7.2 The best FEV₁ เลือกจากกราฟที่มีค่า FEV₁ มากที่สุด

7.3 ค่าอื่นๆ เช่น FEF_{25-75%} ให้เลือกจาก The best test curve ซึ่งคือกราฟที่มีค่าของผลรวมที่มีค่า FEV₁ กับ FVC มากที่สุด ในกรณีที่ค่า FEV₁ และ FVC ที่สูงสุดไม่ได้มาจากกราฟเดียวกัน

8. การแปลผล

โดยแยกความผิดปกติของ spirometry ได้เป็น obstruction defect และ restriction defect โดยอาศัยค่า FEV₁, FVC และ FEV₁/FVC%

8.1 Obstruction defect เช่น asthma, COPD จะมี FEV₁ ลดลง และ FEV₁/FVC% ลดลง ในกรณีที่มีการอุดกั้นมากๆ และมีอากาศถูกขังอยู่ในปอดมากขึ้น ค่า FVC จะลดลงได้

8.2 Restriction defect เช่น interstitial lung disease, myasthenia gravis จะมีปริมาตรของปอดลดลง แต่อัตราการไหลของลมหายใจออกจะอยู่ในเกณฑ์ปกติ ดังนั้นแม้ค่า FEV₁ และ FVC จะลดลง แต่ค่า FEV₁/FVC% จะปกติหรือเพิ่มขึ้น

9. การจำแนกความรุนแรงของความผิดปกติ

ตารางที่ 1 การจำแนกความรุนแรงของความผิดปกติ

	FVC (% ค่าคาดคะเน)	FEV ₁ [†] (% ค่าคาดคะเน)	FEV ₁ /FVC (%)	FEF _{25-75%} (% ค่าคาดคะเน)
Normal	>80	>80	>70*	>65
Mild	66-80	66-80	60-70	50-65
Moderate	50-65	50-65	45-59	35-49
Severe	<50	<50	<45	<35

หมายเหตุ * กรณีอายุน้อยกว่า 50 ปี ใช้ค่า >75%

[†]กรณีมีค่า FEV₁/FVC น้อยกว่า 70 % จะจำแนกความรุนแรงของความผิดปกติของค่า FEV₁ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การจำแนกระดับความรุนแรงของความผิดปกติของค่า forced expiratory volume in 1 second (FEV₁) ในกรณีที่ค่า FEV₁/FVC น้อยกว่า 70 %

ระดับความรุนแรง	FEV ₁ (%ค่าคาดคะเน)
เล็กน้อย	> 70
ปานกลาง	60-69
รุนแรงปานกลาง	50-59
รุนแรง	35-49
รุนแรงมาก	< 35

ที่มา: ดัดแปลงจาก Table 6: Severity of any spirometric abnormality based on the forced Expiratory volume in the second (FEV₁) ของ American Thoracic Society/European Respiratory Society task force: standardization of lung function testing (2005)

10. การทดสอบการตอบสนองต่อขยายหลอดลม (reversibility test)

ให้ผู้ป่วย สูดขยายหลอดลม B₂- agonist ผ่านทางกระบอกสูดยา (spacer) โดยใช้ขยายหลอดลม 2 puff (salbutamal 200 µg) โดยมีขั้นตอนดังนี้

10.1 กดขยายหลอดลม 1 puff เข้า spacer

10.2 ให้ผู้ป่วยสูดยาจาก spacer โดยค่อย ๆ หายใจเข้าจนสุดแล้วกลืนไว้ 5-10 วินาที เสร็จแล้วสูดใหม่อีก 1 ครั้ง

10.3 ปฏิบัติดังข้อ 1) และ ข้อ 2) ซ้ำ อีก 1 ครั้ง

10.4 ให้ผู้ป่วยพัก ประมาณ 15 นาที

10.5 ทดสอบสมรรถภาพปอดซ้ำ

การคำนวณ Percent reversible ทำดังนี้

$$\text{Percent reversible} = \frac{\text{FEV}_1 \text{ หลังใช้ยา} - \text{FEV}_1 \text{ ก่อนใช้ยา}}{\text{FEV}_1 \text{ ก่อนใช้ยา}} \times 100$$

ถ้า Percent reversible มีค่าตั้งแต่ 12 % ขึ้นไป และมีค่า FEV₁ เพิ่มขึ้นตั้งแต่ 200 มล. ให้ถือว่าการอุดกั้นของหลอดลม เป็นชนิด reversible

ภาคผนวก ค
ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างอากาศ

ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างอากาศ

1. การเก็บตัวอย่าง PAHs (วิเคราะห์จาก Total dust)

1.1 การปรับเทียบมาตรฐานความถูกต้องของอัตราการไหลอากาศ (calibration) โดยปั๊มดูดอากาศแบบบับเบิลมิเตอร์ (soap-bubble calibration) โดยมีขั้นตอนดังนี้

1.1.1 มีการจัดชุดอุปกรณ์การ calibrate ต่อสายยางเข้าระหว่างด้านหลังของตลับกระดาษกรองกับช่องอากาศเข้าของปั๊มดูดอากาศ และต่อสายยางที่บริเวณรอยต่อของชุดอุปกรณ์สำหรับปรับอัตราการไหลของอากาศเข้ากับด้านหน้าของตลับบรรจุกระดาษกรองบริเวณช่องสำหรับให้อากาศเข้า

1.1.2 เปิดเครื่องปั๊มดูดอากาศ แล้วบีบจุกยางไล่ฟองสบู่เคลื่อนที่ลอยขึ้นในหลอดแก้ว เป็นลักษณะแผ่นฟิล์มฟองสบู่ ปริมาตรอากาศที่ถูกดูดออกไป เท่ากับ ผลคูณของระยะเวลาที่ฟิล์มฟองสบู่เคลื่อนที่กับพื้นที่หน้าตัดภายในหลอดแก้ว โดยปรับอัตราการไหลของอากาศให้เท่ากับ 2 ลิตร/นาที

1.2 การเตรียมอุปกรณ์

1.2.1 เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ ดังนี้ ปั๊มดูดอากาศ สายยาง ตลับกระดาษกรอง กระดาษกรอง กระดาษรอง เทปกาว ขาดั่ง เชือกฟาง ไชควง นาฬิกา แบบบันทึกการเก็บตัวอย่างอากาศ

1.2.2 นำกระดาษรองและตามด้วยกระดาษกรองใส่ในตลับ ตามจำนวนตัวอย่างอากาศที่ต้องการเก็บ พร้อมกับตลับ Blank 1 ตลับ โดยเปิดฝาจุกตลับกรองทั้งสองด้านแล้วนำตลับดังกล่าวไปดูความชื้นในโถดูความชื้นที่มี silica gel บรรจุอยู่

1.2.3 หลังจากดูความชื้นเสร็จแล้ว นำกระดาษกรองมาชั่งน้ำหนัก (เครื่องชั่งทศนิยม 5 ตำแหน่ง) ตัวอย่างละ 3 ครั้ง บันทึกน้ำหนักแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

1.2.4 นำกระดาษกรองใส่ในตลับ ปิดฝาจุกทั้งสองด้าน ใช้เทปกาวปิดรอยต่อของตลับให้มีมิดชิด และเขียนหมายเลขตัวอย่างอากาศกำกับที่เทปกาว

1.3 วิธีการเก็บ Total dust และวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของ PAHs

1.3.1 ต่ออุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศ โดยนำสายยางข้างหนึ่งต่อเข้ากับปั๊มดูดอากาศ ส่วนสายยางอีกข้างหนึ่งต่อกับตลับกรองที่เปิดฝาจุกแล้ว และนำไปติดตั้งในบริเวณที่กำหนดไว้ โดยวางบนขาตั้งใช้เชือกฟางยึดไว้ ซึ่งวางขาตั้งให้มีความสูงประมาณระดับการหายใจของผู้ปฏิบัติงาน โดยให้กระดาษกรองคว่ำหน้าเล็กน้อย เปิดปั๊มดูดอากาศ บันทึกเวลาและรายละเอียดอื่นๆ ตามแบบบันทึก

1.3.2 สังเกตการทำงานของปั๊มดูดอากาศเป็นระยะ

1.3.3 เมื่อสิ้นสุดการเก็บตัวอย่าง ปิดปั๊ม บันทึกเวลาสิ้นสุด ปิดฝาจุกดัดกรองทั้งสองด้าน

1.3.4 หลังจากดำเนินการเก็บตัวอย่างในพื้นที่เสร็จ นำดัดกรองที่เปิดฝาจุกทั้งสองข้างแล้วไปดูดความชื้นโดยใช้เวลาเท่ากับการดูดก่อนการเก็บตัวอย่าง

1.3.5 หลังจากดูดความชื้นเสร็จ นำกระดาษกรองไปชั่งน้ำหนัก 3 ครั้ง (โดยเครื่องชั่งทศนิยม 5 ตำแหน่ง) บันทึกน้ำหนักและนำมาหาค่าเฉลี่ย

1.3.6 กำหนดความเข้มข้นของฝุ่น ดังนี้

$$\text{ความเข้มข้นของฝุ่น} = \frac{\text{น้ำหนักของอนุภาคฝุ่น}}{\text{อัตราการไหลของอากาศ} \times \text{เวลาทั้งหมดที่ดูดอากาศ}}$$

1.3.7 นำกระดาษกรองที่ชั่งน้ำหนักฝุ่นแล้ว พร้อม Blank ใส่ในถุงพลาสติก (ถุงยา) แล้วห่อด้วยกระดาษอลูมิเนียมฟอยล์ป้องกันแสง ใส่ในถุงพลาสติกอีกชั้นหนึ่ง และเก็บรักษาตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียสก่อนส่งตัวอย่างวิเคราะห์ PAHs ต่อไป

2. การเก็บตัวอย่าง NO₂ และ SO₂ ด้วย Passive sampler

2.1 การเตรียมอุปกรณ์

2.1.1 Passive sampler filter badge NO₂ และ SO₂, Ice pack, กระจก, แบบจดบันทึก, เทปขาว, กระดาษฟอยล์ พร้อม (Blank)

2.2 วิธีการเก็บตัวอย่าง

2.2.1 นำ Passive sampler filter badge NO₂ และ SO₂ ไปติดที่บริเวณที่จะเก็บตัวอย่าง ระวังไม่ให้มือหรือส่วนใดส่วนหนึ่งถูกผิวหนังของ filter badge NO₂ และ SO₂ จากนั้นจดเวลาการติดตั้ง

2.2.2 เมื่อสิ้นสุดการเก็บตัวอย่าง ควรเก็บด้วยความระมัดระวังใส่ในถุงพลาสติกพร้อม Blank และห่อด้วยกระดาษอลูมิเนียมฟอยล์ บันทึกเวลาสิ้นสุด

2.2.3 เก็บรักษาตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียสก่อนส่งตัวอย่างวิเคราะห์ต่อไป

3. การเก็บตัวอย่าง O₃ ด้วย Direct reading

เตรียมเครื่อง Direct reading ที่มีการปรับเทียบมาตรฐานจากบริษัท แล้วนำเครื่องไปตรวจวัดในบริเวณที่เป็นจุดเก็บตัวอย่างอากาศไม่เกินจุดละ 5 นาที และจดค่าที่แสดงบนหน้าจอของเครื่องรายงานผลต่อไป

4. การเก็บตัวอย่าง VOCs ด้วย Activated charcoal tube

4.1 การปรับเทียบมาตรฐานความถูกต้องของอัตราการไหลอากาศ (calibration) โดยปั๊มดูดอากาศแบบบับเบิลมิเตอร์ (soap-bubble calibration) โดยมีขั้นตอนดังนี้

4.1.1 จัดชุดอุปกรณ์การ calibrate ต่อสายยางเข้าระหว่าง charcoal tube กับช่องอากาศเข้าของปั๊มดูดอากาศ และต่อสายยางที่บริเวณรอยต่อของชุดอุปกรณ์สำหรับปรับอัตราการไหลของอากาศอีกด้านของ charcoal tube บริเวณช่องสำหรับให้อากาศเข้า

4.1.2 เปิดเครื่องปั๊มดูดอากาศ แล้วบีบจุกยางไล่ฟองสบู่เคลื่อนที่ลอยขึ้นในหลอดแก้วเป็นลักษณะแผ่นฟิล์มฟองสบู่ ปริมาตรอากาศที่ถูกดูดออกไป เท่ากับ ผลคูณของระยะเวลาที่ฟิล์มฟองสบู่เคลื่อนที่กับพื้นที่หน้าตัดภายในหลอดแก้ว โดยปรับอัตราการไหลของอากาศให้เท่ากับ 0.2 ลิตร/นาที

4.2 การเตรียมอุปกรณ์

4.2.1 เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ ดังนี้ ปั๊มดูดอากาศ สายยาง charcoal tube ขาดึง เชือกฟาง ไชควง นาฬิกา แบบบันทึกการเก็บตัวอย่างอากาศ

4.3 วิธีการเก็บตัวอย่าง VOCs

4.3.1 ต่ออุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศ โดยนำสายยางข้างหนึ่งต่อเข้ากับปั๊มดูดอากาศ ส่วนสายยางอีกข้างหนึ่งต่อกับ charcoal tube ที่ตัดปากจุกออกแล้ว และนำไปติดตั้งในบริเวณที่กำหนดไว้ โดยวางบนขาตั้งใช้เชือกฟางยึดไว้ ซึ่งวางขาตั้งให้มีความสูงประมาณระดับการหายใจของผู้ปฏิบัติงาน เปิดปั๊มดูดอากาศ บันทึกเวลาและรายละเอียดอื่น ๆ ตามแบบบันทึก

4.3.2 สังเกตการทำงานของปั๊มดูดอากาศเป็นระยะ

4.3.3 เมื่อสิ้นสุดการเก็บตัวอย่าง ปิดปั๊ม บันทึกเวลาสิ้นสุด ปิดฝาจุก charcoal tube ทั้งสองด้าน ใส่ในถุงพลาสติก (ถุงยา) ห่อด้วยกระดาษอลูมิเนียมฟอยล์ป้องกันแสง ใส่ในถุงพลาสติกอีกชั้นหนึ่ง พร้อม Blank และเก็บรักษาตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส ก่อนส่งตัวอย่างวิเคราะห์ต่อไป

ภาคผนวก ง
ผลการเก็บตัวอย่างอากาศ

ตาราง ปริมาณ PAHs พื้นที่การทำงาน (area sampling) (12 ตัวอย่าง)

ID -8	STD AREA	STD concentration		AREA	m(ng)	M(ng)	C(ng/m ³)	C'(ng/μg)	Mass of filter(after)(mg)	96.75
		(ng/mL)								
Nap	1974234	20		2540162	128.6657002	128.6657002	134.0267711	0.559377175	Analysis consumption(mg)	96.75
Ace	7264988	19.86		1201	0.016415622	0.016415622	0.017099607	7.13673E-05	Flow quantity(m ³)	0.96
Fle	4557206	20.06		3691	0.081235586	0.081235586	0.084620402	0.000353174	TSP concentration(μg/m ³)	239.60
Phe	793162	19.78		1150	0.143394414	0.143394414	0.149369181	0.000623411	Dilution magnification	100
Ant	43477557	20.08		114874	0.265271335	0.265271335	0.276324308	0.001153273		
Flu	3118311	19.7		38679	1.22177727	1.22177727	1.272684656	0.005311706		
Pyr	3003602	19.8		65686	2.16503851	2.16503851	2.255248448	0.009412556		
BaA	10442838	19.96		82589	0.789285652	0.789285652	0.822172554	0.003431438		
Chr	7668525	19.7		126230	1.621388077	1.621388077	1.688945913	0.007049023		
BeP	1189806	20		653	0.054882897	0.054882897	0.057169684	0.000238605		
BbF	4823028	20.08		61308	1.276236257	1.276236257	1.329412767	0.005548467		
BkF	25071819	20.04		34242	0.136848802	0.136848802	0.142550836	0.000594953		
BaP	351959	20.04		1305	0.371523388	0.371523388	0.387003529	0.001615207		
DBA	3057528	19.68		254	0.008174447	0.008174447	0.008515049	3.53386E-05		
BghiPe	930390	19.76		1098	0.116598846	0.116598846	0.121457131	0.000506916		
IDP	2045361	20.08		498	0.024445171	0.024445171	0.02546372	0.000106276		
						total	142.6648088	0.595429085		
						4-6 ring	8.110624287			

ID -10	STD AREA	STD concentration		AREA	m(ng)	M(ng)	C(ng/m ³)	C'(ng/μg)	Mass of filter(after)(mg)	
		(ng/mL)							Analysis consumption(mg)	Flow quantity(m ³)
Nap	1974234	20	145.710083	2876658	145.710083	145.710083	151.7813365	0.120423149	97.24	97.24
Ace	7264988	19.86	0.407766248	29833	0.407766248	0.407766248	0.424756509	0.000337001	0.96	0.96
Flc	4557206	20.06	0.231997917	10541	0.231997917	0.231997917	0.241664497	0.000191736	1260.40	1260.40
Phe	793162	19.78	0.098630419	791	0.098630419	0.098630419	0.102740019	8.15138E-05	100	100
Ant	43477557	20.08	0.205397428	88946	0.205397428	0.205397428	0.213955655	0.000169752		
Flu	3118311	19.7	0.475425158	15051	0.475425158	0.475425158	0.49523454	0.000392919		
Pyr	3003602	19.8	1.137662047	34516	1.137662047	1.137662047	1.185064632	0.000940229		
BaA	10442838	19.96	0.562808865	58891	0.562808865	0.562808865	0.586259234	0.000465137		
Chr	7668525	19.7	0.021335068	1661	0.021335068	0.021335068	0.022224029	1.76325E-05		
BeP	1189806	20	0.331482611	3944	0.331482611	0.331482611	0.345294387	0.000273956		
BbF	4823028	20.08	0.205336896	9864	0.205336896	0.205336896	0.2138926	0.000169702		
BkF	25071819	20.04	0.3453432	86411	0.3453432	0.3453432	0.3597325	0.000285411		
BaP	351959	20.04	0.169961274	597	0.169961274	0.169961274	0.177042994	0.000140466		
DBA	3057528	19.68	0.01181111	367	0.01181111	0.01181111	0.01230324	9.76138E-06		
BghiPe	930390	19.76	0.052140285	491	0.052140285	0.052140285	0.054312797	4.30917E-05		
IDP	2045361	20.08	0.092773843	1890	0.092773843	0.092773843	0.09663942	7.66736E-05		
					total		156.3124535	0.124018132		
					4-6 ring		3.548000372			

ID -27	STD AREA	STD concentration (ng/mL)										
			AREA	m(ng)	M(ng)	C(ng/m ³)	C'(ng/μg)	Mass of filter(after)(mg)	95.37			
Nap	2477494	20	16784749	67.74889869	67.74889869	70.57176946	0.150537051	Analysis consumption(mg)	95.37			
Acc	8691682	19.86	156024	0.178252992	0.178252992	0.1856802	0.000396076	Flow quantity(cm ³)	0.96			
Flu	4830704	20.06	1057701	2.196106619	2.196106619	2.287611062	0.004879716	TSP concentration(μg/m ³)	468.80			
Phe	938627	19.78	520280	5.482017031	5.482017031	5.710434408	0.012180961	Dilution magnification	10			
Ant	40059264	20.08	1066763	0.26736139	0.26736139	0.278501448	0.000594073					
Flu	3467171	19.7	402903	1.144620369	1.144620369	1.192312885	0.00254333					
Pyr	3819038	19.8	358634	0.929678259	0.929678259	0.968414853	0.002065731					
BaA	12084741	19.96	1344652	1.110460453	1.110460453	1.156729638	0.002467427					
Chr	8967348	19.7	1209554	1.328609852	1.328609852	1.383968596	0.002952151					
BeP	1412647	20	764654	5.41291632	5.41291632	5.638454499	0.01202742					
BbF	5253207	20.08	1802106	3.444209269	3.444209269	3.587717988	0.007652982					
BkF	26562275	20.04	4281148	1.614963438	1.614963438	1.682253581	0.003588425					
BaP	125073	20.04	26748	2.142868245	2.142868245	2.232154422	0.004761422					
DBA	3498518	19.68	2989	0.00840692	0.00840692	0.008757208	1.86801E-05					
BghiPe	166926	19.76	394516	23.35057499	23.35057499	24.32351561	0.051884632					
IDP	2088769	20.08	1005151	4.83141795	4.83141795	5.032727031	0.010735339					
				total		126.2410029	0.269285416					
				4-6 ring		47.20700631						

ID -29	STD AREA	STD concentration (ng/mL)								C'(ng/μg)	Mass of filter(after)(mg)	95.11
			AREA	m(ng)	M(ng)	C(ng/m ³)	C'(ng/μg)	Mass of filter(after)(mg)	95.11			
Nap	2477494	20	20738026	83.7056558	83.7056558	83.7056558	87.19339145	0.220296593	Analysis consumption(mg)	95.11		
Acc	8691682	19.86	676805	0.773230504	0.773230504	0.773230504	0.805448441	0.002034988	Flow quantity(m ³)	0.96		
Flu	4830704	20.06	610194	1.266946975	1.266946975	1.266946975	1.319736432	0.0033334352	TSP concentration(μg/m ³)	395.80		
Phe	938627	19.78	390394	4.11345152	4.11345152	4.11345152	4.284845333	0.010825784	Dilution magnification	10		
Ant	40059264	20.08	1936566	0.485358958	0.485358958	0.485358958	0.505582248	0.001277368				
Flu	3467171	19.7	1040366	2.955609948	2.955609948	2.955609948	3.078760363	0.007778576				
Pyr	3819038	19.8	655763	1.699918592	1.699918592	1.699918592	1.770748533	0.004473847				
BaA	12084741	19.96	1782169	1.471777229	1.471777229	1.471777229	1.53310128	0.003873424				
Chr	8967348	19.7	2290102	2.515515702	2.515515702	2.515515702	2.620328856	0.006620336				
BeP	1412647	20	3224190	22.82374861	22.82374861	22.82374861	23.77473813	0.060067555				
BbF	5253207	20.08	5308765	10.1461832	10.1461832	10.1461832	10.56894083	0.026702731				
BkF	26562275	20.04	10997390	4.14850941	4.14850941	4.14850941	4.321363969	0.010918049				
BaP	125073	20.04	244460	19.58447627	19.58447627	19.58447627	20.40049611	0.051542436				
DBA	3498518	19.68	20828	0.058581239	0.058581239	0.058581239	0.061022124	0.000154174				
BghiPe	166926	19.76	1387692	82.13458035	82.13458035	82.13458035	85.55685453	0.216161836				
IDP	2088769	20.08	3877412	18.63739671	18.63739671	18.63739671	19.4139549	0.049049911				
						total	267.2093135	0.675111959				
						4-6 ring	173.1003096					

ID -30	STD AREA	STD concentration (ng/mL)										
			AREA	m(ng)	M(ng)	C(ng/m ³)	C(ng/μg)	Mass of filter(after)(mg)	97.01			
Nap	2477494	20	18067061	72.92474169	72.92474169	75.9632726	0.148830863	97.01	97.01	Analysis consumption(mg)	97.01	
Ace	8691682	19.86	252498	0.288471799	0.288471799	0.300491457	0.000588737	0.96	0.96	Flow quantity(m ³)	0.96	
Flu	4830704	20.06	692205	1.437226572	1.437226572	1.497111012	0.002933211	510.40	510.40	TSP concentration(μg/m ³)	510.40	
Phe	938627	19.78	556784	5.866647518	5.866647518	6.111091165	0.011973141	10	10	Dilution magnification	10	
Ant	40059264	20.08	2318710	0.5811352	0.5811352	0.605349167	0.001186029					
Flu	3467171	19.7	986663	2.803043331	2.803043331	2.919836803	0.005720683					
Pyr	3819038	19.8	748707	1.940855079	1.940855079	2.021724041	0.003961058					
BaA	12084741	19.96	2875410	2.374613722	2.374613722	2.47355596	0.004846309					
Chr	8967348	19.7	3181349	3.49448774	3.49448774	3.640091396	0.007131841					
BeP	1412647	20	2009037	14.22179072	14.22179072	14.81436534	0.02902501					
BbF	5253207	20.08	4372326	8.356448364	8.356448364	8.704633712	0.017054533					
BkF	26562275	20.04	9272178	3.497713338	3.497713338	3.643451394	0.007138424					
BaP	125073	20.04	320066	25.64151591	25.64151591	26.70991241	0.052331333					
DBA	3498518	19.68	137543	0.386856126	0.386856126	0.402975131	0.000789528					
BghiPe	166926	19.76	1068565.333	63.24614196	63.24614196	65.88139788	0.129077974					
IDP	2088769	20.08	2031638	9.765390773	9.765390773	10.17228206	0.01993002					
				total		225.8615415	0.442518694					
				4-6 ring		141.3842261						

ID -31	STD AREA	STD concentration (ng/mL)										
			AREA	m(ng)	M(ng)	C(ng/m ³)	C'(ng/μg)	Mass of filter(after)(mg)	91.46			
Nap	2477494	20	16402627	66.20652563	66.20652563	68.96513086	0.220688419	Mass of filter(after)(mg)	91.46			
Acc	8691682	19.86	1499020	1.712587805	1.712587805	1.78394563	0.005708626	Analysis consumption(mg)	91.46			
Flu	4830704	20.06	306901	0.637219136	0.637219136	0.663769934	0.002124064	Flow quantity(m ³)	0.96			
Phe	938627	19.78	211789	2.231550137	2.231550137	2.324531392	0.0074385	TSP concentration(μg/m ³)	312.50			
Ant	40059264	20.08	2381662	0.596912776	0.596912776	0.621784142	0.001989709	Dilution magnification	10			
Flu	3467171	19.7	5717565	16.24321825	16.24321825	16.92001901	0.054144061					
Pyr	3819038	19.8	848143	2.198620621	2.198620621	2.290229814	0.007328735					
BaA	12084741	19.96	2495557	2.060917885	2.060917885	2.146789463	0.006869726					
Chr	8967348	19.7	2701298	2.967185538	2.967185538	3.090818269	0.009890618					
BeP	1412647	20	3463254	24.51606098	24.51606098	25.53756352	0.081720203					
BbF	5233207	20.08	7156667	13.6779184	13.6779184	14.24783167	0.045593061					
BkF	26562275	20.04	16458790	6.208695445	6.208695445	6.467391088	0.020695651					
BaP	125073	20.04	323047	25.88033341	25.88033341	26.95868063	0.086267778					
DBA	3498518	19.68	75037	0.211050531	0.211050531	0.219844303	0.000703502					
BghiPe	166926	19.76	519744.5	30.76258737	30.76258737	32.04436185	0.102541958					
IDP	2088769	20.08	5717604	27.48257187	27.48257187	28.62767903	0.091608573					
				total		232.9103706	0.745313186					
				4-6 ring		158.5512086						

ID -34	STD AREA	STD concentration (ng/mL)										
			AREA	m(ng)	M(ng)	C(ng/m ³)	C'(ng/μg)	Mass of filter(after)(mg)	92.77			
Nap	2477494	20	16343098	65.96624654	65.96624654	68.71484014	0.7333349415	92.77				
Acc	8691682	19.86	175419	0.200411229	0.200411229	0.208761697	0.00222798	0.96				
Flu	4830704	20.06	562074	1.167035327	1.167035327	1.215661798	0.012973979	93.70				
Phe	938627	19.78	37805	0.39833869	0.39833869	0.414936136	0.004428347	10				
Ant	40059264	20.08	1037254	0.259965589	0.259965589	0.270797489	0.002890048					
Flu	3467171	19.7	366886	1.042298491	1.042298491	1.085727594	0.011587274					
Pyr	3819038	19.8	264879	0.686639436	0.686639436	0.715249413	0.007633398					
BaA	12084741	19.96	206608	0.170624082	0.170624082	0.177733419	0.001896835					
Chr	8967348	19.7	180626	0.198404935	0.198404935	0.206671808	0.002205676					
BeP	1412647	20	524415	3.712286226	3.712286226	3.866964819	0.041269635					
BbF	5233207	20.08	797521	1.524232881	1.524232881	1.587742584	0.016944958					
BkF	26562275	20.04	1613599	0.608692666	0.608692666	0.63405486	0.006766861					
BaP	125073	20.04	48866	3.91481231	3.91481231	4.077929489	0.043521126					
DBA	3498518	19.68	3437	0.009666973	0.009666973	0.010069764	0.000107468					
BghiPe	166926	19.76	387553	22.93844961	22.93844961	23.89421835	0.255007666					
IDP	2088769	20.08	846150	4.067154386	4.067154386	4.236619152	0.045214719					
				total		111.3179785	1.188025384					
				4-6 ring		40.49298125						

ID -36	STD AREA	STD concentration (ng/mL)										
			AREA	m(ng)	M(ng)	C(ng/m ³)	C'(ng/μg)	Mass of filter(after)(mg)	96.8			
Nap	2477494	20	16343098	65.96624654	65.96624654	68.71484014	0.299802967	96.8	Analysis consumption(mg)	96.8		
Acc	8691682	19.86	175419	0.200411229	0.200411229	0.208761697	0.000910828	0.96	Flow quantity(m ³)	0.96		
Flu	4830704	20.06	562074	1.167035327	1.167035327	1.215661798	0.005503935	229.20	TSP concentration(μg/m ³)	229.20		
Phe	938627	19.78	37805	0.39833869	0.39833869	0.414936136	0.001810367	10	Dilution magnification	10		
Ant	40059264	20.08	1037254	0.259965589	0.259965589	0.270797489	0.00118149					
Flu	3467171	19.7	366886	1.042298491	1.042298491	1.085727594	0.004737031					
Pyr	3819038	19.8	264879	0.686639436	0.686639436	0.715249413	0.003120634					
BaA	12084741	19.96	206608	0.170624082	0.170624082	0.177733419	0.000775451					
Chr	8967348	19.7	180626	0.198404935	0.198404935	0.206671808	0.000901709					
BeP	1412647	20	524415	3.712286226	3.712286226	3.866964819	0.016871574					
BbF	5253207	20.08	797521	1.524232881	1.524232881	1.587742584	0.006927324					
BkF	26562275	20.04	1613599	0.608692666	0.608692666	0.63405486	0.002766382					
BaP	125073	20.04	48866	3.91481231	3.91481231	4.077929489	0.017792013					
DBA	3498518	19.68	3437	0.009666973	0.009666973	0.010069764	4.39344E-05					
BghiPe	166926	19.76	387553	22.93844961	22.93844961	23.89421835	0.104250516					
IDP	2088769	20.08	846150	4.067154386	4.067154386	4.236619152	0.018484377					
				total		111.3179785	0.485680535					
				4-6 ring		40.49298125						

ID -40	STD AREA	STD concentration									C'(ng/µg)	Mass of filter(after)(mg)	95.8
		(ng/mL)		AREA	m(ng)	M(ng)	C(ng/m ³)						
Nap	2477494	20		16207043	65.41708275	65.41708275	68.14279453	0.251635135	95.8				
Ace	8691682	19.86		143545	0.163996088	0.163996088	0.170829259	0.000630832	0.96				
Flu	4830704	20.06		340764	0.707528948	0.707528948	0.737009321	0.0027216	270.80				
Phe	938627	19.78		34822	0.366907813	0.366907813	0.382195659	0.001411358	10				
Ant	40059264	20.08		767629	0.192389834	0.192389834	0.200406077	0.000740052					
Flu	3467171	19.7		441215	1.253462189	1.253462189	1.30568978	0.004821602					
Pyr	3819038	19.8		200496	0.51974094	0.51974094	0.541396812	0.00199925					
BaA	12084741	19.96		248982	0.205618007	0.205618007	0.214185424	0.000790936					
Chr	8967348	19.7		455117	0.49991396	0.49991396	0.520743708	0.001922983					
BeP	1412647	20		188737	1.336052106	1.336052106	1.391720944	0.005139294					
BbF	5253207	20.08		433877	0.829231568	0.829231568	0.863782884	0.003189745					
BkF	26562275	20.04		847043	0.319527257	0.319527257	0.332840892	0.001229102					
BaP	125073	20.04		6778	0.543007364	0.543007364	0.565632671	0.002088747					
DBA	3498518	19.68		5179	0.014566556	0.014566556	0.015173496	5.60321E-05					
BghiPe	166926	19.76		220242	13.03566227	13.03566227	13.57881486	0.050143334					
IDP	2088769	20.08		498744	2.397292262	2.397292262	2.497179439	0.00922149					
					total		91.46039574	0.337741491					
					4-6 ring		21.82716092						

ID -42	STD AREA	STD concentration (ng/mL)										
			AREA	m(ng)	M(ng)	C(ng/m ³)	C'(ng/μg)	Mass of filter(after)(mg)	91.76			
Nap	2477494	20	18696268	75.46443301	75.46443301	78.60878439	0.27944822	0.27944822	Analysis consumption(mg)	91.76		
Acc	8691682	19.86	106664	0.121860593	0.121860593	0.126938117	0.000451255	0.000451255	Flow quantity(m ³)	0.96		
Flu	4830704	20.06	423380	0.879064708	0.879064708	0.915692404	0.003255217	0.003255217	TSP concentration(μg/m ³)	281.30		
Phe	938627	19.78	13071	0.137724772	0.137724772	0.143463305	0.000510001	0.000510001	Dilution magnification	10		
Ant	40059264	20.08	817373	0.204857107	0.204857107	0.213392819	0.000758595	0.000758595				
Flu	3467171	19.7	563326	1.60037134	1.60037134	1.667053479	0.005926248	0.005926248				
Pyr	3819038	19.8	231058	0.598966075	0.598966075	0.623922994	0.002217999	0.002217999				
BaA	12084741	19.96	208564	0.172239415	0.172239415	0.179416057	0.00063781	0.00063781				
Chr	8967348	19.7	644683	0.708138856	0.708138856	0.737644641	0.00262227	0.00262227				
BeP	1412647	20	135860	0.961740619	0.961740619	1.001813145	0.003561369	0.003561369				
BbF	5253207	20.08	283835	0.542469276	0.542469276	0.565072163	0.002008788	0.002008788				
BkF	26562275	20.04	535400	0.201967188	0.201967188	0.210382488	0.000747894	0.000747894				
BaP	125073	20.04	1697	0.135952124	0.135952124	0.141616796	0.000503437	0.000503437				
DBA	3498518	19.68	1698	0.004775828	0.004775828	0.004974821	1.76851E-05	1.76851E-05				
BghiPe	166926	19.76	20310	1.202106323	1.202106323	1.252194086	0.004451454	0.004451454				
IDP	2088769	20.08	8163	0.039236756	0.039236756	0.040871621	0.000145295	0.000145295				
					total	86.43323332	0.307263538					
					4-6 ring	6.424962291						

ID -44	STD AREA	STD concentration (ng/mL)							C'(ng/μg)	Mass of filter(after)(mg)	94.55
			AREA	m(ng)	M(ng)	C(ng/m ³)	C'(ng/μg)	Mass of filter(after)(mg)			
Nap	2477494	20	16810145	67.85140549	67.85140549	70.67854739	0.218886799	94.55			
Acc	8691682	19.86	495364	0.565939311	0.565939311	0.589520115	0.001825705	0.96			
Flu	4830704	20.06	209782	0.43557077	0.43557077	0.453719552	0.00140514	322.90			
Phe	938627	19.78	120357	1.268161613	1.268161613	1.32100168	0.004091055	10			
Ant	40059264	20.08	1485099	0.372208385	0.372208385	0.387717068	0.001200734				
Flu	3467171	19.7	498253	1.415503317	1.415503317	1.474482622	0.004566375				
Pyr	3819038	19.8	432648	1.121542964	1.121542964	1.168273921	0.003618067				
BaA	12084741	19.96	661599	0.546371496	0.546371496	0.569136975	0.00176258				
Chr	8967348	19.7	750441	0.824306568	0.824306568	0.858652675	0.002659191				
BeP	1412647	20	999559	7.075787511	7.075787511	7.370611991	0.022826299				
BbF	5253207	20.08	1766567	3.376286653	3.376286653	3.516965264	0.010891809				
BkF	26562275	20.04	3905547	1.473276703	1.473276703	1.534663232	0.004752751				
BaP	125073	20.04	40337	3.231526708	3.231526708	3.366173655	0.010424818				
DBA	3498518	19.68	3448	0.009697912	0.009697912	0.010101992	3.12852E-05				
BghiPe	166926	19.76	282151	16.69992619	16.69992619	17.39575645	0.05387351				
IDP	2088769	20.08	1621162	7.792372675	7.792372675	8.11705487	0.025137983				
				total		118.8123795	0.367954102				
				4-6 ring		45.38187365					

ตารางปริมาณ PAHs ที่วัดบุคคล (personal sampling) (9 ตัวอย่าง)

ID -4	STD AREA	STD concentration		AREA	m(ng)	M(ng)	C(ng/m ³)	C'(ng/μg)	Mass of filter(after)(mg)	93,21
		(ng/mL)								
Nap	1974234	20	131.9854181	2605701	131.9854181	131.9854181	183.3130808	0.694630848		93,21
Ace	7264988	19.86	0.015540852	1137	0.015540852	0.015540852	0.021584516	8.17905E-05	Analysis consumption(mg)	93,21
Fle	4557206	20.06	0.933736044	42425	0.933736044	0.933736044	1.296855616	0.004914193	Flow quantity(m ³)	0.72
Phe	793162	19.78	1.976972548	15855	1.976972548	1.976972548	2.745795205	0.010404681	TSP concentration(μg/m ³)	263.90
Ant	43477557	20.08	0.361411815	156507	0.361411815	0.361411815	0.501960855	0.001902087	Dilution magnification	100
Flu	3118311	19.7	1.70974271	54127	1.70974271	1.70974271	2.374642653	0.008998267		
Pyr	3003602	19.8	2.278026849	69114	2.278026849	2.278026849	3.163926179	0.01198911		
BaA	10442838	19.96	1.86091708	194722	1.86091708	1.86091708	2.584607056	0.009793888		
Chr	7668525	19.7	2.320628543	180668	2.320628543	2.320628543	3.223095199	0.01221332		
BeP	1189806	20	1.855596627	22078	1.855596627	1.855596627	2.577217537	0.009765887		
BbF	4823028	20.08	2.839931678	136425	2.839931678	2.839931678	3.944349552	0.01494638		
BkF	25071819	20.04	1.135431019	284105	1.135431019	1.135431019	1.576987527	0.005975701		
BaP	351959	20.04	1.012365645	3556	1.012365645	1.012365645	1.406063396	0.005328016		
DBA	3057528	19.68	0.085091486	2644	0.085091486	0.085091486	0.118182619	0.000447831		
BghiPe	930390	19.76	0.124775632	1175	0.124775632	0.124775632	0.173299489	0.000656686		
IDP	2045361	20.08	0.00785387	160	0.00785387	0.00785387	0.010908153	4.13344E-05		
						total	209.0325563	0.79209002		
						4-6 ring	21.15327936			

ID -5	STD AREA	STD concentration (ng/mL)							C'(ng/μg)	Mass of filter(after)(mg)	95.09
			AREA	m(ng)	M(ng)	C(ng/m ³)	Analysis consumption(mg)	95.09			
Nap	1974234	20	2390676	121.0938521	121.0938521	121.0938521	168.1859057	0.55034655	95.09		
Ace	7264988	19.86	417	0.005699679	0.005699679	0.005699679	0.007916221	2.59039E-05	0.72		
Flu	4557206	20.06	32958	0.725375899	0.725375899	0.725375899	1.007466527	0.003296684	305.60		
Phe	793162	19.78	933	0.1116336511	0.1116336511	0.1116336511	0.161578488	0.000528725	100		
Ant	43477557	20.08	95051	0.219495323	0.219495323	0.219495323	0.304854615	0.000997561			
Flu	3118311	19.7	34273	1.082602248	1.082602248	1.082602248	1.503614234	0.004920204			
Pyr	3003602	19.8	35978	1.185850189	1.185850189	1.185850189	1.647014152	0.005389444			
BaA	10442838	19.96	137854	1.3174416	1.3174416	1.3174416	1.82978	0.0059875			
Chr	7668525	19.7	131042	1.683196834	1.683196834	1.683196834	2.33777338	0.007649782			
BeP	1189806	20	14079	1.183302152	1.183302152	1.183302152	1.643475211	0.005377864			
BbF	4823028	20.08	1521	0.03166235	0.03166235	0.03166235	0.043975486	0.000143899			
BkF	25071819	20.04	34222	0.136768872	0.136768872	0.136768872	0.189956766	0.000621586			
BaP	351959	20.04	1486	0.423052685	0.423052685	0.423052685	0.587573174	0.001922687			
DBA	3057528	19.68	522	0.016799454	0.016799454	0.016799454	0.023332575	7.635E-05			
BghiPe	930390	19.76	862	0.091537527	0.091537527	0.091537527	0.127135455	0.000416019			
IDP	2045361	20.08	1234	0.060572975	0.060572975	0.060572975	0.084129131	0.000275292			
				total			179.6854811	0.587976051			
				4-6 ring			10.01775956				

ID -6	STD AREA	STD concentration (ng/mL)							C(ng/μg)	Mass of filter(after)(mg)	96.53
			AREA	m(ng)	M(ng)	C(ng/m ³)	C(ng/μg)	Analysis consumption(mg)			
Nap	1974234	20	2539922	128.6535436	128.6535436	178.6854772	0.414968596	96.53			
Acc	7264988	19.86	1876	0.025641722	0.025641722	0.035613502	8.27067E-05	0.72			
Flu	4557206	20.06	55856	1.229340258	1.229340258	1.707417025	0.003965204	430.60			
Phe	793162	19.78	726	0.090525517	0.090525517	0.125729885	0.000291988	100			
Ant	43477557	20.08	137547	0.317628674	0.317628674	0.441150937	0.001024503				
Flu	3118311	19.7	47865	1.51194108	1.51194108	2.099918166	0.004876726				
Pyr	3003602	19.8	74212	2.446059098	2.446059098	3.397304303	0.007889699				
BaA	10442838	19.96	145033	1.386049788	1.386049788	1.925069151	0.004470667				
Chr	7668525	19.7	151360	1.944175705	1.944175705	2.700244035	0.006270887				
BeP	1189806	20	1375	0.115565059	0.115565059	0.160507026	0.000372752				
BbF	4823028	20.08	11947	0.248698287	0.248698287	0.345414287	0.00080217				
BkF	25071819	20.04	89317	0.356957084	0.356957084	0.495773728	0.001151356				
BaP	351959	20.04	1737	0.49451044	0.49451044	0.686820056	0.00159503				
DBA	3057528	19.68	1151	0.037042474	0.037042474	0.05144788	0.00011948				
BghiPe	930390	19.76	1049	0.111395436	0.111395436	0.154715884	0.000359303				
IDP	2045361	20.08	1416	0.069506752	0.069506752	0.096537156	0.000224192				
			total		193.1091402	0.448465258					
			4-6 ring		12.11375167						

ID -12	STD AREA	STD concentration (ng/mL)							C(ng/ μ g)	Mass of filter(after)(mg)	96.98
			AREA	m(ng)	M(ng)	C(ng/ m^3)	Analysis consumption(mg)	96.98			
Nap	1974234	20	2729108	138.2362982	138.2362982	143.996144	0.373627774	96.98	96.98		
Acc	7264988	19.86	4219	0.057666537	0.057666537	0.060069309	0.000155862	0.96	0.96		
Flu	4557206	20.06	601	0.013227469	0.013227469	0.013778613	3.57515E-05	385.40	385.40		
Phe	793162	19.78	921	0.114840222	0.114840222	0.119625231	0.000310392	100	100		
Ant	43477557	20.08	118608	0.273894028	0.273894028	0.285306279	0.000740286				
Flu	3118311	19.7	28117	0.888148905	0.888148905	0.925155109	0.002400506				
Pyr	3003602	19.8	48483	1.59802031	1.59802031	1.66460449	0.004319161				
BaA	10442838	19.96	92282	0.881919608	0.881919608	0.918666259	0.00238367				
Chr	7668525	19.7	9315	0.119648498	0.119648498	0.124633852	0.000323388				
BeP	1189806	20	9320	0.783320978	0.783320978	0.815959352	0.002117175				
BbF	4823028	20.08	10406	0.216619601	0.216619601	0.225645417	0.000585484				
BkF	25071819	20.04	94224	0.376568003	0.376568003	0.392258336	0.001017795				
BaP	351959	20.04	806	0.229461954	0.229461954	0.239022869	0.000620194				
DBA	3057528	19.68	1158	0.037267754	0.037267754	0.038820577	0.000100728				
BghiPe	930390	19.76	809	0.08590935	0.08590935	0.089488906	0.000232197				
IDP	2045361	20.08	2466	0.121047776	0.121047776	0.126091433	0.00032717				
				total		150.03527	0.389297535				
				4-6 ring		5.560346601					

ID -14	STD AREA	STD concentration (ng/mL)						
			AREA	m(ng)	M(ng)	C(ng/m ³)	C'(ng/μg)	Mass of filter(after)(mg) Analysis consumption(mg) Flow quantity(m ³) TSP concentration(μg/m ³) Dilution magnification
Nap	1974234	20	2952297	149.5413917	149.5413917	155.7722831	0.747826611	90.71
Acc	7264988	19.86	2268	0.030999693	0.030999693	0.032291347	0.000155023	90.71
Flu	4557206	20.06	14968	0.3294322	0.3294322	0.343158542	0.001647425	0.96
Phe	793162	19.78	1018	0.126935229	0.126935229	0.132224197	0.000634778	208.30
Ant	43477557	20.08	9797	0.225374641	0.225374641	0.234765251	0.001127054	100
Flu	3118311	19.7	6180	0.195211446	0.195211446	0.203345256	0.000976213	
Pyr	3003602	19.8	30543	1.006710277	1.006710277	1.048656538	0.005034357	
BaA	10442838	19.96	31013	0.296384699	0.296384699	0.308734062	0.001482161	
Chr	7668525	19.7	3344	0.042952719	0.042952719	0.044742416	0.000214798	
BeP	1189806	20	22443	1.886273897	1.886273897	1.964868642	0.009432879	
BbF	4823028	20.08	21162	0.440525081	0.440525081	0.458880293	0.002202978	
BkF	25071819	20.04	75159	0.300374369	0.300374369	0.312889967	0.001502112	
BaP	351959	20.04	457	0.130104359	0.130104359	0.135525374	0.000650626	
DBA	3057528	19.68	593	0.019084437	0.019084437	0.019879622	9.54375E-05	
BghiPe	930390	19.76	546	0.057980847	0.057980847	0.060396715	0.000289951	
IDP	2045361	20.08	1981	0.097240732	0.097240732	0.101292429	0.000486281	
				total		161.1739337	0.773758683	
				4-6 ring		4.659211314		

ID -15	STD AREA	STD concentration		AREA	m (ng)	M (ng)	C (ng/m ³)	C (ng/μg)	Mass of filter(after)(mg)
		(ng/mL)							
Nap	1974234	20	129.445547	2555558	129.445547	129.445547	134.8391114	0.719141928	92.76
Ace	7264988	19.86	0.004278176	313	0.004278176	0.004278176	0.004456434	2.37676E-05	92.76
Flu	4557206	20.06	0.032331367	1469	0.032331367	0.032331367	0.033678507	0.000179619	0.96
Phe	793162	19.78	0.035910949	288	0.035910949	0.035910949	0.037407238	0.000199505	187.50
Ant	43477557	20.08	0.267956978	116037	0.267956978	0.267956978	0.279121852	0.00148865	100
Flu	3118311	19.7	0.924316721	29262	0.924316721	0.924316721	0.962829918	0.005135093	
Pyr	3003602	19.8	1.317164524	39962	1.317164524	1.317164524	1.37204638	0.007317581	
BaA	10442838	19.96	0.390633753	40875	0.390633753	0.390633753	0.406910159	0.002170188	
Chr	7668525	19.7	0.155729296	12124	0.155729296	0.155729296	0.162218017	0.000865163	
BeP	1189806	20	0.636322224	7571	0.636322224	0.636322224	0.66283565	0.003535123	
BbF	4823028	20.08	0.200486582	9631	0.200486582	0.200486582	0.20884019	0.001113814	
BkF	25071819	20.04	0.08569336	21442	0.08569336	0.08569336	0.089263916	0.000476074	
BaP	351959	20.04	0.123556437	434	0.123556437	0.123556437	0.128704622	0.000686425	
DBA	3057528	19.68	0.032375959	1006	0.032375959	0.032375959	0.033724957	0.000179866	
BghiPe	930390	19.76	0.055857006	526	0.055857006	0.055857006	0.058184381	0.000310317	
IDP	2045361	20.08	0.033820729	689	0.033820729	0.033820729	0.035229926	0.000187893	
					total		139.3145636	0.743011006	
					4-6 ring		4.120788116		

ID -17	STD AREA	STD concentration (ng/mL)							C'(ng/μg)	Mass of filter(after)(mg)	92.29
			AREA	m(ng)	M(ng)	C(ng/m ³)	Analysis consumption(mg)	92.29			
Nap	1974234	20	2828782	143.2850412	143.2850412	0.622935105	149.2552512	0.00016585	Flow quantity(m ³)	0.96	
Acc	7264988	19.86	2791	0.038148212	0.038148212	0.000900588	0.215780879	0.000491681	TSP concentration(μg/m ³)	239.60	
Flu	4557206	20.06	9412	0.207149644	0.207149644	0.000491681	0.117806824	0.001449387	Dilution magnification	100	
Phe	793162	19.78	907	0.113094551	0.113094551	0.001449387	0.347273221	0.005675899			
Ant	43477557	20.08	144369	0.333382292	0.333382292	0.008720435	1.359945436	0.001531223			
Flu	3118311	19.7	41331	1.305547619	1.305547619	0.000460981	2.089416307	0.000754149			
Pyr	3003602	19.8	60856	2.005839655	2.005839655	0.000360218	2.089416307	0.000360218			
BaA	10442838	19.96	36854	0.352205904	0.352205904	0.001112698	0.36688115	0.001112698			
Chr	7668525	19.7	8255	0.106033103	0.106033103	0.000754149	0.110451149	0.000460981			
BeP	1189806	20	5564	0.467639262	0.467639262	0.002033073	0.487124231	0.000754149			
BbF	4823028	20.08	8333	0.173466378	0.173466378	0.000360218	0.180694144	0.000754149			
BkF	25071819	20.04	20732	0.082855831	0.082855831	0.000360218	0.086308157	0.000360218			
BaP	351959	20.04	899	0.255938334	0.255938334	0.001112698	0.266602431	0.001112698			
DBA	3057528	19.68	684	0.022013077	0.022013077	9.57024E-05	0.022930289	9.57024E-05			
BghiPe	930390	19.76	398	0.042264427	0.042264427	0.000183746	0.044025445	0.000183746			
IDP	2045361	20.08	233	0.011437199	0.011437199	4.97235E-05	0.011913749	4.97235E-05			
					total		155.0021424	0.646920461			
					4-6 ring		5.026292488				

ID -19	STD AREA	STD concentration		AREA	m(ng)	M(ng)	C(ng/m ³)	C'(ng/μg)	Mass of filter(after)(mg)	94.5
		(ng/mL)								
Nap	1974234	20	124.7616544	2463087	124.7616544	124.7616544	129.9600567	0.2228014	Analysis consumption(mg)	94.5
Acc	7264988	19.86	0.014228695	1041	0.014228695	0.014228695	0.014821558	2.54098E-05	Flow quantity(m ³)	0.96
Flu	4557206	20.06	0.014459978	657	0.014459978	0.014459978	0.015062477	2.58229E-05	TSP concentration(μg/m ³)	583.30
Phe	793162	19.78	0.095139076	763	0.095139076	0.095139076	0.099103204	0.000169901	Dilution magnification	100
Ant	43477557	20.08	0.256145229	110922	0.256145229	0.256145229	0.266817947	0.000457428		
Flu	3118311	19.7	0.692684758	21929	0.692684758	0.692684758	0.721546623	0.001237008		
Pyr	3003602	19.8	0.880603689	26717	0.880603689	0.880603689	0.917295509	0.001572596		
BaA	10442838	19.96	0.233931083	24478	0.233931083	0.233931083	0.243678211	0.000417758		
Chr	7668525	19.7	0.051982552	4047	0.051982552	0.051982552	0.054148492	9.28313E-05		
BeP	1189806	20	0.401578072	4778	0.401578072	0.401578072	0.418310492	0.000717145		
BbF	4823028	20.08	0.017028141	818	0.017028141	0.017028141	0.017737647	3.04091E-05		
BkF	25071819	20.04	0.009128049	2284	0.009128049	0.009128049	0.009508385	1.6301E-05		
BaP	351959	20.04	0.320848167	1127	0.320848167	0.320848167	0.334216841	0.000572976		
DBA	3057528	19.68	0.034596576	1075	0.034596576	0.034596576	0.0360381	6.17831E-05		
BghiPe	930390	19.76	0.165340986	1557	0.165340986	0.165340986	0.172230194	0.000295269		
IDP	2045361	20.08	0.03617689	737	0.03617689	0.03617689	0.03768426	6.46053E-05		
					total		133.3182566	0.228558643		
					4-6 ring		2.962394753			

ID -20	STD AREA	STD concentration (ng/mL)							C'(ng/μg)	Mass of filter(after)(mg)	95.67
			AREA	m(ng)	M(ng)	C(ng/m ³)	C'(ng/μg)	Analysis consumption(mg)			
Nap	2477494	20	21732648	87.72028509	87.72028509	91.37529697	0.487334917	95.67			
Acc	8691682	19.86	242447	0.276988816	0.276988816	0.288530017	0.001538827	0.96			
Flu	4830704	20.06	509547	1.057973415	1.057973415	1.102055641	0.00587763	187.50			
Phe	938627	19.78	380942	4.013858945	4.013858945	4.181103068	0.022299216	10			
Ant	40059264	20.08	1811474	0.454007317	0.454007317	0.472924288	0.002522263				
Flu	3467171	19.7	1169425	3.322257901	3.322257901	3.460685314	0.018456988				
Pyr	3819038	19.8	830315	2.152405527	2.152405527	2.242089091	0.011957808				
BaA	12084741	19.96	3384756	2.795249388	2.795249388	2.911718112	0.015529163				
Chr	8967348	19.7	2624757	2.883110642	2.883110642	3.003240252	0.016017281				
BeP	1412647	20	1982946	14.0370949	14.0370949	14.62197385	0.077983861				
BbF	5253207	20.08	4773365	9.122919504	9.122919504	9.50304115	0.050682886				
BkF	26562275	20.04	11674532	4.403945469	4.403945469	4.587443197	0.024466364				
BaP	125073	20.04	103152	8.263838238	8.263838238	8.608164832	0.045910212				
DBA	3498518	19.68	286320	0.80530922	0.80530922	0.83886377	0.00447394				
BghiPe	166926	19.76	706044.6667	41.78930368	41.78930368	43.53052467	0.232162798				
IDP	2088769	20.08	2839364	13.6478541	13.6478541	14.21651469	0.075821412				
				total		204.9441689	1.093035568				
				4-6 ring		107.5242589					

ตาราง ปริมาณความเข้มข้นของ NO₂ ในพื้นที่การทำงาน (n=30)

ID	NO ₂ (ppm)	ID	NO ₂ (ppm)	ID	NO ₂ (ppm)
1	0.0104	11	0.0140	21	0.0076
2	0.0121	12	0.0148	22	0.0084
3	0.0112	13	0.0189	23	0.0071
4	0.0151	14	0.0137	24	0.0086
5	0.0166	15	0.0154	25	0.0058
6	0.0158	16	0.0124	26	0.0049
7	0.0174	17	0.0129	27	0.0565
8	0.0169	18	0.0139	28	0.0080
9	0.0188	19	0.0150	29	0.0071
10	0.0134	20	0.0143	30	0.0065

ตาราง ปริมาณความเข้มข้นของ SO₂ (ppm) ในพื้นที่การทำงาน (n=8)

ID	SO ₂ (ppm)
1	-
2	-
3	-
4	-
5	-
6	-
7	-
8	-

SO₂ ไม่สามารถรายงานผลได้ เนื่องจากความผิดพลาดของเครื่องมือ
การเก็บตัวอย่างอากาศ Passive sampler

ตาราง ปริมาณความเข้มข้นของ O₃ (ppm) ในพื้นที่การทำงาน (n=30)

ID	O ₃ (ppm)	ID	O ₃ (ppm)	ID	O ₃ (ppm)
1	N.D.	11	N.D.	21	N.D.
2	N.D.	12	N.D.	22	N.D.
3	N.D.	13	N.D.	23	N.D.
4	N.D.	14	N.D.	24	N.D.
5	N.D.	15	N.D.	25	N.D.
6	N.D.	16	N.D.	26	N.D.
7	N.D.	17	N.D.	27	N.D.
8	N.D.	18	N.D.	28	N.D.
9	N.D.	19	N.D.	29	N.D.
10	N.D.	20	N.D.	30	N.D.

N.D. = Non Detection

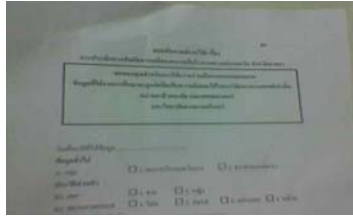
ตาราง ปริมาณความเข้มข้นของ VOCs (ppm) ในพื้นที่การทำงาน (30 ตัวอย่าง)

ID	Trichloroethane	Xylene	Toluene	Cyclohexane
1	1.1238	0.3851	0.1478	<0.0003
2	5.0387	0.8975	2.385	<0.0003
3	4.2528	1.647	2.708	<0.0003
4	5.6722	1.3188	2.9784	<0.0003
5	2.4225	1.1004	1.401	<0.0003
14	0.1833	0.1414	0.0608	<0.0003
15	0.4094	0.1776	0.0833	<0.0003
16	0.1737	0.0917	0.039	<0.0003
21	0.5927	0.3639	0.1072	<0.0003
22	1.0896	0.6718	0.1311	<0.0003
23	1.1584	0.7545	0.146	<0.0003
24	1.3882	0.8761	0.1924	<0.0003
25	3.244	2.1094	0.4066	<0.0003
26	0.39	0.3485	0.0507	<0.0003
27	0.102	0.0233	0.0098	<0.0003
28	0.7099	0.6718	0.0836	<0.0003
29	0.3613	0.3169	0.0658	<0.0003
30	0.2619	0.2209	0.0326	<0.0003
31	0.0002	0.2393	0.0878	<0.0003
32	0.0002	0.0857	0.0228	<0.0003
33	0.0002	0.5134	0.1884	<0.0003
34	0.0002	0.2614	0.0886	<0.0003
35	0.0002	0.0753	0.0194	<0.0003
36	0.059	0.4466	0.0072	<0.0003
37	0.0002	0.1152	0.0257	<0.0003
38	0.1083	1.1039	0.0194	<0.0003
39	0.0002	0.2064	0.0751	<0.0003
40	0.0002	0.1872	0.0557	<0.0003
41	0.0002	0.6186	0.2224	<0.0003
42	0.0002	0.3393	0.0884	<0.0003

ตาราง ปริมาณความเข้มข้นของ VOCs (ppm) ที่ตัวบุคคล (12 ตัวอย่าง)

ID	Trichloroethane	Xylene	Toluene	Cyclohexane
6	0.9855	0.351	0.1335	<0.0003
7	4.9562	0.8998	2.4004	<0.0003
8	3.4889	1.3132	2.2019	<0.0003
9	2.1765	0.8789	0.3063	<0.0003
10	0.4977	0.1923	0.0775	<0.0003
11	1.0836	0.532	0.1765	<0.0003
12	0.325	0.1271	0.0685	<0.0003
13	0.8389	0.3752	0.1269	<0.0003
17	5.383	0.9054	2.5392	<0.0003
18	2.5552	0.9374	0.3254	<0.0003
19	0.2972	0.0825	0.0433	<0.0003
20	2.7835	3.1684	4.1199	<0.0003

ภาคผนวก จ
เครื่องมือการเก็บข้อมูลด้านสุขภาพ
และการเก็บตัวอย่างอากาศ



แบบสัมภาษณ์



Spirometer



**Personal Pump
Active Sampling และ Filter**



**Personal Pump
Active Sampling Gas Tubes**



Direct Reading



**Passive Sampler
Filter Badge NO₂**



**Passive Sampler
Filter Badge SO₂**

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวรัชชนก สุวรรณมณี
รหัสประจำตัวนักศึกษา 4910320004

วุฒิการศึกษา	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตร์บัณฑิต (สาธารณสุขชุมชน)	วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดยะลา	2547

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

ตำแหน่ง นักวิชาการสาธารณสุข ปฏิบัติการ
สถานที่ทำงาน สำนักงานสาธารณสุขอำเภอรามัน อำเภอรามัน จังหวัดยะลา