การประเมินความผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ และสารเคมีก่ออันตราย ของพนักงานรมควันยางแผ่นในสหกรณ์กองทุนสวนยาง จังหวัดสงขลา

Assessment of Respiratory disorders and hazardous substances of Smoked rubber sheet workers in the rubber holder cooperative, Songkhla Province

วิทชย เพชรเลียบ

Witchaya Petliap

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
2551

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การประเมินความผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ และสารเคมีก่ออันตรายของพนักงานรมควันยางแผ่นในสหกรณ์กองทุนสวนยาง จังหวัดสงขลา

ผู้เขียน นายวิทชย เพชรเลียบ

สาขาวิชา อาชีวอนามัยและความปลอดภัย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พญ.พิชญา พรรคทองสุข)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.พีระพงศ์ ทีฆสกุล)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พญ.พิชญา พรรคทองสุข)

.....กรรมการ

(นายแพทย์ศรายุทธ ลูเซียนกีเตอร์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.เกริกชัย ทองหนู)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์	การประเมินความผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ และสารเคมีก่ออันตราย ของพนักงานรมควันยางแผ่นในสหกรณ์กองทุนสวนยาง จังหวัดสงขลา
ผู้เขียน	นายวิทชย เพชรเลียบ
สาขาวิชา	อาชีวอนามัยและความปลอดภัย
ปีการศึกษา	2551

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้มข้นของสาร PAHs , Nitrogen dioxide , Sulfur dioxide , Ozone และ Volatile organic compounds ในโรงรมควันยางของสหกรณ์กองทุนสวนยาง และพรรณนาความผิดปกติของระบบทางเดินหายใจของพนักงานรมควันยางแผ่นกับกลุ่มชาวสวนยาง ที่เป็นกลุ่มควบคุม โดยเก็บตัวอย่างอากาศจากสหกรณ์กองทุนสวนยาง 4 แห่งในจังหวัดสงขลา เก็บข้อมูลด้วยแบบสัมภาษณ์อาการและโรคระบบทางเดินหายใจ รวมถึงตรวจสมรรถภาพปอดจำนวนกลุ่มตัวอย่างละ 114 คน

ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณ Total PAHs เฉลี่ยในพื้นที่การทำงานเท่ากับ 87.28 ng/m^3 ส่วนปริมาณ PAHs ที่ตัวบุคคลมีปริมาณเท่ากับ 44.96 ng/m^3 ปริมาณ Nitrogen dioxide มีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 25.16 ppb ส่วนปริมาณ Sulfur dioxide , Ozone ไม่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้ และ Volatile organic compounds พบว่า สารส่วนใหญ่มีปริมาณน้อยมาก ซึ่งสารเคมีทั้งหมดไม่เกินค่ามาตรฐาน ผลความผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ พบว่า กลุ่มศึกษามีอาการระบบทางเดินหายใจสูงกว่ากลุ่มควบคุมในทุกกลุ่มอาการได้แก่ อาการไอไม่มีเสมหะ ไอมีเสมหะ มีเสมหะในคอ แน่นหน้าอก คัดจมูกน้ำมูกไหล และอาการมีเสียงวี๊ดในอก ด้านสมรรถภาพปอดพบว่า กลุ่มศึกษามีความผิดปกติแบบ Obstructive ร้อยละ 9.6 ความผิดปกติแบบ Restrictive ร้อยละ 2.6 ซึ่งมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนค่าเฉลี่ย FEV_1 /FVC % และ $FEF_{25-75\%}$ ของกลุ่มศึกษาต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ด้านโรคระบบทางเดินหายใจพบว่า กลุ่มศึกษามีโรคหลอดลมอักเสบเรื้อรังร้อยละ 2.6 หอบหืดร้อยละ 6.1 ซึ่งมากกว่ากลุ่มควบคุมแต่ไม่มีนัยสำคัญ

ตัวอย่างอากาศที่ทำการศึกษามีค่าไม่เกินมาตรฐานอาชีวอนามัย แต่ใกล้เคียงกับการศึกษาในกลุ่มสัมผัสเชื้อเพลิงชีวภาพและมลภาวะอากาศ ทั้งนี้ควันไม้จากการเผาไหม้มีสารเคมีอันตรายหลายชนิดนอกจากที่เก็บในการศึกษานี้ ซึ่งความผิดปกติของระบบทางเดินหายใจที่พบจากการศึกษานี้สนับสนุนว่า ควันจากการเผาไม้มีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจในพนักงานโรงรมยาง

Thesis	Assessment of Respiratory disorders and hazardous substances of Smoked rubber sheet workers in the rubber holder cooperative, Songkhla Province
Author	Mr.Witchaya Petliap
Major Program	Occupational Health and Safety
Academic Year	2008

Abstract

This study aimed to determine the concentrations of PAHs, Nitrogen dioxide, Sulfur dioxide, Ozone and Volatile organic compounds (VOCs) and to describe respiratory disorders among workers in rubber holder cooperatives using rubber planters as control group. The air samplings of working atmosphere were collected from 4 rubber holder cooperatives in Songkhla province. A total of 114 subjects in each group were interviewed for respiratory symptoms and diseases; including spirometry.

The results revealed that the geometric means of total PAHs at working area and personal were 87.28 ng/m^3 and 44.96 ng/m^3 respectively. The concentration of nitrogen dioxide was 25.16 ppb; sulfur dioxide and ozone were not detected; and VOC was slightly detected. All chemicals were not beyond the threshold limited value available. The prevalence of respiratory disorders such as cough, phlegm, breathlessness, nasal congestion, rhinorrsea and wheezing among smoked rubber sheet workers was significantly higher than rubber planters. The spirograms among rubber smoked sheet workes revealed obstructive type of 9.6% and restrictive type of 2.6% and was significantly higher than control group. Likewise, the mean of FEV_1 /FVC % and $FEF_{25-75\%}$ of smoked rubber sheet workers were significantly lower than the rubber planters. The smoked rubber sheet workers had chronic bronchitis of 2.6 %, asthma of 6.1 % which was higher than rubber planters but not statistically significant.

All chemicals under study were not beyond the occupational standard level but in line with those studies among biomass and air pollution exposures. Of note was that wood-burning smoke consisted of various chemicals besides those collected in our study. The findings of respiratory disorders supported the adverse effect of wood-burning smoke to respiratory system among those who exposed.

สารบาญ

หน้า

บทคัดย่อ..... (3)
Abstract..... (4)
กิตติกรรมประกาศ..... (5)
สารบาญ..... (6)
รายการตาราง..... (8)
รายการภาพประกอบ..... (9)
ตัวย่อและสัญลักษณ์..... (10)
บทที่ 1. บทนำ
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 3
กระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน..... 3
ควันไม้ และองค์ประกอบทางเคมีที่มีผลต่อระบบทางเดินหายใจ.....5
วิธีการเก็บตัวอย่างอากาศ..... 17
คำถามการวิจัย..... 18
วัตถุประสงค์..... 18
นิยามศัพท์..... 19
ขอบเขตการวิจัย..... 19
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 19
บทที่ 2. ระเบียบวิธีวิจัย
การออกแบบการวิจัย..... 20
แผนการสุ่มตัวอย่าง..... 20
ขนาดกลุ่มตัวอย่าง..... 20
การเก็บตัวอย่างอากาศ..... 21
ผังการเก็บ และจำนวนตัวอย่างอากาศ..... 24
ระยะเวลาการเก็บ และคุณภาพการส่งวิเคราะห์..... 25
เกณฑ์การคัดเข้า คัดออก..... 25
เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา..... 26
การวิเคราะห์ข้อมูล.....27

สารบาญ (ต่อ)

หน้า

แผนการดำเนินงาน……..28
บทที่ 3. ผลการวิจัย……29
บทที่ 4. สรุป และวิจารณ์ผล
สรุปผลการวิจัย…… 52
วิจารณ์ผล…… 53
ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป…… 59
บรรณานุกรม…… 61
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก ขั้นตอนการผลิตยางแผ่นรมควัน……75
ภาคผนวก ข การตรวจสมรรถภาพปอด…….. 79
ภาคผนวก ค แบบสัมภาษณ์อาการระบบทางเดินหายใจ……. 82
ภาคผนวก ง ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างอากาศ……87
ภาคผนวก จ ผลการเก็บตัวอย่างอากาศ..... 91
ภาคผนวก ช แผนภูมิแสดงปริมาณการผลิตยางแผ่นรมควัน…….. 109
ภาคผนวก ฉ ภาพประกอบการผลิตยางแผ่นรมควัน…….. 111
ประวัติผู้เขียน..... 116

รายการตาราง

ตาราง หน้า

1.1 แสดงตัวอย่างองค์ประกอบทางเคมีในควันจากการเกิดไฟป่า..... 5
1.2 แสดงองค์ประกอบของควันจากการเผาไม้..... 6
2.1 แสดงปริมาณ Volatile organic compounds จำนวน 13 สารประกอบ..... 22
2.2 แสดงวิธีการเก็บ และวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศ..... 22
2.3 แสดงจำนวนตัวอย่างอากาศ..... 24
2.4 แสดงระยะเวลาการเก็บ คุณภาพการส่งวิเคราะห์ และหน่วยงานวิเคราะห์..... 25
2.5 แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน..... 28
3.1 แสดงปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น..... 29
3.2 แสดงปริมาณความเข้มข้นของ Polycyclic aromatic hydrocarbons ในพื้นที่การทำงาน..... 31
3.3 แสดงปริมาณความเข้มข้นของ Polycyclic aromatic hydrocarbons ที่ตัวบุคคล..... 33
3.4 แสดงปริมาณความเข้มข้นของ Nitrogen dioxide ,Sulfur dioxide และ Ozone ในพื้นที่การทำงาน..... 37
3.5 แสดงปริมาณความเข้มข้นของ Volatile organic compounds ในพื้นที่การทำงาน..... 38
3.6 แสดงข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามประวัติส่วนตัว..... 39
3.7 แสดงข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามประวัติการทำงาน..... 40
3.8 แสดงข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามประวัติโรคประจำตัว..... 41
3.9 แสดงข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามพฤติกรรมการสูบบุหรี่..... 42
3.10 แสดงอาการไอไม่มีเสมหะ ไอมีเสมหะ และอาการมีเสมหะในคอ..... 43
3.11 แสดงอาการแน่นหน้าอก และอาการมีเสียงวี๊ดในอก..... 45
3.12 แสดงอาการคัดจมูก น้ำมูกไหล..... 47
3.13 แสดงอาการคันระคายจมูก และอาการคันระคายตา..... 48
3.14 แสดงโรคระบบทางเดินหายใจของกลุ่มตัวอย่าง..... 49
3.15 แสดงสมรรถภาพปอดของกลุ่มตัวอย่าง..... 49
3.16 แสดงความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าสมรรถภาพปอดกลุ่มตัวอย่าง.....50
3.17 แสดงค่า OR ของกลุ่มตัวอย่าง..... 51

รายการภาพประกอบ

หน้า

1.1 ขั้นตอนการผลิตยางแผ่นรมควัน…… 4
1.2 ผังการเก็บตัวอย่างอากาศ…… 24
3.1 แสดงปริมาณ PAHs ในพื้นที่การทำงาน…… 32
3.2 แสดงปริมาณ PAHs ที่ตัวบุคคล..... 34
3.3 เปรียบเทียบปริมาณ PAHs เฉลี่ยในพื้นที่การทำงาน และที่ตัวบุคคล..... 34
3.4 ปริมาณ Total PAHs ในพื้นที่การทำงาน และกำลังการผลิตของ สกย..... 35
3.5 ปริมาณ Total PAHs ในพื้นที่การทำงาน และปริมาณฝุ่นของ สกย..... 35
3.6 แสดงปริมาณ Total PAHs ที่ตัวบุคคล และกำลังการผลิตของ สกย..... 36
3.7 ปริมาณ Total PAHs ที่ตัวบุคคล และปริมาณฝุ่นของ สกย..... 36

ตัวย่อ และสัญลักษณ์

ACGIH	=	American Conference of Government Industrial Hygienist
COPD	=	Chronic obstructive pulmonary disease
$FEF_{25-75\%}$	=	Forced mid expiratory flow
FVC	=	Forced vital capacity
FEV_1	=	Forced expiratory volume in one second
MMI	=	Mucous membrane irritation
mg/m^3	=	milligram per cubic meter
NIOSH	=	National Institute of Occupational Safety and Health
ng/m^3	=	nanogram per cubic meter
NO_2	=	nitrogen dioxide
OR	=	Odd Ratio
OSHA	=	Occupational safety and health administration
ppb	=	part per billion
ppm	=	part per million
SO_2	=	sulfur dioxide
TLV	=	Threshold limit value
TWA	=	Time weighted average
ug/m^3	=	microgram per cubic meter
VOCs	=	Volatile organic compounds

ตัวย่อของสารประกอบ PAHs (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons)

Ace	=	Acenaphthene
Ant	=	Anthracene
BaA	=	Benz (a) anthracene
BaP	=	Benzo (a) pyrene
BbF	=	Benzo (b) fluoranthene
BghiPe	=	Benzo (ghi) perylene
BkF	=	Benzo (k) fluoranthene
Chr	=	Chrysene
DBA	=	Dibenz(a,h)anthracene
Fle	=	Fluorene
Flu	=	Fluoranthene
IDP	=	Indeno(1,2,3cd)pyrene
Nap	=	Naphthalene
Phe	=	Phenanthrene
Pyr	=	Pyrene

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

นับกว่าศตวรรษตั้งแต่เริ่มปลูกยางพาราต้นแรกในภาคใต้ ได้มีการขยายพื้นที่ปลูกยางพารามาตลอด จนถึงปัจจุบันไทยสามารถเป็นผู้นำการส่งออกยางพาราได้มากเป็นอันดับหนึ่งของโลก โดยยางพาราที่ส่งออกร้อยละ 90 เป็นยางดิบแปรรูป ซึ่งได้แก่ ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง และน้ำยางข้น โดยในปี พ.ศ. 2548 ไทยส่งออกยางแผ่นรมควัน 0.92 ล้านตัน ยางแท่ง 1.11 ล้านตัน และน้ำยางข้น 0.49 ล้านตัน (สถาบันวิจัยยาง, 2549) ปัจจุบันไทยมีพื้นที่ปลูกยางพารากระจายอยู่ใน ภาคใต้ ภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคอื่นๆ โดยมีพื้นที่ปลูกยางพารามากที่สุด คือ ภาคใต้ คิดเป็นร้อยละ 79 ของพื้นที่ปลูกยางพาราทั้งประเทศ (สถาบันวิจัยยาง, 2546)

จังหวัดสงขลาเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีพื้นที่ปลูกยางพาราเป็นจำนวนมาก และมีอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับยางพารามากด้วยเช่นกัน โดยเฉพาะการผลิตยางแผ่นรมควัน ซึ่งยางแผ่นรมควันเป็นการแปรรูปยางขั้นพื้นฐานจากน้ำยางดิบเป็นยางแห้ง เพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น ยางรถยนต์ ท่อยาง พื้นรองเท้า เป็นต้น และจากนโยบายของรัฐบาลที่มุ่งยกระดับคุณภาพยางแผ่นของเกษตรกรให้มีคุณภาพตรงกับความต้องการของตลาดและจำหน่ายได้ในราคาสูง ในปี พ.ศ. 2536 จึงได้มีการก่อสร้างโรงงานผลิตยางแผ่นรมควันโดยจัดตั้งเป็นสหกรณ์กองทุนสวนยางเป็นโครงการนำร่องเพื่อให้ชุมชนเกิดการสร้างงาน สร้างรายได้ จากการประกอบอาชีพการทำสวนยาง (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)

โดยในกระบวนการผลิตยางแผ่นรมควันจะเริ่มจากการนำน้ำยางสดมาผ่านวิธีการกรองแยกสิ่งสกปรกให้สะอาด แล้วเทน้ำยางลงในถาดสี่เหลี่ยมผืนผ้า พร้อมกับใส่กรดอะซีติกหรือ กรดฟอร์มิกผสมลงไปในน้ำยางเพื่อให้ยางจับตัวเป็นก้อน จากนั้นก็นำยางที่จับตัวเป็นก้อนนี้เข้าเครื่องรีดทำให้เป็นแผ่นบางประมาณ 2 – 3 มิลลิเมตร หนักไม่เกิน 1 กิโลกรัม เมื่อรีดเป็นแผ่นบางแล้วก็จะนำไปผึ่งในที่ร่ม จะได้เป็นยางแผ่นดิบ แล้วจึงนำยางแผ่นดิบไปเข้าโรงรมควัน ภายในโรงรมควันจะมีอุณหภูมิประมาณ 50 – 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการรมควันประมาณ 4 – 10 วัน ก็จะได้เป็นยางแผ่นรมควัน (กรมวิชาการเกษตร, 2548) จะเห็นได้ว่าจากกระบวนการต่างๆ ของการผลิตยางแผ่นรมควันคนงานต้องทำงานอยู่ในพื้นที่ที่มีการใช้สารเคมี และมีควันฟุ้งกระจายจากการรมควันยางแผ่นตลอดเวลาการทำงาน โดยควันที่ฟุ้งกระจายออกมานี้เกิดจากการเผาไหม้ของไม้ฟืนที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงให้เกิดควันในการรมยางแผ่น ซึ่งควันที่เกิดขึ้นประกอบด้วยองค์ประกอบทางเคมีมากมาย

หลายชนิด เช่น carbon monoxide, nitrogen dioxide, sulfur dioxide, PAHs และ complex mixture ต่าง ๆ อีกมากมาย (Pierson et al., 1989 ; Naeher et al., 2005) ซึ่งสารแต่ละชนิดล้วนก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศ และมีผลต่อสุขภาพแทบทั้งสิ้น

ซึ่งจากรายงานการศึกษาวิจัยความสัมพันธ์ต่อแบบแผนสุขภาพของแรงงานหญิงย้ายถิ่นในโรงงานอุตสาหกรรมยางพาราจังหวัดสงขลาในระยะเวลา 1 ปี พบว่า ร้อยละ 88.1 เคยเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจมากเป็นอันดับหนึ่ง รองลงมาร้อยละ 39.7 เจ็บป่วยเนื่องจากการประสบอุบัติเหตุ (เพชรน้อย สิงห์ช่างชัย และคณะ, 2545) และจากการศึกษาของ Tzanakis และคณะ (2001) ที่ศึกษาถึงผลกระทบระยะสั้นของการสัมผัสควันจากการเผาไม้ในคนงานเผาถ่านพบว่า การสัมผัสควันจากการเผาไม้มีความสัมพันธ์กับอาการของระบบทางเดินหายใจที่เพิ่มขึ้น ได้แก่ อาการไอ มีเสมหะ หายใจมีเสียงวี๊ด หอบ และ hemoptysis มากกว่ากลุ่มควบคุม และการมีสมรรถภาพปอดที่ลดลง รวมถึงรายงานการศึกษาการประเมินการสัมผัสฝุ่นควันในบรรยากาศการทำงานของคนงานรมควันยางแผ่นในจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งพบว่า กลุ่มตัวอย่าง มีผลการตรวจสมรรถภาพปอดที่ผิดปกติ ร้อยละ 23.5 และมีอาการของระบบทางเดินหายใจที่พบในกลุ่มตัวอย่าง โดยมีอาการไอมากที่สุด ร้อยละ 68.9 และรองลงมาคือ อาการแน่นหน้าอก หายใจไม่สะดวก ร้อยละ 67.3 (อารี ควรเนตร, 2547)

โดยองค์ประกอบของควันจากการเผาไม้ นอกจากฝุ่นหรือควันที่เป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจแล้ว ยังพบว่า สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ก๊าซพิษ และ สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย เช่น PAHs, nitrogen dioxide, sulfur dioxide, ozone และ volatile organic compounds ก็มีผลต่ออาการระบบทางเดินหายใจเช่นกัน โดยจากรายงานการศึกษาเกี่ยวกับสมรรถภาพปอดในคนงานโรงงานยาง พบปริมาณของ suspended particulate matter, benzo (a) pyrene, benzo (e) pyrene และ benzo (a) anthracene ในปริมาณที่สูง ซึ่งผลการตรวจสมรรถภาพปอดในกลุ่มคนงานดังกล่าว พบความผิดปกติแบบผสม คือ เป็นแบบ obstructive และ restrictive เป็นต้น (Gupta et al., 1994) และจากรายงานการศึกษาเชิงสำรวจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัส NO_2 ในระดับต่ำกับสมรรถภาพปอดในเด็ก พบว่า การสัมผัส NO_2 ส่วนบุคคลมีความสัมพันธ์กับการลดลงของสมรรถภาพปอด คือ ค่า FEV_1 % จะลดลง (Ponsonby et al., 2001) รวมถึงการศึกษาการเกิดอุบัติเหตุที่ทำให้คนงานได้รับ SO_2 ในปริมาณสูง พบว่า คนงานจะมีภาวะการขาดออกซิเจน (hypoxia) และมีอาการ airway obstruction อย่างรุนแรง เช่นกัน (Rabinovitch et al., 1989) นอกจากนี้จากรายงานในคนปกติเมื่อได้รับโอโซนในระดับต่ำ พบว่า ทำให้ค่า FVC , FEV_1 และค่า $FEF_{25-75\ \%}$ ลดลง มีการเพิ่มอาการของระบบทางเดินหายใจและการเพิ่มความไวในการตอบสนองของหลอดลมมากยิ่งขึ้น (Mcdonnell et al.,1991) ตลอดจนรายงานวิจัยที่เกี่ยวกับผลกระทบที่มีต่อ

ระบบทางเดินหายใจของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย ก็พบว่า สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายที่ปะปนในอาคารบ้านเรือน และสำนักงานมีผลทำให้สมรรถภาพปอดลดลง มีการระคายเคืองต่อหลอดลม และสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายเหล่านี้ ยังทำให้เกิดการระคายเคืองต่อจมูก คอ และมีความสัมพันธ์กับการอักเสบบริเวณทางเดินหายใจส่วนบนต่อผู้อาศัยในบริเวณนั้น (Harving et al., 1991 ; Koren et al., 1992)

จากความสำคัญและความเป็นมาของปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการประเมินสารต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีของควันจากการเผาไม้ที่เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ก๊าซ และ สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย ได้แก่ PAHs, Nitrogen dioxide, Sulfur dioxide, Ozone และ Volatile organic compounds ในบรรยากาศการทำงานของคนงานรมควันยางแผ่นในโรงรมควันยาง ณ สหกรณ์กองทุนสวนยาง โดยเปรียบเทียบอาการของระบบทางเดินหายใจ และสมรรถภาพปอดคนงานในโรงรมยางของสหกรณ์กองทุนสวนยาง กับกลุ่มชาวสวนยางในจังหวัดสงขลา ซึ่งผลการศึกษาที่ได้สามารถนำมาเป็นข้อมูลในการระบุขนาด และความรุนแรงของปัญหาเพื่อนำไปสู่การวางแผนการจัดการด้านอาชีวอนามัยความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อมในการทำงานของคนงานรมควันยางแผ่นในสหกรณ์กองทุนสวนยางต่อไป

1.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ทำการวิจัยได้จัดแบ่งรายละเอียดของการทบทวนเอกสารและงานวิจัย ดังหัวข้อต่อไปนี้

1.2.1 กระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน

1.2.2 ควันไม้ และองค์ประกอบทางเคมีที่มีผลต่อระบบทางเดินหายใจ

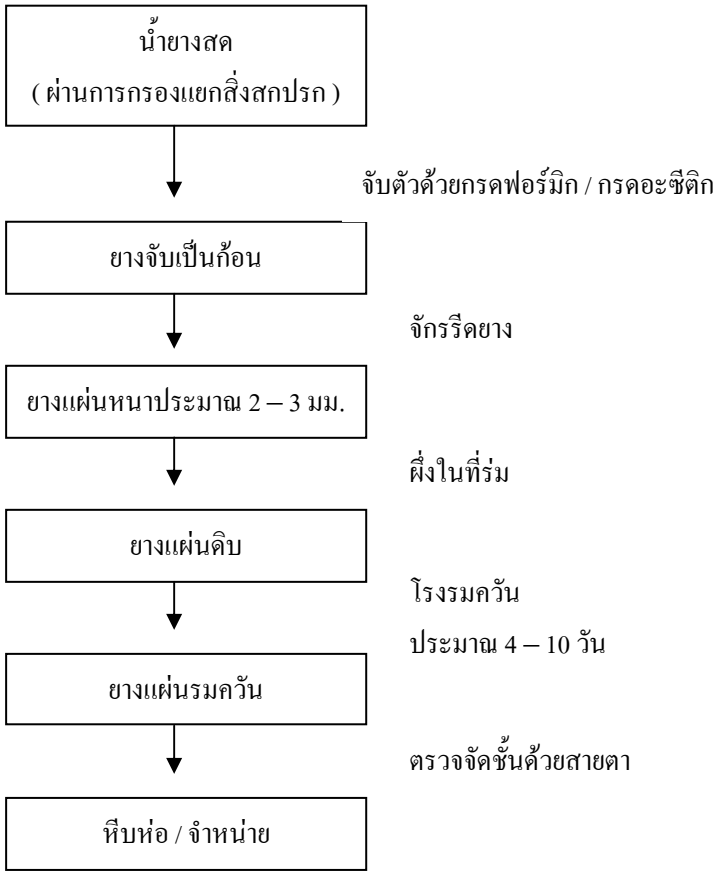
1.2.3 วิธีการเก็บตัวอย่างอากาศ

1.2.1 กระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน

ยางแผ่นรมควันเป็นการแปรรูปยางขั้นพื้นฐานจากน้ำยางดิบเป็นยางแห้ง เพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น ยางรถยนต์ ท่อยาง พื้นรองเท้า เป็นต้น โดยในกระบวนการผลิตยางแผ่นรมควันจะเริ่มจากการนำน้ำยางสดจากสวนมาผ่านการกรองด้วยเครื่องกรองลวดเบอร์ 40 และ 60 เพื่อแยกเอาสิ่งสกปรกออก และตวงน้ำยางที่กรองแล้วใส่ในตะกงที่สะอาด ตะกงละ 3 ลิตร จากนั้นเติมน้ำสะอาดลงในตะกงที่ใส่น้ำยางไว้แล้วตะกงละ 2 ลิตร จะได้อัตราส่วนผสมระหว่างน้ำยางกับน้ำในอัตรา 3 ส่วนต่อ 2 ส่วน (อัตราส่วนผสมอาจเปลี่ยนแปลงได้ ถ้าหากน้ำยางเจือจางบ้างแล้ว เช่น กรณีที่ฝนตกขณะเก็บน้ำยางหรือจากเหตุอื่น ๆ) แล้วใส่กรดอะซีติกหรือกรดฟอร์มิก ผสม

ลงไปในน้ำยางเพื่อให้ยางจับตัวเป็นก้อน และใช้แผ่นสังกะสี หรือวัสดุอื่นใดก็ได้ปิดตะกงเพื่อป้องกันมิให้ฝุ่นละอองหรือสิ่งสกปรกตกลงในน้ำยางที่กำลังจับตัว ทิ้งไว้ประมาณ 30 - 45 นาที จากนั้นก็นำยางที่จับตัวเป็นก้อนเข้าเครื่องรีดทำให้เป็นแผ่นบางประมาณ 2 - 3 มิลลิเมตร เมื่อรีดเป็นแผ่นบางแล้วก็จะนำไปผึ่งในที่ร่ม จะได้เป็นยางแผ่นดิบ แล้วจึงนำยางแผ่นดิบไปเข้าห้องรมควัน ใช้เวลาในการรมควันประมาณ 4 – 10 วัน ก็จะได้เป็นยางแผ่นรมควัน จากนั้นจะเป็นขั้นตอนการคีบและคัดเกรดเป็นขั้นตอนที่คนงานต้องนำยางแผ่นรมควันมาส่องดูด้วยสายตาและคีบเสี้ยนไม้ที่ติดยางแผ่นและตัดรอยตำหนิออกด้วยกรรไกร จากนั้นนำยางแผ่นรมควันที่ตัดแต่งเรียบร้อยมาคัดเกรดตามการจัดชั้นยางแผ่นรมควันแล้วจัดจำหน่ายต่อไป (เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี, 2546)

ขั้นตอนการผลิตยางแผ่นรมควัน



ภาพประกอบ 1.1 ขั้นตอนการผลิตยางแผ่นรมควัน

1.2.2 ควันไม้ และองค์ประกอบทางเคมีที่มีผลต่อระบบทางเดินหายใจ

ควัน (smoke) หมายถึง อนุภาคแขวนลอยของธาตุคาร์บอน (carbon) ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ (incomplete combustion) ของสารที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เช่น ไม้ ถ่านหิน น้ำมัน เป็นต้น ซึ่งควันมักประกอบด้วยอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน(สมเกียรติ วงษ์ทิม ,2542)

โดยจากรายงานการศึกษาควันที่เกิดขึ้นในการเกิดไฟป่า พบว่า ควันที่เกิดขึ้นมาจากการเผาไหม้ของพืช และเชื้อเพลิงทางชีวภาพอื่น ๆ ซึ่งการเกิดควันจะทำให้เกิดองค์ประกอบทางเคมีกว่า 100 ชนิด โดยมีการวัดปริมาณตัวอย่างขององค์ประกอบทางเคมีในควันจากตาราง ดังนี้

ตาราง 1.1 แสดงตัวอย่างองค์ประกอบทางเคมีในควันจากการเกิดไฟป่า

ตัวอย่างอากาศ	ค่าเฉลี่ย
Respirable particulate	7 mg/m^3
Carbon monoxide	54.3 ppm
Formaldehyde	0.468 ppm
Acrolein	0.071 ppm
Benzene	0.064 ppm

ที่มา : ดัดแปลงจาก Reinhardt et al., (2000)

จากการศึกษาการเผาไหม้ของไม้ในที่พักอาศัย พบว่า เมื่อมีการเผาไหม้ของไม้ในเตาไฟภายในบ้านจะทำให้ระดับของอนุภาคแขวนลอย (suspended particles) และ respirable particles (RSP) มีจำนวนสูงถึง 4 เท่า เทียบกับวันที่ไม่ได้ติดไฟ โดยพบระดับของ RSP ประมาณ 14 – 72 $\mu g/m^3$ ภายในบ้านที่ใช้เตาถ่าน และ 68 – 160 $\mu g/m^3$ ภายในบ้านที่มีการจุดฟืนไฟ นอกจากนี้ยังมี benzo (a) pyrene สูงถึง 5 – 11.4 ng/m^3 และ carbon monoxide สูงขึ้น 1 – 5 ppm (สมเกียรติ วงษ์ทิม,2542)โดยองค์ประกอบทางเคมีของควันที่เกิดขึ้นจากการเผาไม้มีมากมายหลายชนิด เช่น carbon monoxide, nitrogen dioxide, sulfur dioxide, PAHs และ complex mixture ต่าง ๆ อีกมากมาย (Pierson et al., 1989 ; Naeher et al., 2005) ซึ่งแต่ละองค์ประกอบของควันจากการเผาไม้สรุปได้จากตาราง ดังนี้

ตาราง 1.2 แสดงองค์ประกอบของควันจากการเผาไม้

Chemical class	Representative compounds
Toxic gases	Carbon monoxide Ammonia Nitrogen dioxide Sulfur dioxide
VOCs (C2-C7)	Methyl chloride Methylene chloride, etc.
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 Naeher et al., (2005)

โดยผลต่อระบบทางเดินหายใจ พบว่า จากหลายการศึกษาแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของการสัมผัสควันไม้ และสมรรถภาพปอดรวมถึงอาการระบบทางเดินหายใจ โดยจากการศึกษาวิจัยของ อารี ควรเนตร (2547) เรื่องการประเมินการสัมผัสฝุ่นควันในบรรยากาศการทำงานของคนงานรมควันยางแผ่นในจังหวัดนครศรีธรรมราช โดยมีการใช้เครื่อง spirometer และแบบสัมภาษณ์อาการระบบทางเดินหายใจที่ดัดแปลงมาจากแบบสัมภาษณ์ของสมาคมอุรเวชช์แห่งประเทศไทย เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลด้านสุขภาพ พบว่า กลุ่มตัวอย่าง มีผลการตรวจสมรรถภาพปอดที่ผิดปกติ ร้อยละ 23.5 และมีอาการของระบบทางเดินหายใจที่พบในกลุ่มตัวอย่างโดยมีอาการไอมากที่สุด ร้อยละ 68.9 และรองลงมาคือ อาการแน่นหน้าอก หายใจไม่สะดวก ร้อยละ 67.3 รวมถึงการศึกษาผลกระทบระยะสั้นของการสัมผัสควันจากการเผาไม้ในคนงานเผาถ่านและเปรียบเทียบอาการของระบบทางเดินหายใจกับกลุ่มเกษตรกรในประเทศกรีซ โดยใช้เครื่อง spirometer , peak flow meter เก็บข้อมูลด้านสมรรถภาพปอด และใช้แบบสอบถามเก็บข้อมูลด้านอาการของระบบทางเดินหายใจ ซึ่งผลการศึกษา พบว่า การสัมผัสควันจากการเผาไม้มีความสัมพันธ์กับอาการของระบบทางเดินหายใจที่เพิ่มขึ้น ได้แก่ อาการไอ (OR 4.8 ; 95%CI 1.2-19.7) มีเสมหะ (OR 6 ; 95%CI 1.4-26.5) หายใจมีเสียงวี๊ด (OR 7.7 ; 95%CI 1.4-41.5) หอบ (OR 28.7 ; 95%CI 5.4-153) และ hemoptysis (OR 2.7; 95%CI 0.7-55) ในกลุ่มคนงานเผาถ่านมากกว่ากลุ่มเกษตรกร ส่วนผลการตรวจสมรรถภาพปอดในกลุ่มคนงานโดยเปรียบเทียบก่อนและหลังการสัมผัสควัน พบว่า ค่า FVC, FEV_1, FEV_1% และค่า $FEF_{25-75\%}$ ลดลงเมื่อมีการสัมผัสควัน (Tzanakis et al., 2001)

โดยกลุ่มอาชีพที่มีความเสี่ยงต่อการสัมผัสควันไม้ที่มีผลต่อสมรรถภาพปอด และอาการของระบบทางเดินหายใจมากเช่นกัน คือ กลุ่มของพนักงานดับไฟป่า โดยจากหลายการศึกษา พบว่าการสัมผัสควันไม้ของพนักงานดับไฟป่านั้นมีผลต่อสมรรถภาพของปอดโดยเป็นผลทำให้ค่า FVC, FEV_1 และค่า $FEF_{25-75\%}$ ลดลง (Unger et al., 1980 ; Rothman et al., 1991 ; Betchley et al., 1997)

ซึ่งนอกจากควันไม้จะมีผลต่อสมรรถภาพปอด และอาการของระบบทางเดินหายใจในผู้ที่สัมผัสแล้ว ยังพบว่า ควันไม้สามารถก่อให้เกิดโรคหลอดลมอุดกั้น และCOPD ได้ โดยจากการศึกษาแบบ case control ในกลุ่มผู้หญิงสูงอายุของเมืองโบโกตา ประเทศโคลัมเบีย เกี่ยวกับการสัมผัสควันไม้และปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดลมอุดกั้น (Obstructive Airways Disease) โดยใช้แบบสอบถามของสมาคมโรคทรวงอกของสหรัฐอเมริกาเก็บข้อมูลด้านสุขภาพ พบว่า การสัมผัสควันจากการใช้ไม้เป็นเชื้อเพลิงในการทำอาหาร (OR 3.92 ;95%CI 1.7-9.1) มีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคหลอดลมอุดกั้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Dennis et al., 1996) และจากการศึกษาการสัมผัสควันจากการเผาไม้และปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิด COPD (Chronic Obstructive Pulmonary Disease)ใน

กลุ่มผู้หญิงของประเทศสเปน และใช้แบบสอบถามของสมาคมโรคทรวงอกของสหรัฐอเมริกาเก็บข้อมูลด้านสุขภาพเช่นกัน พบว่า การสัมผัสควันไม้และถ่านรวมกันจะทำให้เพิ่มความเสี่ยงต่อการเป็น COPD (OR 4.5 ;95%CI 1.4-14.2) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Levi et al., 2006) โดยโรคหลอดลมปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) คือ กลุ่มของโรคปอดซึ่งมีความผิดปกติที่สำคัญ ได้แก่ มีการอุดกั้นของหลอดลมเนื่องจากโรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง (chronic bronchitis) และโรคถุงลมปอดโป่งพอง (pulmonary emphysema) ทำให้ผู้ป่วยขับลมออกจากปอดได้ช้ากว่าปกติ หรือไม่สามารถขับลมออกจากปอดจากความจุของปอดทั้งหมด (total lung capacity) ภายในเวลาที่กำหนดได้ (สมาคมอุรเวชช์แห่งประเทศไทย , 2539)

ตลอดจนมีรายงานการศึกษาถึงผลกระทบของมลพิษทางอากาศ จากการเผาไหม้ของไม้และเชื้อเพลิงทางชีวภาพกับอาการของระบบทางเดินหายใจ ในประเทศกำลังพัฒนาต่าง ๆ เช่น ในประเทศอินเดีย โบลิเวีย และปากีสถาน เป็นต้น โดยจากการศึกษาเชิงสำรวจในประเทศอินเดียถึงผลกระทบจากมลพิษทางอากาศในที่พักอาศัย จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงทางชีวภาพกับความชุกของการเป็นหอบหืดในผู้สูงอายุ โดยใช้แบบสอบถามมาตรฐานเก็บข้อมูลด้านสุขภาพ และข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงในการทำอาหาร ซึ่งผลการศึกษา พบว่า ผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่ในบ้านที่มีการใช้เชื้อเพลิงทางชีวภาพจะพบความชุกของการเป็นหอบหืดสูงกว่าผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่ในบ้านที่มีการใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ (OR 1.59 ;95%CI 1.30-1.94) และพบความชุกของการเป็นหอบหืดในกลุ่มผู้หญิง (OR 1.83 ;95%CI 1.32-2.53) สูงกว่าในกลุ่มผู้ชาย (OR 1.46 ;95%CI 1.14-1.88) (Mishra, 2003) และจากการศึกษาการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงทางชีวภาพในการทำอาหาร และการเกิดหลอดลมอักเสบเรื้อรังในหมู่บ้านแถบชนบทของโบลิเวีย ในประชากรที่มีอายุมากกว่า 20 ปีโดยใช้แบบสอบถามอาการหลอดลมอักเสบเรื้อรังของสมาคมวิจัยทางการแพทย์ของอังกฤษ ผลการศึกษาพบว่า หมู่บ้านที่มีการทำอาหารในที่พักอาศัยจะมีความชุกของการเป็นหลอดลมอักเสบเรื้อรัง ร้อยละ 22 และหมู่บ้านที่มีการทำอาหารนอกที่พักอาศัยจะมีความชุกของการเกิดหลอดลมอักเสบเรื้อรังร้อยละ 13 และพบความสัมพันธ์ระหว่างการใช้เชื้อเพลิงทางชีวภาพกับการเป็นหลอดลมอักเสบเรื้อรัง เป็นต้น (Albalak et al., 1999) รวมถึงการศึกษาอาการของระบบทางเดินหายใจในผู้หญิงที่สัมผัสควันไม้จากการทำอาหารในที่พักอาศัยในชุมชนกึ่งชนบททางตอนใต้ของปากีสถาน โดยทำการเปรียบเทียบอาการของระบบทางเดินหายใจในกลุ่มผู้หญิงที่ใช้ไม้เป็นเชื้อเพลิงกับกลุ่มที่ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิงในการทำอาหาร โดยใช้แบบสอบถามมาตรฐานสัมภาษณ์อาการของระบบทางเดินหายใจ และเก็บข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงในการทำอาหาร ซึ่งผลการศึกษา พบว่า กลุ่มผู้หญิงที่ใช้ไม้เป็นเชื้อเพลิงในการทำอาหารจะมีอาการไอ (OR 3.8 ;95%CI 1.7-8.6) หายใจลำบาก

(OR 3.9;95%CI 1.7-8.8) และเคยมีอาการหอบหืด (OR 3.3;95%CI 1.5-8.1) มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มผู้หญิงที่ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง (Siddiqui et al., 2005)

Polycyclic aromatic hydrocarbons

การเผาไหม้เชื้อเพลิงทางชีวภาพทำให้เกิดการปลดปล่อยสารประกอบทางเคมีที่มีอันตรายหลายชนิดโดยเฉพาะ PAHs ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งโดยเกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์และสามารถเกิดได้ทั้งในอนุภาคเขม่าและแก๊ส สำหรับ PAHs ในอนุภาคเขม่าส่วนใหญ่จะอยู่ในอนุภาคขนาดต่ำกว่า 0.5 ไมครอน (De Martinis et al., 2002) โดยในงานวิจัยนี้จะพิจารณาเฉพาะ PAHs ที่มีอยู่ในอนุภาค ซึ่งจากรายงานการศึกษา PAHs ที่ผ่านมาพบว่า การศึกษาแบ่งเป็น 3 กลุ่มใหญ่ โดยกลุ่มแรกเป็นการศึกษาในอุตสาหกรรมหนักได้แก่ graphite electrode, carbon black production และเตาหลอมที่ใช้ถ่านหิน โดยการศึกษาเหล่านี้ให้ค่า Total PAHs (TP) ซึ่งจะวัดทั้ง particle-phase PAHs (PP) และ gaseous-phase PAHs (GP) อยู่ในช่วง 1.62 – 226 $\mu g/m^3$ และมีปริมาณสารส่วนใหญ่เป็นชนิด 2 – 3 ring เช่น Naphthalene, phenanthrene, Anthracene ฯ (Buchet et al.,1992 ; Khalili et al.,1995 ; Angerer et al.,1997 ; Tsai et al., 2002 ; Strunk et al.,2002 ; Rihs et al.,2005 ; Unwin et al., 2006) การศึกษากลุ่มที่สองเป็นการศึกษามลภาวะจากการจราจรในเขตเมืองต่างๆ เช่น มาเก๊า เซาเปาโล ปักกิ่ง ลอนดอน เม็กซิโก และชิคาโก ซึ่งการศึกษากลุ่มนี้ให้ค่า PAHs อยู่ในช่วงกว้างตั้งแต่หลักสิบจนถึงหลักพันเพราะวิธีเก็บ PAHs ในการศึกษามีทั้งที่เก็บเฉพาะ PP และที่เก็บทั้ง PP และ GP รวมกัน เมื่อพิจารณาเฉพาะการศึกษาที่เก็บเฉพาะ PP จะมีค่าในช่วงหลักสิบถึงหลักร้อย (80.33 – 310 ng/m^3) (Halsall et al.,1994 ; Shihua et al.,2001 ; Demartinis et al.,2002 ; Zeng et al., 2002 ; Marr et al.,2004) ส่วนการศึกษาที่วิเคราะห์ทั้ง PP และ GP รวมกันจะรายงาน TP สูงกว่าเป็นหลักพัน (3,500 – 6,000 ng/m^3) (Khalili et al.,1995) เนื่องจาก GP มีค่าสูงกว่า PP หลายเท่าและชนิดของ PAHs ที่พบเป็นแบบ 2-3 ring เป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ Naphthalene, phenanthrene, Fluorene ฯ

กลุ่มที่สามเป็นการศึกษาระดับ PAHs จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวภาพซึ่งมีทั้งการเก็บตัวอย่างอากาศที่ปล่อย ณ จุดกำเนิด (emission) และในบรรยากาศทั่วไป ซึ่งการตรวจวัดที่จุดกำเนิดจะให้ค่าสูงเช่น การศึกษา emission ของไม้ฟืนประกอบอาหารในอินเดียพบปริมาณ PP 4,470 ng/m^3 (Bhargava et al.,2004) ส่วนกลุ่มที่ศึกษาระดับ PAHs ในบรรยากาศจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวภาพมีทั้งที่ศึกษาเฉพาะ PP และที่ศึกษาทั้ง PP และ GP รวมกัน เช่น การเผาไหม้ของไม้ และฟางข้าวในบรรยากาศของมาเลเซีย และไต้หวัน ให้ค่า PP อยู่ในช่วง 33 – 45.8 ng/m^3 (Okuda et al.,2002 ; Yang et al.,2006) การเผาไม้ฟืนในเตาผิงในที่พักอาศัยของฟินแลนด์พบ PP 22.5 ng/m^3

(Hellen et al.,2008) การเตรียมอาหารในที่พักอาศัยของจีนพบ PP 41.36 ng/m^3 (Zhu et al.,1997) การศึกษาการเผาไม้ในเตาผิงของชิคาโก วิเคราะห์ทั้ง PP และ GP รวมกันเท่ากับ 3,400 ng/m^3 (Khalili et al.,1995) ซึ่งการศึกษาเหล่านี้มีปริมาณสารส่วนใหญ่เป็นกลุ่ม 2 – 4 ring เช่น Naphthalene , phenanthrene , Fluoranthene ฯ

Choosong และคณะ (2007) ได้ศึกษาความเข้มข้นของ PAHs จากการเผาไม้ในโรงรมยาง จังหวัดสงขลา โดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างปริมาตรสูง และ personal air sampler และวิเคราะห์ PAHs จำนวน 15 ชนิดด้วย HPLC พบว่าความเข้มข้นของ PAHs (Total 4-6 ring) มีปริมาณในช่วง 16.4 – 72.5 ng/m^3 โดยชนิดของ PAHs ที่มีปริมาณสูงคือ benzo (k) fluoranthene, indeno (1,2,3-cd) pyrene และ benzo (g,h,i) perylene ตามลำดับ Tekasakul และคณะ (2005) ได้ศึกษาการกระจายขนาดความเข้มข้นโดยรวมของอนุภาค และความเข้มข้นของ PAHs ในโรงรมยางแผ่นใน อ.หาดใหญ่ พบว่าความเข้มข้นโดยรวมของอนุภาคอยู่ในมาตรฐาน แต่ความเข้มข้นของ PAHs ในบริเวณที่ทำงานมีค่าสูงมาก Venkataraman และคณะ (2002) ได้ศึกษาการกระจายขนาดอนุภาคของ PAHs จำนวน 13 ชนิดที่เกิดจากการเผาไม้ ถ่าน และ มูลสัตว์อัดก้อน ในเตาหุงอาหารประเทศอินเดีย ใช้ HPLC ในการวิเคราะห์ PAHs พบว่าถ่าน และ มูลสัตว์อัดก้อน ปลดปล่อย PAHs มากกว่าไม้ฟืน โดยชนิดของ PAHs ที่มีสูงคือ fluoranthene, pyrene และ benz(a)anthracene ซึ่งพบในเชื้อเพลิงทุกชนิด Hedberg และคณะ (2002) ได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี หลายชนิดรวมทั้ง PAHs จากการเผาไม้ birchwood ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้กันแพร่หลายในประเทศสวีเดน และวิเคราะห์ PAHs ด้วย Gas chromatography with mass spectrometer (GC/MS) พบว่ามีองค์ประกอบของ fluorene, phenanthrene, anthracene, fluoranthene และ pyrene ถึง 70% ของมวล PAHs ทั้งหมด

Godoi และคณะ (2004) ได้ศึกษาความเข้มข้นของ PAHs จากการเผาเศษอ้อยในประเทศบราซิล โดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างปริมาตรสูงสำหรับเก็บตัวอย่าง PM10 จากบรรยากาศ และวิเคราะห์ PAHs จำนวน 16 ชนิดด้วย low-pressure gas chromatography-ion trap mass spectrometer (LP-GC-IT-MS) พบว่าความเข้มข้นของ PAHs เนื่องจากการเผาเศษอ้อยมีค่าระหว่าง 0.5 to 8.6 ng/m^3 De Martinis และคณะ (2002) ตรวจวัด PAHs จากอนุภาค PM10 จากอากาศในเมืองเซาเปาโล ประเทศบราซิล โดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างปริมาตรสูงในการเก็บตัวอย่าง และ GC/MS ในการวิเคราะห์ PAHs 16 ชนิด พบว่าความเข้มข้นของ PAHs มีค่าตั้งแต่ 0.8 ng/m^3 สำหรับ perylene จนถึง 12.8 ng/m^3 สำหรับ benzofluranthene โดยมีความเข้มข้นโดยรวมสูงถึง 95.5 ng/m^3 โดยมีผลมาจากการเผาไม้

ซึ่งสาร PAHs เมื่อเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจสามารถก่อให้เกิดการอักเสบของเยื่อบุทางเดินหายใจได้ ซึ่งมีรายงานวิจัยหลายชิ้นที่พบ biomarker ที่สังเคราะห์ในกระบวนการอักเสบของเยื่อบุทางเดินหายใจเมื่อสัมผัสกับ PAHs ได้แก่ cytokine, interleukin (IL) – 4, IL-2, IL–8, IgE (Takano et al.,1997 ; Abe et al.,2000 ; Salvi et al.,2000 ; Miller et al.,2004) และสันนิษฐานว่า PAHs ทำให้เกิด Oxidative stress ขึ้นในร่างกาย โดยกระตุ้นให้เกิดสาร oxidant หรือ Reactive Oxygen Species (ROS) จนสาร antioxidant มีไม่เพียงพอที่จะกำจัดสาร oxidant ออกไป ทั้งนี้ ROS เป็นออกซิเจนที่ทำปฏิกิริยาได้ว่องไวที่เกิดจากการที่ออกซิเจนถูก reduced ไม่สมบูรณ์ กล่าวคือได้รับ electron ไม่ครบ 4 ตัว (ถ้าได้ครบจะกลายเป็นน้ำ) ROS จะอยู่ในลักษณะโมเลกุลได้แก่ hydrogen peroxide อิออน เช่น hypochlorite ion หรือเป็น radicals เช่น hydroxyl radical (เป็น ROS ตัวที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยามากที่สุด) หรือเป็นทั้ง ion และ radical เช่น superoxide anion (Nel et al.,2001 ; Whitekus et al.,2002 ; Li et al.,2003) ROS จะทำให้เกิดการทำลายเซลล์เยื่อบุทางเดินหายใจ เพิ่มภาวะภูมิไวในการตอบสนองของหลอดลม (Nel et al.,2001 ; Pacheco et al.,2001) และกระตุ้นอาการหอบหืดได้ (Li et al.,2003 ; Leem et al.,2005 ; Suwanampai et al.,2007)

โดยมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับสมรรถภาพปอดในคนงานโรงงานยาง จำนวน 667 คน ในช่วงปี 1990 – 1991 โดยพบปริมาณของ suspended particulate matter, benzo (a) pyrene, benzo (e) pyrene และ benzo (a) anthracene ในปริมาณที่สูง ซึ่งผลการตรวจสมรรถภาพปอดในกลุ่มคนงานพบความผิดปกติแบบผสม คือ เป็นแบบ obstructive และ restrictive (Gupta et al., 1994) ตลอดจนการศึกษาอาการของระบบทางเดินหายใจในคนงานราดยางถนนของนอร์เวย์ โดยยางมะตอยที่ใช้ในการราดยางพื้นถนนนั้นจะมีไอ หรือฟูมเกิดขึ้นที่มีส่วนประกอบของกลุ่มสาร PAHs โดยในการศึกษามีการใช้แบบสอบถามมาตรฐาน และspirometry เก็บข้อมูลด้านสุขภาพ ผลการศึกษาพบว่าค่า FEV_1 % ลดลงในกลุ่มคนงานราดยางถนนเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มคนงานก่อสร้าง (78.1 (SD 7.2) v 80.0 (SD 7.0), p = 0.01) และพบความชุกของการระคายเคืองตา (OR 2.8 ;95%CI 1.2-5.9) 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) หอบหืด (OR 7.9 ; 95%CI 2.3-26.8) และ COPD (OR 2.8 ; 95%CI 1.2-6.5) มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มคนงานก่อสร้าง (Randem et al., 2004)

Nitrogen dioxide

Nitrogen dioxide เกิดจากการออกซิไดซ์ไนตริกออกไซด์ (NO) ในอากาศซึ่ง NO_2 จะเกิดขึ้นในอุณหภูมิสูงขณะที่มีการเผาไหม้ทำให้ก๊าซไนโตรเจนรวมตัวกับออกซิเจน ณ อุณหภูมิห้อง

$$N + O_2 \longrightarrow NO_2$$

โดยความเข้มข้นของ NO_2 ในบรรยากาศมักอยู่ในรูป Nitrogen tetroxide (N_2O_4) ปริมาณเล็กน้อย และที่อุณหภูมิสูงขึ้นก็จะอยู่ในรูป N_2O_4 ในปริมาณที่มากขึ้น แหล่งกำเนิดของ NO_2 ภายในบ้านส่วนใหญ่ได้มาจาก เครื่องใช้ไฟฟ้า เตาในครัว เตาผิง ซึ่งจากการศึกษาการเผาไม้ในโรงรมยางแผ่น จังหวัดสงขลา ของ Choosong และคณะ (2007) มีปริมาณ NO_2 6.5 – 11.5 ppb รวมถึงการศึกษาการเผาไม้ในเตาผิงของแคนาดาพบปริมาณ NO_2 3.5 – 6.6 ppb (Levesque et al.,2001 ; Gilbert et al.,2006) นอกจากนี้อาจมาจากแหล่งกำเนิดภายนอกอาคารได้แก่ รถยนต์ เครื่องยนต์ที่มีการใช้น้ำมัน โดยถ้าในครัวมีการระบายอากาศไม่ดีจะทำให้ระดับ NO_2 สูงขึ้นมาก โดยในระหว่างการทำครัวพบว่า อาจสูงขึ้นกว่า 1,000 ppb อยู่นานถึง 20 – 60 นาที โดย nitrogen dioxide เป็นสาร oxidant ที่สำคัญ ทำให้เกิดปฏิกิริยาในเนื้อเยื่อได้ โดยตำแหน่งของการเกิดพิษหลักมักเกิดกับทางเดินหายใจส่วนล่าง ซึ่งการได้รับ NO_2 ในปริมาณต่าง ๆ สามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจได้ เช่น การได้รับ NO_2 ในระดับสูงจะทำให้มีการทำลายเนื้อปอดอย่างมาก (extensive lung injury) ทำให้เกิด acute pulmonary adema และ bronchopneumonia ซึ่งรุนแรงจนอาจเสียชีวิตได้ แต่ NO_2 ในระดับต่ำ ๆ ก็จะทำให้เกิดหลอดลมอักเสบ (bronchitis) หลอดลมฝอยอักเสบ (bronchiolitis) และปอดอักเสบ (pneumonitis) ที่ไม่รุนแรงนัก (สมเกียรติ วงษ์ทิม, 2542)

โดยจากการศึกษาผลกระทบของ NO_2 ที่มีผลต่อสุขภาพของแม่บ้านและเด็กในเขตกรุงเทพมหานคร และจังหวัดนครราชสีมา ของ วนิดา ทรัพย์สุข และคณะ (2005) โดยใช้เครื่องมือ Passive gas sampler วัดปริมาณ NO_2 และใช้แบบสอบถามอาการของระบบทางเดินหายใจที่ดัดแปลงจากแบบสอบถามของสมาคมโรคทรวงอกของสหรัฐอเมริกา พบว่า ปริมาณ NO_2 ในเขตเมืองกรุงเทพมหานคร มีค่าสูงที่สุดโดยภายในที่พักอาศัยมีค่าเฉลี่ย 80.9 ± 38.1 ppb ภายนอกที่พักอาศัยมีค่าเฉลี่ย 98.9 ± 45.0 ppb ส่วนผลการศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพจากแบบสอบถาม พบว่าตัวอย่างจากเขตเมืองกรุงเทพมหานคร พบอาการของหลอดลมอักเสบเรื้อรัง หลอดลมอักเสบเฉียบพลัน หอบหืด COPD อาการไอ และมีเสมหะ มากกว่าในกลุ่มจังหวัดนครราชสีมา และเขตชานเมืองกรุงเทพมหานคร

และจากการศึกษาเชิงสำรวจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัส NO_2 ในระดับต่ำกับสมรรถภาพปอดในเด็กที่มีอายุเฉลี่ย 9.1 ปี ในประเทศออสเตรเลีย โดยใช้ Passive gas sampler วัดปริมาณ NO_2 พบว่าการสัมผัส NO_2 ส่วนบุคคลมีความสัมพันธ์กับการลดลงของสมรรถภาพปอดในเด็ก คือ ค่า FEV_1 % จะลดลง (Ponsonby et al., 2001) รวมถึงการศึกษาแบบไปข้างหน้าของผลกระทบจาก NO_2 ทั้งในและนอกที่พักอาศัยต่ออาการของระบบทางเดินหายใจในเด็กนักเรียนของประเทศญี่ปุ่น โดยใช้แบบสอบถามอาการของระบบทางเดินหายใจที่ดัดแปลงมาจากแบบสอบถามของสมาคมโรคทรวงอกสหรัฐอเมริกา และใช้ Passive sampler วัดปริมาณ NO_2 โดยผลการศึกษาพบว่า NO_2 ที่ระดับ 10 ppb ภายนอกที่พักอาศัยมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มอุบัติการณ์ของการเป็นหอบหืด (OR 2.1 ;95%CI 1.1-4.75) และการหายใจที่มีเสียงวี๊ด (OR 1.76 ;95%CI 1.04-3.23) ตลอดจนพบความชุกของการเกิดหลอดลมอักเสบ การหายใจที่มีเสียงวี๊ด ในเด็กผู้หญิงเมื่อมีระดับของ NO_2 ภายในที่พักอาศัยเพิ่มขึ้น (Shima and Adachi , 2000)

นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้เตาแก๊สที่มีการปล่อย NO_2 ภายในที่พักอาศัยมีความสัมพันธ์กับอาการของระบบทางเดินหายใจที่เกิดขึ้น โดยจากหลายการศึกษาทางระบาดวิทยาในการใช้เตาแก๊สที่มีการปล่อย NO_2 ภายในที่พักอาศัยต่าง ๆ มีดังนี้ จากการศึกษาอาการของระบบทางเดินหายใจในเด็กที่สัมผัสกับ NO_2 ภายในที่พักอาศัยจากการใช้เตาแก๊สในประเทศออสเตรเลีย โดยใช้แบบสอบถามมาตรฐานสัมภาษณ์อาการของระบบทางเดินหายใจ พบว่า เด็กที่สัมผัสกับ NO_2 ที่อาศัยอยู่ในบ้านที่มีการใช้เตาแก๊ส จะพบอาการของระบบทางเดินหายใจมากกว่าปกติ (OR 2.3 ;95%CI 1.0-5.2) เช่น มีอาการไอ หายใจมีเสียงวี๊ด เป็นต้น (Garrett et al., 1998) และจากการศึกษาความสัมพันธ์ของการสัมผัส NO_2 ภายในที่พักอาศัยจากการใช้เตาแก๊สกับอาการของระบบทางเดินหายใจในเด็กและผู้ใหญ่ที่เป็นหอบหืด โดยใช้แบบสอบถามมาตรฐานเก็บข้อมูลด้านสุขภาพ พบว่าเด็กและผู้ใหญ่ที่เป็นหอบหืดจะมีอาการของระบบทางเดินหายใจเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยมีการหายใจที่มีเสียงวี๊ด หายใจสั้น และแน่นหน้าอก เป็นต้น (Smith et al., 2000 ; Belanger et al., 2006)

ซึ่งค่ามาตรฐานตลอด 8 ชั่วโมงการทำงานของ Nitrogen dioxide เท่ากับ 3 ppm (ACGIH, 2005) และสำหรับบรรยากาศทั่วไปตลอด 1 ปี ต้องมีไม่เกิน 0.053 ppm และใน 1 ชั่วโมงจะต้องไม่เกิน 0.17 ppm (กรมควบคุมมลพิษ, 2551)

Sulfur dioxide

Sulfur dioxide เป็นก๊าซไม่มีสี ไม่ติดไฟมีสภาพเป็นก๊าซที่อุณหภูมิห้อง เกิดจากการเผาไหม้ของกำมะถันมีกลิ่นเฉพาะตัวและระคายเคือง โดยในธรรมชาติทั่วไปจะมีปริมาณ SO_2ในบรรยากาศเท่ากับ 0.02 - 0.1 ppm ซึ่งจากการศึกษาปริมาณ SO_2 จากการเผาไม้มีปริมาณเท่ากับ 0.05 mg/m^3

(Naeher et al., 2005) และการศึกษาการเผาไม้ในโรงรมยางแผ่น จังหวัดสงขลา ของ Choosong และคณะ (2007) มีปริมาณ SO_2 0.28 – 0.34 ppb แต่ถ้าพบในปริมาณสูงแล้วส่วนมากจะเกิดจากการเผาไหม้ที่มีการใช้เชื้อเพลิง หรือวัสดุที่มีกำมะถันเป็นส่วนประกอบ ซึ่งปฏิกิริยาการเกิดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เกิดจากกำมะถันรวมตัวกับออกซิเจนได้เป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์

$$S + O_2 \longrightarrow SO_2$$

โดย SO_2 เมื่อเข้าไปในทางเดินหายใจ ร้อยละ 90 จะถูกดูดซึมที่ทางเดินหายใจส่วนบน อาการและอาการแสดงขึ้นกับความเข้มข้นของก๊าซที่สัมผัส เช่น การได้รับที่ความเข้มข้น 10 – 50 ppm เป็นเวลา 5 – 15 นาที ก่อให้เกิดการระคายเคือง ตา จมูก คอ ทำให้มีอาการแสบจมูก น้ำตาไหล ไอ และบางรายอาจมีอาการแสดงของหอบหืดเนื่องจากหลอดลมหดเกร็ง ซึ่งจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาและความเข้มข้นของการสัมผัสก๊าซ SO_2 ที่เหนี่ยวนำให้เกิดอาการหลอดลมหดเกร็งตัวในผู้ป่วยหอบหืดจำนวน 8 คน พบว่า ผู้ป่วย 2 ใน 8 คน มีอาการแน่นหน้าอก และมีการต่อต้านการทำงานของทางเดินหายใจ หลังจากที่หายใจเอาก๊าซ SO_2 1 ppm เป็นเวลา 1 นาที และผู้ป่วย 7 ใน 8 คน มีการหายใจที่มีเสียงวี๊ด แน่นหน้าอก หายใจลำบาก และต้องมีการใช้ยาขยายหลอดลมหลังจากที่หายใจเอาก๊าซ SO_2 0.5 ppm เป็นเวลา 3 และ 5 นาที และ 1 ppm ในเวลา 3 นาที โดยประมาณว่าประชากรร้อยละ 10 – 20 มีความไวในการตอบสนองต่อ SO_2 มาก ทำให้มีอาการหอบหืดเมื่อสัมผัส SO_2 ในระดับต่ำกว่า 5 ppm โดยอาการพิษต่อทางเดินหายใจส่วนล่างจะทำให้มีอาการไอ หายใจลำบาก บางรายเกิดเป็น reactive airway dysfunction syndrome (RADS) ซึ่งมีอาการหลอดลมหดเกร็งตัว และมีอาการคงอยู่หลายปีโดยผู้ป่วยที่เป็นหอบหืดอาจมีภาวะของหลอดลมหดเกร็งที่ความเข้มข้นของ SO_2 ที่ 0.5 – 1.0 ppm ซึ่งเป็นระดับต่ำกว่าคนปกติ โดยคนงานที่ได้รับ SO_2 เป็นระยะเวลานานจะทำให้มีอาการหลอดลมอักเสบเรื้อรังได้ (วิชัย เอกพลากร, 2542 ; Balmes et al., 1987)

นอกจากนี้จากรายงานการเจ็บป่วยด้วยอาการของระบบทางเดินหายใจจากการได้รับ SO_2 ในปริมาณที่สูงจากอุบัติเหตุในการทำงานของคนงานจำนวน 5 ราย พบว่า คนงาน 2 รายแรกที่ได้รับ SO_2 ในปริมาณที่สูงเสียชีวิตทันที คนงานรายที่ 3 มีอาการ airway obstruction อย่างรุนแรงและไม่ตอบสนองต่อยาขยายหลอดลม คนงานรายที่ 4 สมรรถภาพปอดมีความผิดปกติแบบผสมคือเป็นแบบ Obstructive และ Restrictive และคนงานรายที่ 5 มีผลการตรวจสมรรถภาพปอดที่ปกติ (Charan et al., 1979) และจากการศึกษาการเกิดอุบัติเหตุในการระเบิดของเหมืองแร่ ทำให้คนงานได้รับ SO_2 ในปริมาณที่สูง พบว่า คนงานจะมีภาวะการขาดออกซิเจน (hypoxia) และมีอาการ airway obstruction อย่างรุนแรง เช่นกัน (Rabinovitch et al., 1989)

ซึ่งค่ามาตรฐานตลอด 8 ชั่วโมงการทำงานของ Sulfur dioxide เท่ากับ 2 ppm (ACGIH, 2005) และสำหรับบรรยากาศทั่วไปตลอด 1 ปี ต้องไม่เกิน 0.04 ppm โดยใน 24 ชั่วโมงจะต้องมี Sulfur dioxide ไม่เกิน 0.12 ppm และใน 1 ชั่วโมงจะต้องมีไม่เกิน 0.3 ppm (กรมควบคุมมลพิษ, 2551)

Ozone

โอโซนที่อยู่ในชั้น Trophosphere ซึ่งเป็นบรรยากาศใกล้พื้นผิวโลกจะเป็นสารก่อมลพิษทุติยภูมิที่เกิดจากปฏิกิริยา Photochemical smog ที่เกี่ยวข้องกับมลพิษปฐมภูมิ ได้แก่ ไนโตรเจนออกไซด์ และสารไฮโดรคาร์บอนระเหยง่ายที่ออกมาจากไอเสียของรถยนต์ และปล่องควันของโรงงานต่าง ๆ ซึ่งจากการศึกษาการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวภาพพบปริมาณโอโซนเท่ากับ 0.25 ppm (Jorres et al., 1996) โดยโอโซนเป็นก๊าซที่ไม่ค่อยละลายน้ำจึงถูกหายใจเข้าไปในหลอดลมส่วนล่างได้มากจึงก่อให้เกิดการระคายเคือง และโอโซนเป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็น potent oxidant จึงทำปฏิกิริยากับส่วนประกอบต่าง ๆ ของเซลล์ทั้งภายในและภายนอกเซลล์ได้ จากหลายการศึกษาแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของการได้รับโอโซน และผลกระทบที่มีต่อระบบทางเดินหายใจ โดยจากรายงานในคนปกติเมื่อได้รับโอโซนในระดับ 0.08 ppm พบว่า ทำให้ค่า FVC, FEV_1 และค่า $FEF_{25-75\%}$ ลดลง มีการเพิ่มอาการของระบบทางเดินหายใจ และการเพิ่มความไวในการตอบสนองของหลอดลมมากยิ่งขึ้น (Mcdonnell et al., 1991) ซึ่งการที่โอโซนทำให้เพิ่มอาการของระบบทางเดินหายใจ และการเพิ่มความไวในการตอบสนองของหลอดลมเช่นนี้ ดังนั้นผู้ป่วยโรคทางเดินหายใจน่าจะมีความไวต่อการสัมผัสโอโซนมากด้วยเช่นกัน

โดยจากการศึกษาวิจัยในผู้ป่วยหอบหืด และกลุ่มคนปกติเกี่ยวกับการสัมผัสกับโอโซนในระดับสูงที่ 0.4 ppm ที่มีผลต่อสมรรถภาพปอด และความไวในการตอบสนองของหลอดลม โดยทำการเปรียบเทียบใน 2 กลุ่ม คือ กลุ่มผู้ป่วยหอบหืด และกลุ่มคนปกติซึ่งผลการศึกษา พบว่า มีการเพิ่มอาการ Airways Obstruction ในผู้ป่วยหอบหืด มากกว่ากลุ่มคนปกติ และพบอาการไอ หายใจสั้น หายใจลำบาก และค่า FVC, FEV_1, FEV_1% และค่า $FEF_{25-75\%}$ ลดลงในทั้งสองกลุ่ม (Kreit et al., 1989)

นอกจากนี้กลุ่มคนที่ถือว่ามีความไวในการตอบสนองต่อการสัมผัสโอโซนมากด้วยเช่นกัน คือ ในกลุ่มวัยเด็ก ซึ่งเป็นกลุ่มเสี่ยงที่จะแสดงอาการ และความผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ ที่มีต่อโอโซนได้มาก โดยจากการศึกษาผลกระทบจากการสัมผัสโอโซนที่มีต่อสมรรถภาพปอดในเด็กของประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อหาความสัมพันธ์ของโอโซนภายนอกที่พักอาศัย กับการลดลงของสมรรถภาพปอดในเด็ก โดยใช้ Spirometer เป็นเครื่องมือในการตรวจสมรรถภาพปอด ซึ่งผล

การศึกษา พบว่า ปริมาณโอโซนที่เพิ่มขึ้นภายนอกที่พักอาศัยจะมีความสัมพันธ์กับการลดลงของค่า FEV_1 ในเด็ก เป็นต้น (Kinney et al., 1996)

ซึ่งค่ามาตรฐานตลอด 8 ชั่วโมงการทำงาน เท่ากับ 0.1 ppm และในการทำงานระยะสั้น ๆ15 นาที ต้องมีไม่เกิน 0.3 ppm (ACGIH, 2005)

Volatile organic compounds

Volatile organic compounds (VOCs) เป็นสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายที่สามารถกลายเป็นไอได้ในอุณหภูมิห้อง มีจุดเดือด 0 – 240 องศาเซลเซียส โดยมีสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายมากมายหลายชนิดที่เป็นมลพิษภายในอาคารบ้านเรือน และสำนักงาน เช่น เบนซีน ไซลีน โทลูอีน เมธิลีนคลอไรด์ เป็นต้น และเนื่องจากสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายเหล่านี้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมหลายชนิดในการทำเครื่องเฟอร์นิเจอร์ เครื่องเรือน เครื่องใช้ในสำนักงาน และวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้างต่าง ๆ จึงระเหยออกมาจากวัตถุเหล่านั้น นอกจากนี้สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายยังอยู่ในควันบุหรี่ และแหล่งเผาไหม้อีกด้วย ซึ่งจากการศึกษาการเผาไม้ในโรงรมยางแผ่น จังหวัดสงขลา ของ Choosong และคณะ (2007) มีปริมาณ VOCs 0.014 – 0.049 ppm และการศึกษาการเผาไม้ในเตาผิงของฟินแลนด์พบปริมาณสาร VOCs ส่วนใหญ่น้อยกว่า 0.001 mg/m^3 (Hellen et al.,2008) โดยจากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบที่มีต่อระบบทางเดินหายใจของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย พบว่า สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีปริมาณความเข้มข้น 25 mg/m^3 ที่ปะปนในอาคารบ้านเรือน และสำนักงานมีผลทำให้ค่า FEV_1 ลดลง มีการระคายเคืองต่อหลอดลม และสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายเหล่านี้ ยังทำให้เกิดการระคายเคืองต่อจมูก คอ และมีความสัมพันธ์กับการอักเสบบริเวณทางเดินหายใจส่วนบนต่อผู้อาศัยในบริเวณนั้น (Harving et al., 1991 ; Koren et al., 1992)

และจากการศึกษาแบบ case control ถึงความสัมพันธ์ของการสัมผัสสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายภายในบ้านกับการเป็นหอบหืดในเด็กทางตะวันตกของประเทศออสเตรเลีย โดยใช้แบบสอบถามมาตรฐานเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลด้านสุขภาพ และใช้ Charcoal Sorbent Tube วัดปริมาณสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย พบว่า เด็กที่สัมผัสสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย ≥ 60 ug/m^3 จะเพิ่มความเสี่ยงที่จะมีอาการหอบหืด (Rumchev et al., 2004)

นอกจากนี้จากการศึกษาเชิงสำรวจถึงอาการของระบบทางเดินหายใจในเด็ก ในเมืองคานาวา รัฐเวอร์จิเนีย ซึ่งเป็นเมืองที่เป็นศูนย์กลางการผลิตสารเคมีในสหรัฐอเมริกา พบว่า การสัมผัสสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายที่มาจากการผลิตสารเคมีในเมือง มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของอาการระบบทางเดินหายใจแบบเรื้อรังในเด็กได้ เป็นต้น (Ware et al., 1993)

1.2.3 การเก็บตัวอย่างอากาศ

จากการศึกษาของ Zmirou และคณะ (2000) เกี่ยวกับการประเมินการสัมผัส PAHs ในผู้ใหญ่ที่ไม่สูบบุหรี่ในช่วงฤดูร้อน และฤดูหนาวของประเทศฝรั่งเศส โดยมีการวัดปริมาณ PAHs จากการเก็บตัวอย่างฝุ่น ในบ้าน ที่ทำงาน การเดินทางระหว่างบ้านไปสำนักงาน รวมถึงการทำกิจกรรมอื่นๆ โดยเก็บตัวอย่างแบบ Active Sampling ที่มีการใช้ปั้มเก็บตัวอย่างอากาศ และกระดาษกรอง และวิเคราะห์ปริมาณ PAHs ด้วยเทคนิค HPLC ซึ่งผลการศึกษา พบว่า ปริมาณ PAHs เฉลี่ยตลอดทั้งปีมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.13 – 1.67 ng/m^3 และพบปริมาณของ benzo (a) pyrene ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.67 ng/m^3 เป็นต้น

และจากการศึกษาของ Son และคณะ (2003) เกี่ยวกับการประเมินการสัมผัส Nitrogen dioxide ในพนักงานขับรถแท็กซี่ในประเทศเกาหลี โดยมีการวัดปริมาณ NO_2 ภายในที่พักอาศัย ภายนอกที่พักอาศัย ภายในรถแท็กซี่ และ ที่ตัวพนักงาน โดยใช้เครื่องมือ Passive Samplerในการวัดปริมาณ NO_2 ซึ่ง Passive Sampler จะมีลักษณะเป็น filter badge ที่มีขนาดเล็ก และน้ำหนักเบา จะมีคลิปหนีบที่ตัวบุคคล และสถานที่ต่าง ๆ โดยวัดปริมาณ NO_2 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Spectrophotometry ซึ่งผลการศึกษา พบว่า ปริมาณ NO_2 ภายในที่พักอาศัยมีค่าเท่ากับ 24.7 ± 10.7 ppb ภายนอกที่พักอาศัย มีค่าเท่ากับ 23.3 ± 8.3 ppb ภายในรถแท็กซี่ มีค่าเท่ากับ 27.4 ± 11 ppb และที่ตัวบุคคล มีค่าเท่ากับ 30.3 ± 9.37 ppb และพบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ NO_2 ภายในรถแท็กซี่กับการสัมผัส NO_2 ส่วนบุคคลมากที่สุด (r = 0.89)

รวมถึงการศึกษาของวนิดา ทรัพย์สุข และคณะ (2005) ในการหาปริมาณ NO_2 ภายใน และภายนอกที่พักอาศัยของเขตเมืองกรุงเทพมหานคร เขตชานเมือง และเขตจังหวัดนครราชสีมา โดยใช้เครื่องมือ Passive Sampler ในการวัดปริมาณ NO_2 ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณ NO_2 เฉลี่ยในเขตเมืองกรุงเทพมหานคร ทั้งภายในและภายนอกที่พักอาศัย มีปริมาณ NO_2 มากที่สุด โดยภายในที่พักอาศัยมีค่าเฉลี่ย 80.9 ± 38.1 ppb ภายนอกที่พักอาศัย มีค่าเฉลี่ย 98.8 ± 44.9 ppb รองลงมาคือ เขตชานเมืองกรุงเทพมหานคร พบปริมาณ NO_2 ภายในที่พักอาศัยมีค่าเฉลี่ย 59.4 ± 36.7 ppb ภายนอกที่พักอาศัย มีค่าเฉลี่ย 75.2 ± 64.6 ppb และน้อยที่สุดคือ เขตจังหวัดนครราชสีมา พบปริมาณ NO_2 ภายในที่พักอาศัยมีค่าเฉลี่ย 26.8 ± 17.9 ppb และภายนอกที่พักอาศัย มีค่าเฉลี่ย 21.0 ± 5.8 ppb

ตลอดจนการศึกษาของ Krochmal และ Kalina (1997) ในการวัดปริมาณ NO_2 และ SO_2 ในเขตพื้นที่เมือง และชนบทในประเทศโปแลนด์ โดยใช้ Passive Sampler ในการตรวจวัด และวิเคราะห์ NO_2 ด้วยเทคนิค Spectrophotometry และ SO_2 วิเคราะห์ด้วยเทคนิค Ion–Chromatography ซึ่งในการตรวจวัดปริมาณ NO_2 และ SO_2 จะทำการวัดปริมาณตัวอย่างอากาศดังกล่าว ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 1993 – เมษายน 1994 เป็นระยะเวลา 1 ปี โดยผลการศึกษา พบว่า

ปริมาณ SO_2 ต่ำสุดที่วัดได้เท่ากับ 4 ug.m^{-3} ในเดือนพฤษภาคม และปริมาณ SO_2 สูงสุดที่วัดได้เท่ากับ 42 ug.m^{-3} ในเดือนกุมภาพันธ์ ส่วนปริมาณ NO_2 ต่ำสุดที่วัดได้เท่ากับ 8 ug.m^{-3} ในเดือนกรกฎาคม และปริมาณ NO_2 สูงสุดที่วัดได้เท่ากับ 30 ug.m^{-3} ในเดือนตุลาคม เป็นต้น

นอกจากนี้จากการศึกษาของ Khoder (2006) ในการวัดปริมาณสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศของเมืองไคโร ประเทศอียิปต์ โดยทำการวัดปริมาณสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายใน 3 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่ Ramsis พื้นที่ Haram ในเขตเมืองไคโร และเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายกับพื้นที่ชนบท คือ พื้นที่ Kafr El Aram ในช่วงเดือนมิถุนายน - สิงหาคม 2004โดยใช้วิธีการวัดสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายด้วยเทคนิค Active sampling แบบใช้ Activated Charcoal Tube และวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Gas – Chromatography โดยผลการศึกษา พบว่าปริมาณความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายพบมากที่สุดในเขตพื้นที่ Ramsis และพบปริมาณความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายต่ำที่สุดในเขตพื้นที่ Kafr El Aram ซึ่งพบปริมาณของ Toluene และ (m,p) Xylene สูงสุดใน 2 พื้นที่เขตเมืองไคโร โดยปริมาณสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายที่วัดได้มาจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในยานพาหนะของพื้นที่เมือง เป็นต้น

โดยในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีการเก็บตัวอย่างอากาศสารที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีของควันไม้ ได้แก่ PAHs, Nitrogen dioxide, Sulfur dioxide, Volatile organic compounds และ Ozone โดยเป็นการเก็บตัวอย่างอากาศแบบ Active Sampling, Passive Sampling และแบบ Direct Reading

1.3 คำถามการวิจัย

1. ปริมาณความเข้มข้นของ PAHs, Nitrogen dioxide, Sulfur dioxide, Ozone และ Volatile organic compounds ในโรงรมควันยาง ณ สหกรณ์กองทุนสวนยาง มีปริมาณเท่าใด
2. สมรรถภาพปอด และอาการระบบทางเดินหายใจของคนงานในโรงรมควันยาง ณ สหกรณ์กองทุนสวนยาง กับกลุ่มชาวสวนยาง มีความแตกต่างกันหรือไม่

1.4 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณความเข้มข้นของ PAHs, Nitrogen dioxide, Sulfur dioxide, Ozone และ Volatile organic compounds ในโรงรมควันยาง ณ สหกรณ์กองทุนสวนยาง
2. เพื่อเปรียบเทียบสมรรถภาพปอดและอาการระบบทางเดินหายใจของคนงานในโรงรมควันยาง ณ สหกรณ์กองทุนสวนยาง กับกลุ่มชาวสวนยาง

1.5 นิยามศัพท์

ยางแผ่นรมควัน คือ ยางแผ่นดิบที่ผ่านกระบวนการรมควันในโรงรมยางประมาณ 4 – 10 วัน

โรงรมยาง คือ โรงงานขนาดเล็กที่ผลิตยางแผ่นรมควันจากน้ำยางภายในชุมชน

สหกรณ์กองทุนสวนยาง คือ สหกรณ์ที่มาจากการรวมตัวกันของเกษตรกรชาวสวนยาง ในชุมชนโดยได้รับการช่วยเหลือด้านการจัดสรร งบประมาณ สร้างโรงผลิตยางแผ่นผึ่งแห้ง / รมควัน เพื่อแปรรูปผลผลิต เป็นยางแผ่นรมควัน หรือ อบแห้ง จากกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง

คนงานรมควันยางแผ่น คือ ผู้ที่มีขั้นตอนการผลิตยางแผ่น และรมยางในสหกรณ์กองทุนสวนยาง ซึ่งทำงานมาเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 ปี

ชาวสวนยาง คือ ผู้ที่มีขั้นตอนการกรีดยาง เก็บน้ำยาง ผลิตยางแผ่น หรือ ขายน้ำยาง อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทั้งหมดรวมกัน ซึ่งทำงานมาเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 ปี

1.6 ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาปริมาณของ PAHs, Nitrogen dioxide, Sulfur dioxide, Ozone และ Volatile organic compounds ในโรงรมควันยางของ 4 สหกรณ์กองทุนสวนยางในจังหวัดสงขลา ได้แก่ สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านทรายขาว สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านดอนขี้เหล็ก สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านหัวถนน และสหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านยางงาม และเปรียบเทียบสมรรถภาพปอด อาการระบบทางเดินหายใจของคนงานรมควันยางแผ่นในสหกรณ์กองทุนสวนยางกับกลุ่มชาวสวนยาง จังหวัดสงขลา จำนวนกลุ่มละ 115 คน ซึ่งรวมขนาดตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม ได้เท่ากับ 230 คน

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผลการศึกษาสามารถใช้เป็นข้อมูลในการระบุขนาด และความรุนแรงของปัญหาด้านอาชีวอนามัย และสิ่งแวดล้อมในการทำงานของคนงานรมควันยางแผ่นในโรงรมควันยาง ณ สหกรณ์กองทุนสวนยาง จังหวัดสงขลา
2. ผลการศึกษาสามารถใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการจัดการด้านอาชีวอนามัยความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อมในการทำงานของคนงานรมควันยางแผ่นในโรงรมควันยาง ณ สหกรณ์กองทุนสวนยาง จังหวัดสงขลา

บทที่ 2

ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 การออกแบบการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนา แบบตัดขวาง (Cross – sectional study)

2.2 แผนการสุ่มตัวอย่าง

ประชากรศึกษา

ประชากรที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มศึกษา คือ คนงานรมควันยางแผ่นในโรงรมยางของสหกรณ์กองทุนสวนยางจังหวัดสงขลา ที่ทำงานมาเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 ปี
2. กลุ่มควบคุม คือ กลุ่มชาวสวนยางจังหวัดสงขลา ซึ่งได้แก่ ผู้ที่มีขั้นตอนการกรีดยาง เก็บน้ำยาง ผลิตยางแผ่น หรือขายน้ำยางอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทั้งหมดรวมกันที่ทำงานมาเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 ปี

2.3 ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

1. การเก็บข้อมูลแบบสัมภาษณ์ และตรวจสมรรถภาพปอด

คำนวณขนาดตัวอย่างโดยใช้สูตร ดังนี้ (Lemeshow et al., 1990)

จากสูตร $$n = \frac{Z^2\alpha/2\,[\,P_1(1-P_1) + P_2(1-P_2)\,]}{d^2}$$

เมื่อ n = ขนาดตัวอย่าง

Z = ค่าที่ได้จากการแจกแจงปกติที่ระดับเชื่อมั่นกำหนดในการวิจัยนี้ คือ 0.05 มีค่าเท่ากับ 1.96

P_1 = สัดส่วนของคนงานรมควันยางแผ่นที่มีสมรรถภาพปอดผิดปกติ ในที่นี้กำหนดให้ใช้ $P_1 = 0.23$ ซึ่งคือค่าความผิดปกติของสมรรถภาพปอดในคนงานรมควันยางแผ่น (อารี ควรเนตร, 2547)

P_2 = สัดส่วนของชาวสวนยางที่มีสมรรถภาพปอดผิดปกติ ในที่นี้ กำหนดให้ใช้ $P_2 = 0.14$ ซึ่งคือค่าความผิดปกติของสมรรถภาพปอดในประชาชนที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่

ที่มีฝุ่นฟุ้งกระจายจากการประกอบกิจการการระเบิด และย่อยหิน (นพมาศ หริมเทพาธิป, 2541)

d = ค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ยอมรับได้ ในที่นี้ กำหนดที่ 0.1 (ผู้วิจัยกำหนด)

จากการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างของประชากรที่ทำการศึกษาได้ เท่ากับ 115 คน โดยให้กลุ่มควบคุมมีขนาดเท่ากับกลุ่มศึกษา ดังนั้น การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงเก็บข้อมูลแบบสัมภาษณ์และตรวจสมรรถภาพปอดคนงานรมควันยางแผ่น และชาวสวนยาง รวมทั้งสิ้น 230 คน

โดยทำการสุ่มสหกรณ์กองทุนสวนยางด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่ายด้วยวิธีการจับฉลาก เพื่อให้ได้จำนวนสหกรณ์กองทุนสวนยางในจังหวัดสงขลาประมาณ 23 สหกรณ์กองทุนสวนยาง เนื่องจากคนงานรมควันยางแผ่นในแต่ละสหกรณ์มีประมาณแห่งละ 5 คน และทำการเลือกกลุ่มชาวสวนยางที่เป็นกลุ่มควบคุมโดยวิธีแบบจับคู่เพศและอายุ โดยมีการขอความร่วมมือกลุ่มคนงานรมควันยางแผ่นและชาวสวนยางในการเข้าร่วมโครงการ

2.4 การเก็บตัวอย่างอากาศ

คัดเลือกสหกรณ์กองทุนสวนยางในการเก็บตัวอย่างอากาศ จำนวน 4 สหกรณ์ โดยคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) ซึ่งมีการเก็บตัวอย่างอากาศ ได้แก่ PAHs (วิเคราะห์จาก particle) ได้แก่ (acenaphthene, naphthalene, anthracene, benz (a) anthracene, benzo (a) pyrene, benzo (b) fluoranthene, benzo (g,h,i) perylene, benzo (k) fluoranthene, chrysene, dibenz (a,h) anthracene, fluoranthene, fluorene, indeno (1,2,3-cd) pyrene , phenanthrene, pyrene) Nitrogen dioxide, Sulfur dioxide, Ozone และ Volatile organic compounds (Trichloromethane, o - Xylene, Toluene และ Cyclohexane)

ทั้งนี้จากการศึกษาเบื้องต้น ในการวัดปริมาณ Volatile organic compounds ในสหกรณ์กองทุนสวนยาง โดยมีการวิเคราะห์ VOCs จำนวน 13 สารประกอบ ผลจากการวิเคราะห์ พบว่า มี VOCs จำนวน 4 สารประกอบที่สามารถตรวจพบและมีปริมาณมากพอที่จะวิเคราะห์ได้ ได้แก่ Trichloromethane, o - Xylene, Toluene และ Cyclohexane ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จึงทำการวัดปริมาณ VOCs จำนวน 4 สารประกอบดังกล่าว

โดยผลการวัดปริมาณ VOCs จำนวน 13 สารประกอบในสหกรณ์กองทุนสวนยาง สรุปได้จากตาราง ดังนี้

ตาราง 2.1 แสดงปริมาณ Volatile organic compounds จำนวน 13 สารประกอบ

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

ซึ่งวิธีการเก็บ และวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศ สรุปได้จากตาราง ดังนี้

ตาราง 2.2 แสดงวิธีการเก็บ และวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศ

ตัวอย่างอากาศ	วิธีการเก็บตัวอย่าง	วิธีการวิเคราะห์
PAHs	Active Sampling	HPLC
Nitrogen dioxide	Passive Sampling	Spectrophotometry
Sulfur dioxide	Passive Sampling	Ion Exchange Chromatography
Volatile organic compounds	Active Sampling	Gas Chromatography
Ozone	Direct Reading	-

2.5 วิธีการเก็บตัวอย่างอากาศมีหลักการการทำงาน ดังนี้

2.5.1 หลักการของการเก็บตัวอย่างอากาศด้วยวิธี Active Sampling โดย PAHs ที่ปะปนในอากาศจะจับตัวกับอนุภาคของฝุ่น ดังนั้นในการวิเคราะห์จึงต้องมีการเก็บตัวอย่างฝุ่นเพื่อนำตัวอย่างมาวิเคราะห์หาปริมาณ PAHs โดยใช้ Personal Pump และกระดาษกรองเพื่อเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศที่เป็นฝุ่นทุกขนาดซึ่งหลักการจะเริ่มด้วยอากาศที่มีฝุ่นทุกขนาดที่แขวนลอยอยู่จะถูก Personal Pump ดูดอากาศให้ไหลเข้าสู่กระดาษกรองด้วยอัตราการไหลของอากาศประมาณ 2 ลิตรต่อนาที โดยฝุ่นทุกขนาดจะมีการสะสมบนกระดาษกรอง จากนั้นก็จะทำการวิเคราะห์หาปริมาณ PAHs ในตัวอย่างฝุ่นต่อไป

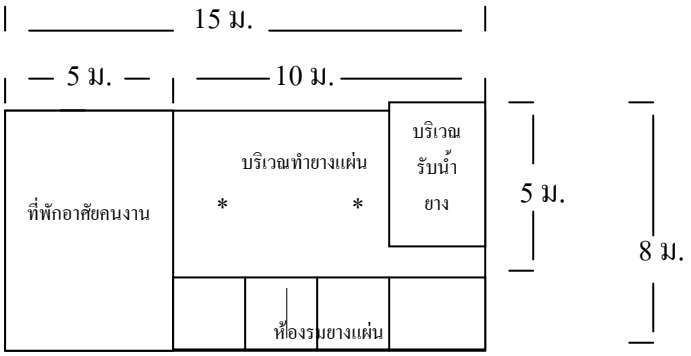
2.5.2 หลักการของการเก็บตัวอย่างอากาศด้วยวิธี Passive Sampling เป็นการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อหาปริมาณของก๊าซ และไอ แบบใช้กระดาษกรองจุ่มสารละลาย และไม่ต้องใช้เครื่องมือดูดอากาศ โดยการทำงานของเครื่องมือชนิดนี้ใช้หลักการแพร่ของสาร (diffusion) โดยใช้กระดาษกรองจุ่มสารละลายที่ทราบค่าที่สามารถทำปฏิกิริยากับมลพิษทางอากาศพวกก๊าซและไอบรรจุในตลับเปิด ซึ่งจะทำให้ผิวหน้าของกระดาษกรองสัมผัสกับมลพิษทางอากาศที่เป็นก๊าซและไอได้ จากนั้นจะส่งวิเคราะห์ก๊าซที่ถูกดูดซับในกระดาษกรองในห้องปฏิบัติการต่อไป

2.5.3 หลักการของการเก็บตัวอย่างอากาศด้วยวิธี Active Sampling แบบใช้หลอดผงถ่านปลุกฤทธิ์กัมมันต์ (Activated Charcoal Tube) เป็นวิธีการเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศที่เป็นก๊าซและไอด้วยวิธีการดูดซับ ซึ่งใช้หลอดผงถ่านปลุกฤทธิ์กัมมันต์ดักเก็บก๊าซและไอโดยอาศัยรูพรุนของผงถ่านปลุกฤทธิ์กัมมันต์ โดยผงถ่านปลุกฤทธิ์กัมมันต์มีลักษณะพิเศษที่สำคัญ คือ จะทำการดูดซับอย่างเดียว จะไม่ทำปฏิกิริยากับตัวมลพิษต่าง ๆ ที่เป็นก๊าซและไอ จากนั้นจะส่งหลอดผงถ่านปลุกฤทธิ์กัมมันต์ที่เก็บตัวอย่างอากาศส่งวิเคราะห์ต่อไป

2.5.4 หลักการของการเก็บตัวอย่างอากาศด้วยวิธี Direct Reading หรือเครื่องมือตรวจวัดที่สามารถอ่านค่าได้โดยตรงมีหลักการ คือ เครื่องมือจะทำการดูดอากาศในบริเวณที่ต้องการตรวจวัดเข้าสู่ส่วนวิเคราะห์ภายในเครื่อง (chamber) และทำการวิเคราะห์โดยใช้แสงอินฟาเรดในการตรวจวัด และแปรผลปริมาณความเข้มข้นของก๊าซ และไอโดยแสดงค่าออกมาเป็นตัวเลขมีหน่วยเป็น ส่วนในล้านส่วน (ppm) (โยธิน ตันธรรศกุล , 2534)

2.6 ผังการเก็บ และจำนวนตัวอย่างอากาศ

ผังการเก็บ PAHs, Nitrogen dioxide, Sulfur dioxide, Ozone และ Volatile organic compounds สรุปจากแผนผังดังนี้



* คือ จุดเก็บตัวอย่าง

ภาพประกอบ 2.1 ผังการเก็บตัวอย่างอากาศในสหกรณ์กองทุนสวนยาง

ตาราง 2.3 แสดงจำนวนตัวอย่างอากาศ

ตัวอย่างอากาศ	จุดเก็บตัวอย่าง(จุด)	จำนวน สกย.*	จำนวนตัวอย่างอากาศ
PAHs (บุคคล)	2	4	8
PAHs (พื้นที่)	2	4	8
Nitrogen dioxide	2	4	8
Sulfur dioxide	2	4	8
Volatile organic compounds	2	4	8
Ozone	2	4	8

*สกย. คือ สหกรณ์กองทุนสวนยาง

2.7 ระยะเวลาการเก็บ และคุณภาพการส่งวิเคราะห์

ระยะเวลาการเก็บ และคุณภาพการส่งวิเคราะห์แยกตามตัวอย่างอากาศ สรุปจากตาราง ดังนี้

ตาราง 2.4 แสดงระยะเวลาการเก็บ คุณภาพการส่งวิเคราะห์ และหน่วยงานวิเคราะห์

ตัวอย่างอากาศ	ระยะเวลาการเก็บ	คุณภาพการส่งวิเคราะห์	หน่วยงานวิเคราะห์
PAHs (บุคคล)	8 ชั่วโมง	เก็บรักษาตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส	มหาวิทยาลัยคานาซาวา
PAHs (พื้นที่)	24 ชั่วโมง	เก็บรักษาตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส	มหาวิทยาลัยคานาซาวา
Nitrogen dioxide	24 ชั่วโมง	เก็บรักษาตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส	ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
Sulfur dioxide	72 ชั่วโมง	เก็บรักษาตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส	ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
Volatile organic compounds	4 ชั่วโมง	เก็บรักษาตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส	สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม
Ozone	Real time	-	-

2.8 เกณฑ์การคัดเข้า คัดออก

2.8.1 เกณฑ์การคัดเข้า

1. สหกรณ์กองทุนสวนยาง คนงานรมควันยางแผ่นของสหกรณ์กองทุนสวนยาง และชาวสวนยางที่ยินดีเข้าร่วมศึกษาวิจัย
2. คนงานรมควันยางแผ่นของสหกรณ์กองทุนสวนยาง และชาวสวนยางที่ทำงานมาเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 ปี

2.8.2 เกณฑ์การคัดออก

ผู้ที่มีข้อห้ามในการทำ spirometry ได้แก่ ผู้ที่มีลักษณะดังต่อไปนี้

- ไอเป็นเลือด
- มีภาวะลมรั่วในช่องเยื่อหุ้มปอดที่ยังไม่ได้รับการรักษา
- มีภาวะความดันโลหิตสูง ที่ยังไม่ได้รับการรักษา หรือยังควบคุมได้ไม่ดี
- เส้นเลือดแดงโป่งพองในทรวงอก

- เพิ่งได้รับการผ่าตัดตา หรือผ่าตัดช่องอก หรือช่องท้อง
- ติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจ เช่น วัณโรคปอดระยะติดต่อ
- สตรีมีครรภ์
- ผู้ที่มีการเจ็บป่วยที่อาจมีผลต่อการทดสอบสไปโรเมตรีย์ เช่น คลื่นไส้ หรืออาเจียนมาก (สมาคมอุรเวชช์แห่งประเทศไทย, 2545)

2.9 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

1. เครื่องมือตรวจสมรรถภาพปอด โดยใช้เครื่อง spirometer (Cosmed รุ่น Pony FX) ในการตรวจวัด ซึ่งปฏิบัติตามแนวทางการตรวจสมรรถภาพปอดด้วยสไปโรเมตรีย์ ของสมาคมอุรเวชช์แห่งประเทศไทย โดยทำการวัดค่า FVC และค่า FEV_1 ซึ่งค่า FVC และ FEV_1 มีลักษณะ ดังนี้

ค่า FVC (forced vital capacity) เป็นปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่จนสุดจากตำแหน่งที่หายใจเข้าเต็มที่ มีหน่วยเป็นลิตรที่ BTPS

ค่า FEV_1 (forced expiratory volume in one second) เป็นปริมาตรของอากาศที่ขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ จากตำแหน่งที่หายใจเข้าเต็มที่ มีหน่วยเป็นลิตรที่ BTPS

2. แบบสัมภาษณ์อาการของระบบทางเดินหายใจซึ่งดัดแปลงมาจากแบบสอบถามอาการระบบทางเดินหายใจของสมาคมโรคทรวงอกสหรัฐอเมริกา (ATS) และสมาคมวิจัยทางการแพทย์ของอังกฤษ (MRC)

3. เครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศ โดยแยกตามลักษณะตัวอย่างอากาศ ดังนี้

- PAHs ใช้เครื่องมือ Personal Pump ยี่ห้อ SKC และยี่ห้อ Gilian ที่มีอัตราการไหลของอากาศ 2 ลิตร/นาที และFilter ยี่ห้อ SKC โดยใช้วิธีของ NIOSH : 5506 (NIOSH, 1998)
- Nitrogen dioxide ใช้เครื่องมือ Passive Sampler Filter Badge NO_2 ยี่ห้อ ADVANTEC
- Sulfur dioxide ใช้เครื่องมือ Passive Sampler Filter Badge SO_2 ยี่ห้อ ADVANTEC
-Volatile organic compounds ใช้เครื่องมือ Personal Pump ยี่ห้อ SKC และยี่ห้อ Gilian ที่มีอัตราการไหลของอากาศ 0.2 ลิตร/นาที และActivated Charcoal Tube ยี่ห้อ SKC โดยใช้วิธีของ NIOSH : 1003 , 1500 และ1501 (NIOSH, 2003)
- Ozone ใช้เครื่อง Direct Reading ยี่ห้อ Gas Alert

4. เครื่องมือวิเคราะห์ แยกตามลักษณะตัวอย่างอากาศ ดังนี้

- PAHs ใช้เครื่องวิเคราะห์ HPLC (HITACHI, L-2130/2200/2300/2485) ประกอบด้วย fluorescence detector และ Inersil ODS-P column (5 μm, 4.6 mm diameter, 250 mm length)

- Nitrogen dioxide ใช้เครื่องวิเคราะห์ Spectrophotometry (ANALYTIKJENA, Specord S100) วัดค่าดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่น 545 nm ด้วย UV-Vis Spectrophotometer เพื่อคำนวณค่าความเข้มข้น

-Sulfur dioxide ใช้เครื่องวิเคราะห์ Ion Exchange Chromatography (DIONEX, DX500) ประกอบด้วย conductivity detector และ column (IonPac AS12A, 4 mm diameter, 200 mm length) โดยคำนวณค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ SO_2 จากค่าความเข้มข้นของซัลเฟตอิออน

-Volatile organic compounds ใช้เครื่องวิเคราะห์ Gas Chromatography (HEWLETT PACKARD, 6890) ประกอบด้วย FID detector และ HP-5 column

2.10 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Epidata version 3.1 และ Stata version 7
2. สถิติเชิงพรรณนาใช้ ตารางแจกแจงความถี่ ร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) เพื่อบรรยายลักษณะทั่วไปของตัวแปร
3. สถิติเชิงวิเคราะห์ใช้ Conditional logistic regression

โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.11 แผนการดำเนินงาน

ตาราง 2.5 แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	**เดือน (ส.ค.49 – เม.ย.51)**																			
	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
1.ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	←		→																		
2.ฝึกตรวจสมรรถภาพปอดและเตรียมเครื่องมือ			←	→																	
3.ติดต่อประสานงานกับพื้นที่ทำวิจัย				←	→																
4.สอบโครงร่างวิทยานิพนธ์					←	→															
5. รอซ่อมเครื่องตรวจปอด						←	→														
6. เก็บรวบรวมข้อมูล									←	→											
7. วิเคราะห์ข้อมูล														←	→						
8.สรุปผลและจัดทำรายงาน																	←	→			
9. สอบวิทยานิพนธ์																					← →

บทที่ 3

ผลการศึกษา

การศึกษาการประเมินความผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ และสารเคมีก่ออันตรายของพนักงานยางแผ่นรมควันในสหกรณ์กองทุนสวนยาง จังหวัดสงขลา แบ่งการนำเสนอผลการศึกษาเป็น 2 หัวข้อ คือ ปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีต่าง ๆ ในอากาศ และอาการผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ รวมถึงผลการตรวจสมรรถภาพปอด โดยมีรายละเอียดในแต่ละหัวข้อ ดังนี้

3.1 ปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีต่าง ๆ ในอากาศ

การตรวจวัดปริมาณตัวอย่างอากาศเพื่อประเมินความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นควัน, PAHs, Nitrogen dioxide, Sulfur dioxide, Ozone และ Volatile organic compounds ได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างอากาศใน 4 สหกรณ์กองทุนสวนยาง ได้แก่ สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านทรายขาว สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านดอนขี้เหล็ก สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านยางงาม และสหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านหัวถนน ในระหว่างเดือนกรกฎาคม – ธันวาคม พ.ศ. 2550 ได้ผลดังนี้

3.1.1 ปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นควัน

จากตาราง 3.1 พบว่า ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของอนุภาคฝุ่นควันในพื้นที่การทำงานมีปริมาณเท่ากับ 0.102 mg/m^3 (95%CI 0.07 – 0.13 mg/m^3) และค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของอนุภาคฝุ่นควันที่ตัวบุคคลเท่ากับ 0.156 mg/m^3 (95%CI 0.08 – 0.29 mg/m^3) ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานในการทำงานที่ 10 mg/m^3 (ACGIH, 2005)

ตาราง 3.1 ปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นของ 4 สหกรณ์กองทุนสวนยาง (mg/m^3)

ชนิดอนุภาคฝุ่น	จำนวนตัวอย่าง	ปริมาณ		ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (95%CI)
		min	max	
พื้นที่การทำงาน (area sampling)	8	0.051	0.156	0.102 (0.07 - 0.13)
ตัวบุคคล (personal sampling)	8	0.069	0.528	0.156 (0.08 - 0.29)

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

3.1.2 ปริมาณความเข้มข้นของ Polycyclic Aromatic Hydrocarbons

3.1.2.1 การวิเคราะห์ PAHs จากอนุภาคฝุ่นควันในพื้นที่การทำงาน

จากตาราง 3.2 พบปริมาณเฉลี่ยเรขาคณิตของ Total PAHs ใน 4 สหกรณ์กองทุนสวนยาง เท่ากับ 87.28 ng/m^3 (95%CI 48.01 – 158.67 ng/m^3) และเมื่อพิจารณาตามชนิดของสารประกอบ PAHs พบว่า ปริมาณที่พบส่วนใหญ่เป็นสารประกอบกลุ่ม 2 ring คือ Naphthalene และกลุ่มสารประกอบ 5 - 6 ring ได้แก่ Indeno (1,2,3cd) pyrene, Benzo (b) fluoranthene, Benzo (a) pyrene และ Benzo (ghi) perylene ดังแผนภูมิที่ 3.1 ตามลำดับ

ซึ่งเมื่อพิจารณาการเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ตาม IARC (IARC,2006) คือ Benzo (a) pyrene (ระดับ 1) มีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 5.19 ng/m^3 (95%CI 1.64 – 16.37 ng/m^3) ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานที่ระดับ 200,000 ng/m^3 ส่วนสารที่น่าจะเป็นสารก่อมะเร็ง (ระดับ 2A) ได้แก่ Dibenz (a,h) anthracene และสารที่อาจจะเป็นสารก่อมะเร็ง (ระดับ 2B) เช่น Naphthalene, Indeno (1,2,3cd) pyrene, Benzo (b) fluoranthene พบว่ามีค่าไม่เกินมาตรฐานเช่นกัน

ตาราง 3.2 แสดงปริมาณความเข้มข้นของ Polycyclic Aromatic Hydrocarbons ในพื้นที่การทำงานของ 4 สหกรณ์กองทุนสวนยาง (ng/m^3)

ชื่อสาร	IARC Group	จำนวนวงแหวน	ปริมาณ		ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (95%CI)	ค่ามาตรฐาน OSHA
			min	max		
Naphthalene	2B	2	0.99	83.18	9.61 (2.84 – 32.50)	52,420,000
Acenaphthene	3	3	0.08	6.58	0.49 (0.09 – 2.41)	-
Fluorene	3	3	0.02	0.95	0.08 (0.03 – 0.19)	-
Phenanthrene	3	3	0.02	14.95	0.44 (0.06 – 3.36)	200,000
Anthracene	3	3	0.001	0.14	0.02 (0.03 – 0.09)	200,000
Fluoranthene	3	4	0.01	1.22	0.04 (0.01 – 0.25)	-
Pyrene	3	4	0.01	1.49	0.68 (0.16 – 2.90)	200,000
Benz (a) anthracene	2B	4	0.50	4.77	1.21 (0.63 – 2.31)	-
Chrysene	2B	4	0.37	5.81	1.22 (0.51 – 2.88)	200,000
Benzo(b) fluoranthene	2B	5	3.75	27.56	11.13 (6.19 – 20.00)	-
Benzo(k) fluoranthene	2B	5	0.001	12.39	1.54 (0.12 – 20.47)	-
Benzo (a) pyrene	1	5	0.54	30.85	5.19 (1.64 – 16.37)	200,000
Dibenz(a,h)anthracene	2A	5	0.02	0.99	0.83 (0.03 – 0.23)	-
Benzo (ghi) perylene	3	6	0.28	167.1	4.45 (0.56 – 35.53)	-
Indeno(1,2,3cd)pyrene	2B	6	3.63	34.47	12.58 (6.78 – 23.27)	-
Total PAHs					**87.28 (48.01 – 158.67)**	-

หมายเหตุ

OSHA = Occupational safety and health administration

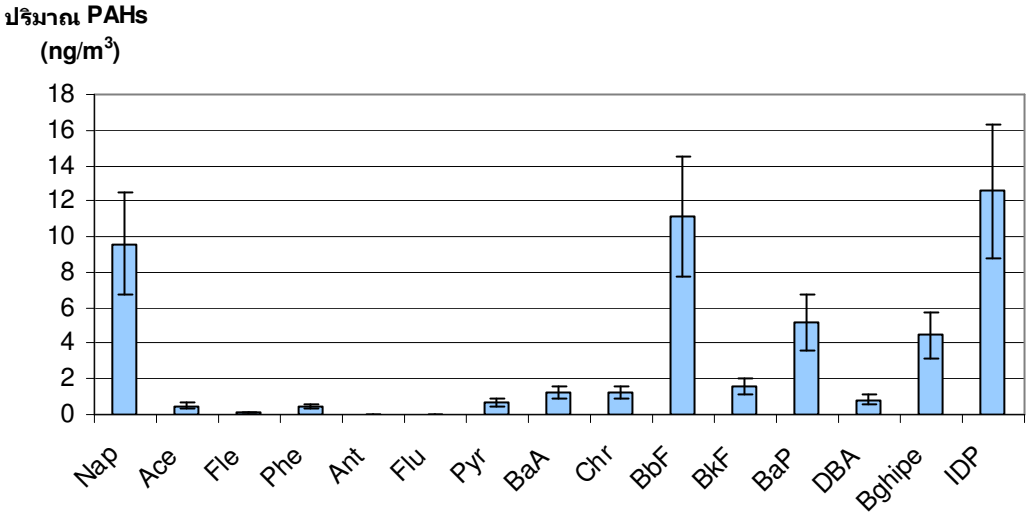
IARC = International Agency for Research on Cancer

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 ปริมาณ PAHs เฉลี่ยในพื้นที่การทำงานของ 4 สหกรณ์กองทุนสวนยาง

3.1.2.2 การวิเคราะห์ PAHs จากอนุภาคฝุ่นควันที่ตัวบุคคล

จากตาราง 3.3 พบว่า ปริมาณเฉลี่ยเรขาคณิตของ Total PAHs ใน 4 สหกรณ์กองทุนสวนยาง ที่ตัวบุคคล เท่ากับ 44.96 ng/m^3 (95%CI 36.40 – 55.52 ng/m^3) และเมื่อพิจารณาตามชนิดของสารประกอบ PAHs พบว่า ปริมาณที่พบส่วนใหญ่เป็นสารประกอบกลุ่ม 2 ring คือ Naphthalene มีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 20.95 ng/m^3 (95%CI 15.36 – 28.59 ng/m^3) ดังแผนภูมิที่ 3.2

เมื่อพิจารณาการเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ตาม IARC (IARC,2006) คือ Benzo (a) pyrene (ระดับ 1) มีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 0.91 ng/m^3 (95%CI 0.29 – 2.83 ng/m^3) ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานที่ระดับ 200,000 ng/m^3 ส่วนสารที่น่าจะเป็นสารก่อมะเร็ง (ระดับ 2A) ได้แก่ Dibenz (a,h) anthracene และสารที่อาจจะเป็นสารก่อมะเร็ง (ระดับ 2B) เช่น Naphthalene, Benzo (b) fluoranthene พบว่ามีค่าไม่เกินมาตรฐานเช่นกัน

ตาราง 3.3 แสดงปริมาณความเข้มข้นของ Polycyclic Aromatic Hydrocarbons ที่ตัวบุคคลของ 4 สหกรณ์กองทุนสวนยาง (ng/m^3)

ชื่อสาร	IARC Group	จำนวนวงแหวน	ปริมาณ		ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (95%CI)	ค่ามาตรฐาน OSHA
			min	max		
Naphthalene	2B	2	12.80	33.50	20.95 (15.36 – 28.59)	52,420,000
Acenaphthene	3	3	0.03	4.75	0.38 (0.09 – 1.55)	-
Fluorene	3	3	0.13	2.18	0.49 (0.21 – 1.11)	-
Phenanthrene	3	3	0.03	11.64	1.07 (0.26 – 4.43)	200,000
Anthracene	3	3	0.02	0.31	0.09 (0.04 – 0.18)	200,000
Fluoranthene	3	4	0.03	2.74	0.25 (0.07 – 0.98)	-
Pyrene	3	4	1.47	7.78	3.74 (2.19 – 6.37)	200,000
Benz (a) anthracene	2B	4	0.01	2.74	0.28 (0.05 – 1.52)	-
Chrysene	2B	4	0.06	2.11	0.29 (0.12 – 0.72)	200,000
Benzo(b) fluoranthene	2B	5	0.22	20.72	2.45 (0.82 – 7.35)	-
Benzo(k) fluoranthene	2B	5	0.002	7.52	0.11 (0.01 – 2.07)	-
Benzo (a) pyrene	1	5	0.14	3.94	0.91 (0.29 – 2.83)	200,000
Dibenz(a,h)anthracene	2A	5	0.05	0.45	0.09 (0.05 – 0.16)	-
Benzo (ghi) perylene	3	6	0.23	10.20	0.81 (0.31 – 2.13)	-
Indeno(1,2,3cd)pyrene	2B	6	0.07	17.14	0.24 (0.05 – 1.11)	-
Total PAHs					**44.96 (36.40 – 55.52)**	-

หมายเหตุ

OSHA = Occupational safety and health administration

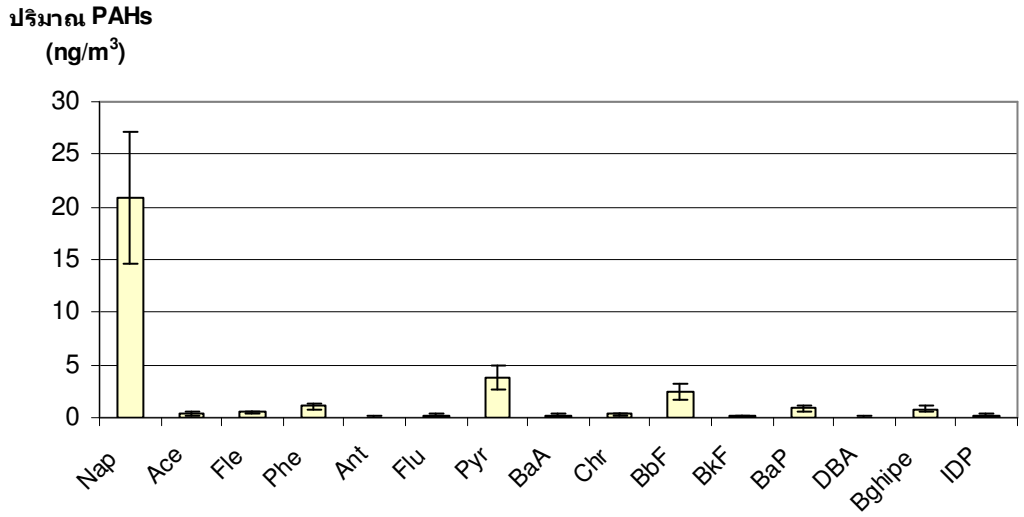
IARC = International Agency for Research on Cancer

Group 1 = Carcinogenic to humans

Group 2A = Probably carcinogenic to humans

Group 2B = Possibly carcinogenic to humans

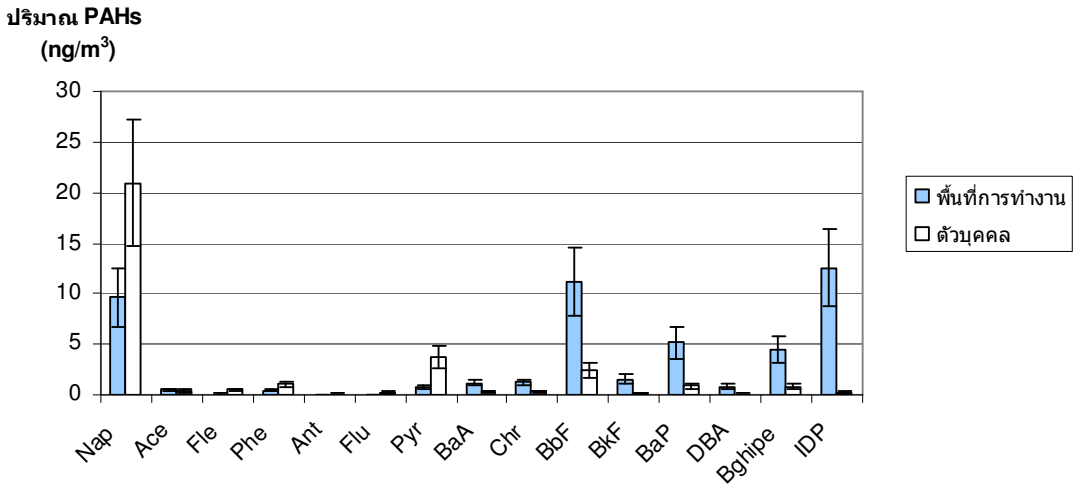
Group 3 = Not classifiable as to their carcinogenicity to humans



แผนภูมิที่ 3.2 ปริมาณ PAHs เฉลี่ยที่ตัวบุคคลของ 4 สหกรณ์กองทุนสวนยาง

3.1.2.3 การเปรียบเทียบปริมาณ PAHs เฉลี่ยในพื้นที่การทำงาน และที่ตัวบุคคลของ 4 สกย.

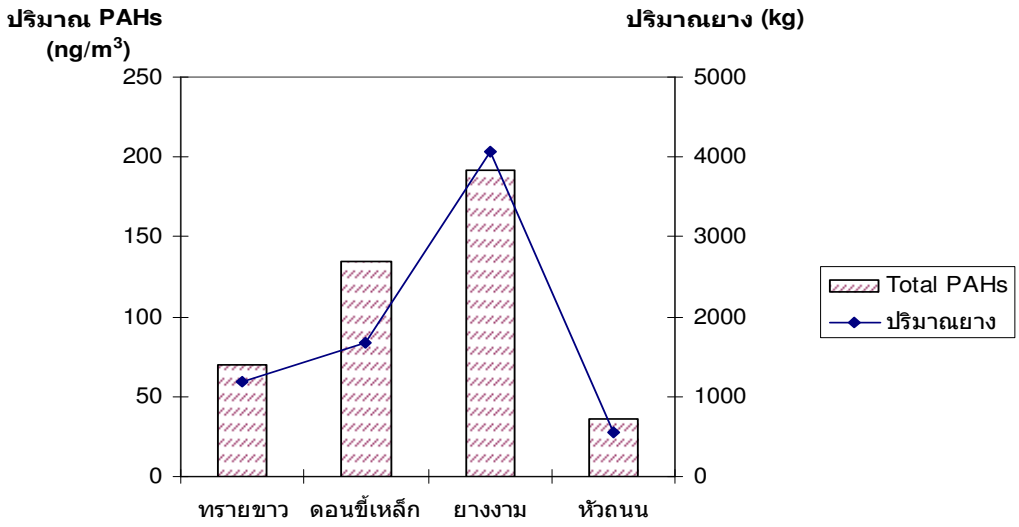
จากแผนภูมิที่ 3.3 พบว่า สาร PAHs ในกลุ่มที่มีน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง – มาก ได้แก่ กลุ่ม 4 - 6 ring (Fluoranthene – Indeno (1,2,3cd) pyrene) พบว่า มีปริมาณ PAHs เฉลี่ยในพื้นที่การทำงาน (38.87 ng/m^3) มากกว่าที่ตัวบุคคล (9.17 ng/m^3) ซึ่งผลที่เกิดขึ้นอธิบายจากระยะเวลาการเก็บตัวอย่างที่แตกต่างกัน โดยในพื้นที่การทำงานเก็บตัวอย่างนาน 24 ชั่วโมง ในขณะที่ตัวบุคคลเก็บ 8 ชั่วโมง ด้วยเหตุดังกล่าวจึงอาจทำให้ปริมาณ PAHs เฉลี่ยในพื้นที่การทำงาน มากกว่าที่ตัวบุคคล



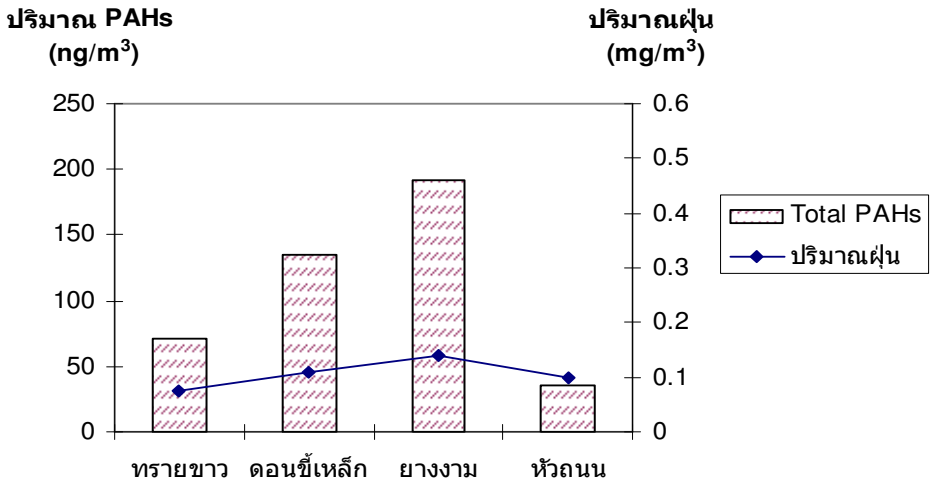
แผนภูมิที่ 3.3 เปรียบเทียบปริมาณ PAHs เฉลี่ยในพื้นที่การทำงาน และที่ตัวบุคคลของ 4 สกย.

3.1.2.4 การเปรียบเทียบปริมาณ PAHs ในพื้นที่การทำงาน กับกำลังการผลิต และปริมาณฝุ่นควัน

จากแผนภูมิที่ 3.4 – 3.5 พบว่า ปริมาณ Total PAHs ที่เก็บจากพื้นที่การทำงาน มีปริมาณที่แปรผันตามกำลังการผลิตและปริมาณฝุ่นควันในทุกสหกรณ์กองทุนสวนยาง ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ปริมาณ PAHs ในพื้นที่งานมีความสอดคล้องกับปริมาณการผลิตยางแผ่นรมควัน คือ เมื่อมีการผลิตเพิ่มขึ้นความเข้มข้นของฝุ่นโดยรวม และ PAHs จากการเก็บตัวอย่างอากาศจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเช่นกัน



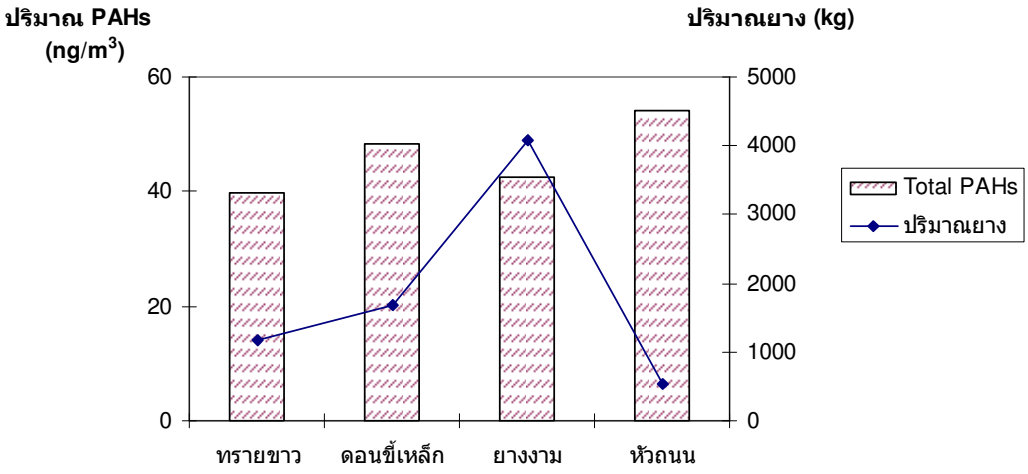
แผนภูมิที่ 3.4 ปริมาณ Total PAHs ในพื้นที่การทำงาน และกำลังการผลิตของ สกย.



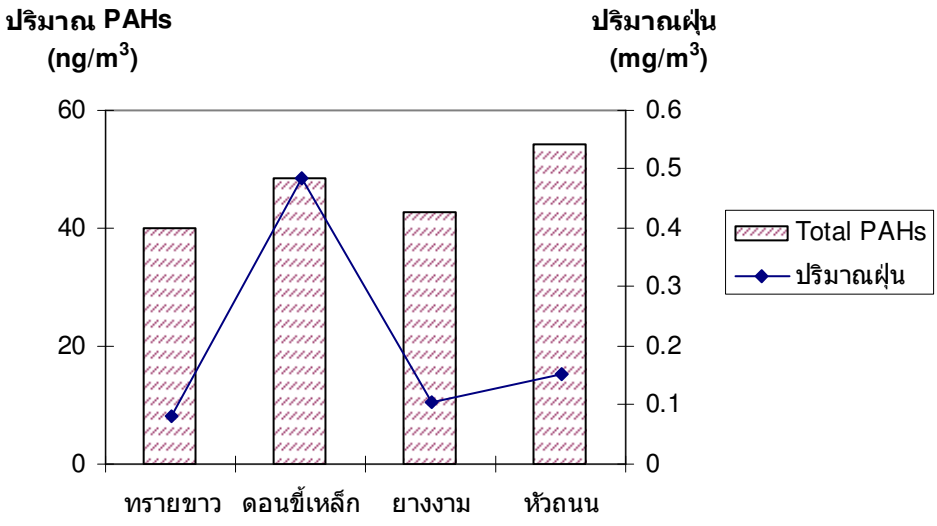
แผนภูมิที่ 3.5 ปริมาณ Total PAHs ในพื้นที่การทำงาน และปริมาณฝุ่นของ สกย.

3.1.2.5 การเปรียบเทียบปริมาณ PAHs ที่ตัวบุคคล กับกำลังการผลิต และปริมาณฝุ่นควัน

จากแผนภูมิที่ 3.6 – 3.7 พบว่า ปริมาณ Total PAHs ที่เก็บจากตัวบุคคล มีปริมาณที่ไม่แปรผันตามกำลังการผลิต และปริมาณฝุ่นควัน ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการผลิตยาง และปริมาณฝุ่นที่เพิ่มขึ้น หรือลดลง ปริมาณ PAHs จะไม่สอดคล้องกับผลที่เกิดขึ้น ซึ่งอธิบายจากพฤติกรรมคนงานที่แตกต่างกัน เช่น การตรวจสภาพยางที่ห้องรมควัน ใส่ฟืน รีดยางกับเครื่องจักรดีเซลล์ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ทำให้ PAHs ที่ตัวบุคคลมีความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับกำลังการผลิต และปริมาณฝุ่นควันที่เกิดขึ้นในแต่ละโรงรมยาง



แผนภูมิที่ 3.6 แสดงปริมาณ Total PAHs ที่ตัวบุคคล และกำลังการผลิตของ สกย.



แผนภูมิที่ 3.7 ปริมาณ Total PAHs ที่ตัวบุคคล และปริมาณฝุ่นของ สกย.

3.1.3 ปริมาณความเข้มข้นของ Nitrogen dioxide, Sulfur dioxide และ Ozone

จากตาราง 3.4 พบว่า ปริมาณ Nitrogen dioxide เฉลี่ยใน 4 สหกรณ์กองทุนสวนยางมีปริมาณเท่ากับ 25.16 ppb (95% CI 21.47-29.50 ppb) ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานในการทำงานที่ 3000 ppb (ACGIH, 2005) ส่วนปริมาณ Sulfur dioxide และ Ozone พบว่า สารส่วนใหญ่มีปริมาณน้อยมากจนไม่สามารถวิเคราะห์ได้ ซึ่งผลที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากปริมาณ SO_2 ในสหกรณ์กองทุนสวนยางมีปริมาณที่น้อยกว่า minimum sensitivity ของ passive sampler ส่วนผลของ Ozone อาจเกิดจากปฏิกิริยาเคมี Photochemical smog (NO_2 -> NO + O, O_2 + O -> O_3) ซึ่งต้องมีแสงสว่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการเกิดแต่สภาพพื้นที่การทำงานในโรงรมควันยางค่อนข้างอับทึบ ไม่ค่อยมีแสงแดดส่องประกอบกับปริมาณ NO_2 ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในปฏิกิริยามีปริมาณต่ำมาก จึงทำให้มีปริมาณโอโซนน้อยตามไปด้วย

ตาราง 3.4 แสดงปริมาณความเข้มข้นของ Nitrogen dioxide, Sulfur dioxide และ Ozone ของ 4 สหกรณ์กองทุนสวนยาง (ppb)

ชื่อสาร	จำนวนตัวอย่าง	ปริมาณ		ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (95%CI)	ค่ามาตรฐาน
		min	max		
NO_2	8	17.61	33.25	25.16 (21.47-29.50)	3000
SO_2	8	<0.01	0.23	-	2000
O_3	8	ND.	ND.	-	100

ND. = Non Detection

3.1.4 ปริมาณความเข้มข้นของ Volatile organic compounds

จากตาราง 3.5 พบว่า ปริมาณสารส่วนใหญ่ในทุกสหกรณ์กองทุนสวนยางมีปริมาณ Volatile organic compounds ที่น้อยกว่า 0.001 mg/m^3 โดยพบ Xylene เท่ากับ 0.002 mg/m^3 และ Toluene เท่ากับ 0.126 mg/m^3 ซึ่งสารที่พบมีค่าไม่เกินมาตรฐานในการทำงาน ซึ่งสารส่วนใหญ่ที่มีปริมาณน้อยกว่า 0.001 mg/m^3 ไม่สามารถสรุปได้ว่าไม่มีสารมลพิษเหล่านั้นอยู่เลยในบรรยากาศการทำงานแต่อาจเป็นไปได้ว่าสารที่มีอยู่ไม่ได้อยู่ในช่วงที่จะทำการตรวจวิเคราะห์ได้

ตาราง 3.5 ปริมาณความเข้มข้นของ Volatile organic compounds ในพื้นที่การทำงาน ของ 4 สหกรณ์กองทุนสวนยาง (mg/m^3)

ชื่อสาร	จำนวนตัวอย่าง	ปริมาณ		ค่ามาตรฐาน
		min	max	
Trichloromethane	8	<0.001	<0.001	48.8
Xylene	8	<0.001	0.002	435
Toluene	8	<0.001	0.126	188
Cyclohexane	8	<0.001	<0.001	344.2

3.1.5 สรุปผลการวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศ

ตัวอย่างอากาศที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ (PAHs, NO_2, SO_2, O_3 , VOCs) มีปริมาณที่ไม่เกินค่ามาตรฐาน โดยสาร PAHs ที่พื้นที่งานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 87.28 ng/m^3 (95% CI 48.01 – 158.67 ng/m^3) และปริมาณ PAHs ที่ตัวบุคคลมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 44.96 ng/m^3 (95% CI 36.40 – 55.52 ng/m^3) ตามลำดับ ปริมาณ Nitrogen dioxide มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.16 ppb (95% CI 21.47 - 29.50 ppb) ปริมาณ Sulfur dioxide, Ozone พบว่า ไม่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้ และ Volatile organic compounds พบว่า สารส่วนใหญ่มีปริมาณที่น้อยกว่า 0.001 mg/m^3

ซึ่งปริมาณ PAHs ที่ได้จากการศึกษามีค่าสูง แสดงให้เห็นถึงความเสี่ยงที่สำคัญต่อสุขภาพของคนงานภายในโรงรมยาง และผลกระทบต่อมลภาวะอากาศภายนอกทั้งนี้เนื่องจากทั้งอนุภาคและแก๊สจากการเผาไม้ฟืนสามารถเดินทางจากโรงรมไปสู่บริเวณใกล้เคียงจากการเคลื่อนที่ของอากาศได้ ส่วนความเข้มข้นของ NO_2 ในโรงรมยางมีค่าต่ำมาก อยู่ในหลักหนึ่งในพันล้าน (ppb) ดังนั้นสามารถสรุปได้ในเบื้องต้นว่าไม่มีการปลดปล่อยแก๊ส NO_2 ในปริมาณที่มีผลสำคัญจากการเผาไหม้ไม้ฟืน ส่วนผลการเก็บตัวอย่าง SO_2, O_3, VOCs พบว่า สารส่วนใหญ่ไม่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้ ส่วนสารที่พบก็มีปริมาณต่ำมาก แสดงให้เห็นว่า ในบรรยากาศการทำงานของโรงรมควันยางไม่มีการปลดปล่อยแก๊ส และสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายเหล่านี้ในปริมาณที่มีผลต่อบรรยากาศทั้งภายในและภายนอกโรงรม ณ สหกรณ์กองทุนสวนยาง

3.2 อาการผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ และผลการตรวจสมรรถภาพปอด

กลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษาครั้งนี้แบ่งเป็นคนงานสหกรณ์กองทุนสวนยางเป็นกลุ่มศึกษา และชาวสวนยางเป็นกลุ่มควบคุม ซึ่งจากการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามอาการและโรคระบบทางเดินหายใจ รวมถึงการตรวจสมรรถภาพปอดโดยใช้ spirometer ในการตรวจวัด ได้ผลการศึกษา ดังนี้

3.2.1 ลักษณะประชากรทั่วไป

3.2.1.1 ลักษณะทางประชากรจำแนกตามประวัติส่วนตัว

ในการเก็บข้อมูลของกลุ่มศึกษาได้ออกแบบกับกลุ่มควบคุมให้จับคู่ด้วยตัวแปรเพศและอายุในช่วง ± 5 ปี ซึ่งคิดเป็นเพศชายร้อยละ 70.2 และเพศหญิงร้อยละ 29.8 อายุเฉลี่ยเท่ากับ 29 ปี ส่วนตัวแปรอื่น ๆ พบว่า ทั้งสองกลุ่มมีสถานภาพสมรสเป็นส่วนใหญ่ ด้านการศึกษา พบว่า กลุ่มศึกษามีระดับการศึกษาต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่ากลุ่มศึกษาส่วนใหญ่มีการศึกษาระดับประถมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 89.5 ในขณะที่กลุ่มควบคุมมีการศึกษาส่วนใหญ่เป็นระดับมัธยมศึกษา ร้อยละ 47.4 ด้านศาสนา พบว่า กลุ่มศึกษาทั้งหมดนับถือศาสนาพุทธ ต่างจากกลุ่มควบคุมที่นับถือศาสนาพุทธร้อยละ 78.9 และอิสลาม ร้อยละ 21.1 ตามลำดับ ซึ่งความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญ (ตาราง 3.6)

ตาราง 3.6 แสดงข้อมูลลักษณะทางประชากรจำแนกตามประวัติส่วนตัว

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	กลุ่ม สกย. (n=114) (กลุ่มศึกษา)	กลุ่มชาวสวนยาง (n=114) (กลุ่มควบคุม)	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	
สถานภาพสมรส			0.613
โสด	45 (39.5)	51 (44.7)	
สมรส	69 (60.5)	61 (53.5)	
หย่า/แยก/หม้าย	-	2 (1.8)	
ระดับการศึกษา			*0.000*
ประถมศึกษา	102 (89.5)	30 (26.3)	
มัธยมศึกษา	11 (9.6)	54 (47.4)	
ปวช./ปวส.	1 (0.9)	18 (15.8)	
ปริญญาตรี	-	12 (10.5)	
ศาสนา พุทธ	114 (100)	90 (78.9)	*0.000*
อิสลาม	-	24 (21.1)	

วิเคราะห์ด้วย Conditional logistic regression

3.2.1.2 ข้อมูลลักษณะทางประชากรจำแนกตามประวัติการทำงาน

จากตาราง 3.7 พบว่า ส่วนใหญ่กลุ่มศึกษา และกลุ่มควบคุมมีระยะเวลาการทำงานนานน้อยกว่า 10 ปี และพบว่ากลุ่มศึกษามีระยะเวลาทำงานในงานปัจจุบันน้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ด้านการทำงานที่สัมผัสฝุ่น หรือสารเคมี พบว่า กลุ่มศึกษาเคยทำงานที่สัมผัสฝุ่น หรือสารเคมี ร้อยละ 27.2 ในขณะที่กลุ่มควบคุมมีเพียงร้อยละ 1.7 ด้านชั่วโมงการทำงาน พบว่า กลุ่มศึกษาส่วนใหญ่มีระยะเวลาการทำงานเกิน 8 ชั่วโมงต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 52.6 ส่วนกลุ่มควบคุมมีเพียงร้อยละ 2.6 และในการทำงานของกลุ่มศึกษา และกลุ่มควบคุมส่วนใหญ่ไม่มีการใช้ผ้าปิดจมูก ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตาราง 3.7 แสดงข้อมูลลักษณะทางประชากรจำแนกตามประวัติการทำงาน

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	กลุ่ม สกย. (n=114) (กลุ่มศึกษา)	กลุ่มชาวสวนยาง (n=114) (กลุ่มควบคุม)	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	
ประวัติการทำงาน			
ระยะเวลาการทำงาน (ปี)			*0.000*
< 5	98 (85.9)	52 (45.6)	
6 - 10	16 (14.1)	43 (37.7)	
11 -15	-	11 (9.7)	
16 – 20	-	7 (6.1)	
21 ปีขึ้นไป	-	1 (0.9)	
(ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	3.66 ± 2.19	7.56 ± 5.32	
การทำงานในอดีต			*0.000*
ไม่เคยทำงานที่สัมผัสฝุ่น สารเคมี	83 (72.8)	112 (98.3)	
เคยทำงานที่สัมผัสฝุ่น สารเคมี	31 (27.2)	2 (1.7)	
ลักษณะงานปัจจุบัน			
รวบรวมน้ำยาง	93 (81.6)	-	
ผสมน้ำยางกับกรดฟอร์มิก	112 (98.3)	-	
ลำเลียงแผ่นยางในรางน้ำ	113 (99.1)	-	
รีดแผ่นยาง	113 (99.1)	-	
แขวนยาง	113 (99.1)	-	
รมยาง	108 (94.7)	-	
ใส่ฟืน	89 (78.1)	-	
ทำสวนยาง	-	114 (100)	

วิเคราะห์ด้วย Conditional logistic regression

ตาราง 3.7 แสดงข้อมูลลักษณะทางประชากรจำแนกตามประวัติการทำงาน (ต่อ)

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	กลุ่ม สกย. (n=114) (กลุ่มศึกษา)	กลุ่มชาวสวนยาง (n=114) (กลุ่มควบคุม)	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	
ปัจจุบันทำงาน (ชั่วโมง/วัน)			*0.000*
< =8 ชั่วโมง	54 (47.4)	111 (97.4)	
> 8 ชั่วโมง	60 (52.6)	3 (2.6)	
(ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	8.74 ± 1.95	6.01 ± 1.63	
การใช้ผ้าปิดจมูกขณะทำงาน			0.217
ไม่ใช้เลย	105 (92.1)	99 (86.8)	
ใช้บ้างไม่ใช้บ้าง	8 (7.0)	13 (11.4)	
ใช้ตลอดเวลาที่สัมผัส	1 (0.9)	2 (1.8)	

วิเคราะห์ด้วย Conditional logistic regression

3.2.1.3 ข้อมูลลักษณะทางประชากรจำแนกตามประวัติโรคประจำตัว

จากตาราง 3.8 พบว่า กลุ่มศึกษามีโรคประจำตัว ได้แก่ ภูมิแพ้แบบมีน้ำมูก คันจมูกร้อยละ 9.7 หอบหืด ร้อยละ 7 หลอดลมอักเสบร้อยละ 3.5 และภูมิแพ้แบบผื่นที่ผิวหนังร้อยละ 1.8 ในขณะที่กลุ่มควบคุมมี ภูมิแพ้แบบมีน้ำมูก คันจมูกร้อยละ 0.9 หอบหืดร้อยละ 2.6 ซึ่งพบว่ากลุ่มศึกษามีโรคประจำตัวมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

ตาราง 3.8 แสดงข้อมูลลักษณะทางประชากรจำแนกตามประวัติโรคประจำตัว

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	กลุ่ม สกย. (n=114) (กลุ่มศึกษา)	กลุ่มชาวสวนยาง (n=114) (กลุ่มควบคุม)	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	
ประวัติโรคประจำตัว			*0.008*
ภูมิแพ้ แบบมีน้ำมูก คันจมูก	11 (9.7)	1 (0.9)	
ภูมิแพ้แบบผื่นที่ผิวหนัง	2 (1.8)	-	
หอบหืด	8 (7.0)	3 (2.6)	
หลอดลมอักเสบ	4 (3.5)	-	

วิเคราะห์ด้วย Conditional logistic regression

3.2.1.4 ข้อมูลลักษณะทางประชากรจำแนกตามพฤติกรรมการสูบบุหรี่

จากตาราง 3.9 พบว่า พฤติกรรมการสูบบุหรี่ของกลุ่มศึกษา และกลุ่มควบคุมส่วนใหญ่ไม่เคยสูบมีร้อยละ 55.3 และ 47.4 ปัจจุบันยังสูบพบร้อยละ 37.7 และ 40.4 ตามลำดับ ด้านปริมาณการสูบ พบว่า กลุ่มศึกษามีปริมาณการสูบบุหรี่ในปัจจุบันและอดีตมากกว่ากลุ่มควบคุมแต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และส่วนใหญ่ของทั้งสองกลุ่มมีระยะเวลาการสูบน้อยกว่า 10 ปี และเมื่อจำแนกตามจำนวนซอง-ปี พบว่า กลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุมส่วนใหญ่มีจำนวนซอง-ปีที่สูบน้อยกว่า 10 ซอง-ปี ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตาราง 3.9 แสดงข้อมูลลักษณะทางประชากรจำแนกตามพฤติกรรมการสูบบุหรี่

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	กลุ่ม สกย. (n=114) (กลุ่มศึกษา)	กลุ่มชาวสวนยาง (n=114) (กลุ่มควบคุม)	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	
พฤติกรรมการสูบบุหรี่			0.088
ไม่เคยสูบ	63 (55.3)	54 (47.4)	
ปัจจุบันยังสูบ	43 (37.7)	46 (40.4)	
เคยสูบแต่ปัจจุบันเลิกแล้ว	8 (7.0)	14 (12.2)	
ปริมาณการสูบบุหรี่			
ปริมาณการสูบปัจจุบัน (มวน/วัน)	n = 43	n = 46	0.206
< 10 มวน/วัน	24 (55.8)	34 (73.9)	
10 มวนขึ้นไป	19 (54.2)	12 (26.1)	
(ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	7.98 ± 3.80	6.30 ± 2.48	
ปริมาณการสูบในอดีต (มวน/วัน)	n = 8	n = 14	0.571
< 10 มวน/วัน	4 (50.0)	9 (64.3)	
10 มวนขึ้นไป	4 (50.0)	5 (35.7)	
(ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	7.50 ± 2.67	7.14 ± 2.25	
ระยะเวลาการสูบบุหรี่			
ระยะเวลาการสูบปัจจุบัน (ปี)	n = 43	n = 46	0.484
< 10 ปี	30 (69.8)	28 (60.9)	
10 ปีขึ้นไป	13 (30.2)	18 (39.1)	
(ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	6.35 ± 4.99	6.91 ± 4.63	
ระยะเวลาการสูบในอดีต (ปี)	n = 8	n = 14	0.886
< 10 ปี	3 (37.5)	4 (28.6)	
10 ปีขึ้นไป	5 (62.5)	10 (71.4)	
(ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	9.75 ± 6.52	9.86 ± 3.44	

ตาราง 3.9 แสดงข้อมูลลักษณะทางประชากรจำแนกตามพฤติกรรมการสูบบุหรี่ (ต่อ)

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	กลุ่ม สกย. (n=114) (กลุ่มศึกษา)	กลุ่มชาวสวนยาง (n=114) (กลุ่มควบคุม)	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	
จำนวนซอง-ปี (life pack year)	n = 51	n = 60	0.277
< 10 ซอง-ปี	49 (96.1)	60 (100.0)	
10 ซอง-ปีขึ้นไป	2 (3.9)	-	
(ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	2.74 ± 2.41	2.31 ± 1.41	

วิเคราะห์ด้วย Conditional logistic regression

3.2.2 อาการ และโรคระบบทางเดินหายใจของกลุ่มตัวอย่าง

อาการและโรคระบบทางเดินหายใจของประชากรที่ทำการศึกษาเมื่อจำแนกตามกลุ่มอาการต่างๆ พบว่า กลุ่มศึกษามีอาการไอไม่มีเสมหะร้อยละ 56.1 ไอมีเสมหะร้อยละ 21.1 และอาการมีเสมหะโดยไม่ไอร้อยละ 29.8 ซึ่งสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อจำแนกตามอาการไอไม่มีเสมหะ และอาการมีเสมหะที่เกิดขึ้นขณะทำงาน และดีขึ้นตอนวันหยุด พบว่า กลุ่มศึกษาจะมีอาการดังกล่าวสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (ตาราง 3.10)

ตาราง 3.10 แสดงอาการไอไม่มีเสมหะ ไอมีเสมหะ และอาการมีเสมหะในคอ

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	กลุ่ม สกย. (n=114) (กลุ่มศึกษา)	กลุ่มชาวสวนยาง(n=114) (กลุ่มควบคุม)	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	
ประวัติการไอไม่มีเสมหะในรอบ 1 ปีที่ผ่านมา			*0.000*
มี	64 (56.1)	20 (17.5)	
ไม่มี	50 (43.9)	94 (82.5)	
มีอาการไอขณะทำงาน			*0.000*
มี	33 (28.9)	9 (7.9)	
ไม่มี	81 (71.1)	105 (92.1)	
อาการดีขึ้นตอนวันหยุด			*0.000*
มี	31 (27.2)	8 (7.0)	
ไม่มี	83 (72.8)	106 (93.0)	

ตาราง 3.10 แสดงอาการไอไม่มีเสมหะ ไอมีเสมหะ และอาการมีเสมหะในคอ (ต่อ)

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	กลุ่ม สกย. (n=114) (กลุ่มศึกษา)	กลุ่มชาวสวนยาง(n=114) (กลุ่มควบคุม)	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	
เมื่อหยุดงานจะมีอาการมากขึ้นตอนวันแรกที่เข้าทำงาน			0.057
มี	14 (12.3)	6 (5.3)	
ไม่มี	100 (87.7)	108 (94.7)	
ต้องใช้ยารักษาเป็นประจำ			0.782
มี	8 (7.0)	7 (6.1)	
ไม่มี	106 (93.0)	107 (93.9)	
ประวัติการไอมีเสมหะในรอบ 1 ปี			*0.002*
มี	24 (21.1)	2 (1.8)	
ไม่มี	90 (78.9)	112 (98.2)	
มีอาการไอมีเสมหะขณะทำงาน			0.423
มี	4 (3.5)	2 (1.8)	
ไม่มี	110 (96.5)	112 (98.2)	
อาการดีขึ้นตอนวันหยุด			0.657
มี	3 (2.6)	2 (1.8)	
ไม่มี	111 (97.4)	112 (98.2)	
ต้องใช้ยารักษาเป็นประจำ			0.571
มี	1 (0.9)	2 (1.8)	
ไม่มี	113 (99.1)	112 (98.2)	
ประวัติมีเสมหะในรอบ 1 ปี			*0.007*
มี	34 (29.8)	17 (14.9)	
ไม่มี	80 (70.2)	97 (85.1)	
มีอาการมีเสมหะขณะทำงาน			*0.009*
มี	18 (15.8)	5 (4.4)	
ไม่มี	96 (84.2)	109 (95.6)	
อาการดีขึ้นตอนวันหยุด			*0.048*
มี	14 (12.3)	5 (4.4)	
ไม่มี	100 (87.7)	109 (95.6)	

ตาราง 3.10 แสดงอาการไอไม่มีเสมหะ ไอมีเสมหะ และอาการมีเสมหะในคอ (ต่อ)

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	กลุ่ม สกย. (n=114) (กลุ่มศึกษา)	กลุ่มชาวสวนยาง(n=114) (กลุ่มควบคุม)	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	
เมื่อหยุดงานจะมีอาการมากขึ้นตอนวันแรกที่เข้าทำงาน			0.739
มี	5 (4.4)	4 (3.5)	
ไม่มี	109 (95.6)	110 (96.5)	
ต้องใช้ยารักษาเป็นประจำ			0.739
มี	6 (5.3)	5 (4.4)	
ไม่มี	108 (94.7)	109 (95.6)	

วิเคราะห์ด้วย Conditional logistic regression

จากตาราง 3.11 พบว่า กลุ่มศึกษามีอาการแน่นหน้าอก และอาการมีเสียงวี๊ดในอกร้อยละ 53.5 และ 14.0 ซึ่งสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อจำแนกตามอาการที่เกิดขึ้นขณะทำงาน และอาการดีขึ้นตอนวันหยุดพบว่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน

ตาราง 3.11 แสดงอาการแน่นหน้าอก และอาการมีเสียงวี๊ดในอก

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	กลุ่ม สกย. (n=114) (กลุ่มศึกษา)	กลุ่มชาวสวนยาง(n=114) (กลุ่มควบคุม)	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	
ประวัติแน่นหน้าอกในรอบ 1 ปี			*0.000*
มี	61 (53.5)	11 (9.7)	
ไม่มี	53 (46.5)	103 (90.3)	
มีอาการแน่นหน้าอกขณะทำงาน			*0.000*
มี	52 (45.6)	4 (3.5)	
ไม่มี	62 (54.4)	110 (96.5)	
อาการดีขึ้นตอนวันหยุด			*0.000*
มี	49 (43.0)	5 (4.4)	
ไม่มี	65 (57.0)	109 (95.6)	

ตาราง 3.11 แสดงอาการแน่นหน้าอก และอาการมีเสียงวี๊ดในอก (ต่อ)

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	กลุ่ม สกย. (n=114) (กลุ่มศึกษา)	กลุ่มชาวสวนยาง(n=114) (กลุ่มควบคุม)	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	
เมื่อหยุดงานจะมีอาการมากขึ้นตอนวันแรกที่เข้าทำงาน			*0.001*
มี	23 (20.2)	4 (3.5)	
ไม่มี	91 (79.8)	110 (96.5)	
ต้องใช้ยารักษาเป็นประจำ			0.147
มี	9 (7.9)	4 (3.5)	
ไม่มี	105 (92.1)	110 (96.5)	
ประวัติมีเสียงวี๊ดในอกในรอบ 1 ปี			*0.011*
มี	16 (14.0)	4 (3.5)	
ไม่มี	98 (86.0)	110 (96.5)	
มีอาการเสียงวี๊ดในอกขณะทำงาน			*0.028*
มี	10 (8.8)	1 (0.9)	
ไม่มี	104 (91.2)	113 (99.1)	
อาการดีขึ้นตอนวันหยุด			*0.037*
มี	9 (7.9)	1 (0.9)	
ไม่มี	105 (92.1)	113 (99.1)	
เมื่อหยุดงานจะมีอาการมากขึ้นตอนวันแรกที่เข้าทำงาน			1.000
มี	1 (0.9)	1 (0.9)	
ไม่มี	113 (99.1)	113 (99.1)	
ต้องใช้ยารักษาเป็นประจำ			0.571
มี	2 (1.8)	1 (0.9)	
ไม่มี	112 (98.2)	113 (99.1)	

วิเคราะห์ด้วย Conditional logistic regression

จากตาราง 3.12 พบว่า กลุ่มศึกษามีอาการคัดจมูก น้ำมูกไหลร้อยละ 38.6 ซึ่งสูงกว่าในกลุ่มควบคุมที่มีอาการร้อยละ 14 อย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อจำแนกตามอาการที่เกิดขึ้นขณะทำงาน อาการดีขึ้นตอนวันหยุด อาการมากขึ้นตอนวันแรกที่เข้าทำงาน และการที่ต้องใช้ยารักษาเป็นประจำ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม

ตาราง 3.12 แสดงอาการคัดจมูก น้ำมูกไหล

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	กลุ่ม สกย. (n=114) (กลุ่มศึกษา)	กลุ่มชาวสวนยาง(n=114) (กลุ่มควบคุม)	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	
ประวัติคัดจมูกน้ำมูกไหลในรอบ 1 ปี			*0.000*
มี	44 (38.6)	16 (14.0)	
ไม่มี	70 (61.4)	98 (86.0)	
มีอาการคัดจมูกน้ำมูกไหลขณะทำงาน			0.739
มี	6 (5.3)	5 (4.4)	
ไม่มี	108 (94.7)	109 (95.6)	
อาการดีขึ้นตอนวันหยุด			0.372
มี	8 (7.0)	5 (4.4)	
ไม่มี	106 (93.0)	109 (95.6)	
เมื่อหยุดงานจะมีอาการมากขึ้นตอนวันแรกที่เข้าทำงาน			1.000
มี	3 (2.6)	3 (2.6)	
ไม่มี	111 (97.4)	111 (97.4)	
ต้องใช้ยารักษาเป็นประจำ			0.706
มี	4 (3.5)	3 (2.6)	
ไม่มี	110 (96.5)	111 (97.4)	

วิเคราะห์ด้วย Conditional logistic regression

จากตาราง 3.13 พบว่า กลุ่มศึกษามีอาการคันระคายจมูกไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ส่วนอาการคันระคายตา พบว่า กลุ่มศึกษา มีอาการร้อยละ 28.9 ซึ่งสูงกว่าในกลุ่มควบคุมที่มีอาการร้อยละ 2.6 อย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อจำแนกตามอาการที่เกิดขึ้นขณะทำงาน และอาการดีขึ้นตอนวันหยุด พบว่า สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน

ตาราง 3.13 แสดงอาการคันระคายจมูก และอาการคันระคายตา

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	กลุ่ม สกย. (n=114) (กลุ่มศึกษา)	กลุ่มชาวสวนยาง (n=114) (กลุ่มควบคุม)	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	
ประวัติคัน ระคายจมูกในรอบ 1 ปี			0.083
มี	11 (9.7)	4 (3.5)	
ไม่มี	103 (90.3)	110 (96.5)	
มีอาการคัน ระคายจมูกขณะทำงาน			0.054
มี	9 (7.9)	2 (1.8)	
ไม่มี	105 (92.1)	112 (98.2)	
อาการดีขึ้นตอนวันหยุด			0.054
มี	9 (7.9)	2 (1.8)	
ไม่มี	105 (92.1)	112 (98.2)	
เมื่อหยุดงานจะมีอาการมากขึ้นตอนวันแรกที่เข้าทำงาน			1.000
มี	1 (0.9)	1 (0.9)	
ไม่มี	113 (99.1)	113 (99.1)	
ประวัติคัน ระคายตาในรอบ 1 ปี			*0.000*
มี	33 (28.9)	3 (2.6)	
ไม่มี	81 (71.1)	111 (97.4)	
มีอาการคัน ระคายตาขณะทำงาน			*0.001*
มี	31 (27.2)	1 (0.9)	
ไม่มี	83 (72.8)	113 (99.1)	
อาการดีขึ้นตอนวันหยุด			*0.001*
มี	31 (27.2)	1 (0.9)	
ไม่มี	83 (72.8)	113 (99.1)	
เมื่อหยุดงานจะมีอาการมากขึ้นตอนวันแรกที่เข้าทำงาน			0.097
มี	6 (5.3)	1 (0.9)	
ไม่มี	108 (94.7)	113 (99.1)	

วิเคราะห์ด้วย Conditional logistic regression

จากตาราง 3.14 พบว่า กลุ่มศึกษามีหลอดลมอักเสบเรื้อรังร้อยละ 2.6 หอบหืดร้อยละ 6.1 และ MMI ร้อยละ 1.8 ส่วนกลุ่มควบคุมมีหอบหืดร้อยละ 2.6 ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตาราง 3.14 แสดงโรคระบบทางเดินหายใจของกลุ่มตัวอย่าง

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	กลุ่ม สกย. (n=114) (กลุ่มศึกษา)	กลุ่มชาวสวนยาง (n=114) (กลุ่มควบคุม)	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	
โรคระบบทางเดินหายใจ			0.099
หลอดลมอักเสบเรื้อรัง	3 (2.6)	-	
หอบหืด	7 (6.1)	3 (2.6)	
MMI	2 (1.8)	-	
ถุงลมโป่งพอง	-	-	

MMI = Mucous Membrane Irritation

วิเคราะห์ด้วย Conditional logistic regression

3.2.3 ผลการตรวจสมรรถภาพปอดกลุ่มตัวอย่าง

จากตาราง 3.15 พบว่า ส่วนใหญ่กลุ่มศึกษา และกลุ่มควบคุมมีผลสมรรถภาพปอดปกติ ร้อยละ 87.7 และ 97.3 โดยพบความผิดปกติแบบ Mild Obstructive ร้อยละ 7 และ1.8 ส่วนความผิดปกติแบบ moderate Obstructive พบในกลุ่มศึกษาร้อยละ 2.6 และพบ Mild Restrictive ร้อยละ 2.6 และ 0.9 ตามลำดับ ซึ่งพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตาราง 3.15 แสดงสมรรถภาพปอดของกลุ่มตัวอย่าง

ผลสมรรถภาพปอดกลุ่มตัวอย่าง	กลุ่ม สกย. (n=114) (กลุ่มศึกษา)	กลุ่มชาวสวนยาง(n=114) (กลุ่มควบคุม)	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	
ผลสมรรถภาพปอด			*0.030*
ปกติ	100 (87.7)	111 (97.3)	
Mild Obstructive	8 (7.0)	2 (1.8)	
Moderate Obstructive	3 (2.6)	-	
Mild Restrictive	3 (2.6)	1 (0.9)	

วิเคราะห์ด้วย Conditional logistic regression

จากตาราง 3.16 พบว่า กลุ่มศึกษา และกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยของค่าสมรรถภาพปอดที่ใกล้เคียงกัน โดยค่าเฉลี่ยของ FVC %, FEV_1 (l), FEV_1 %, FEV_1 /FVC % และค่า $FEF_{25-75\%}$ % ในกลุ่มศึกษามีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมเล็กน้อย ซึ่งพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของค่า FEV_1 /FVC % และค่า $FEF_{25-75\%}$ % ซึ่งค่า FEV_1 /FVC % เป็นค่าเฉลี่ยสมรรถภาพปอดที่แสดงถึงการอุดกั้นของหลอดลม จึงใช้ค่านี้เป็นตัวแปรที่บ่งบอกถึงความผิดปกติของสมรรถภาพปอด

ตาราง 3.16 แสดงความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าสมรรถภาพปอดกลุ่มตัวอย่าง

ค่าสมรรถภาพปอด กลุ่มตัวอย่าง	กลุ่ม สกย. (n=114) (กลุ่มศึกษา)	กลุ่มชาวสวนยาง (n=114) (กลุ่มควบคุม)	p-value
	$\bar{x}$ ± SD.	$\bar{x}$ ± SD.	
ค่าสมรรถภาพปอด			
FVC (l)	3.52 ± 0.57	3.50 ± 0.48	0.686
FVC %	98.44 ± 12.45	98.57 ± 14.82	0.938
FEV_1 (l)	2.97 ± 0.54	3.04 ± 0.45	0.160
FEV_1 %	96.65 ± 13.35	99.68 ± 13.82	0.083
FEV_1 /FVC %	84.56 ± 7.83	87.18 ± 5.51	*0.004*
$FEF_{25-75\%}$ %	88.38 ± 27.53	95.58 ± 23.61	*0.022*

วิเคราะห์ด้วย Conditional logistic regression

จากตาราง 3.17 แสดงค่า OR ของกลุ่มตัวอย่าง โดยมีการ Adjusted ด้วย ระยะเวลาทำงาน, ประวัติทำงานสัมผัสฝุ่น หรือสารเคมี และจำนวนซอง-ปีที่สูบบุหรี่ พบว่า กลุ่มคนงานสหกรณ์กองทุนสวนยางมีโอกาสความน่าจะเป็นที่จะมีอาการไอไม่มีเสมหะ/ดีขึ้นตอนวันหยุด 9.34 เท่า และอาการแน่นหน้าอก/ดีขึ้นตอนวันหยุด 30.72 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มชาวสวนยางอย่างมีนัยสำคัญ

ตาราง 3.17 ค่า OR ของกลุ่มตัวอย่าง

อาการระบบทางเดินหายใจ	กลุ่ม สกย. (n=114) (กลุ่มศึกษา) จำนวน (ร้อยละ)	กลุ่มชาวสวนยาง (n=114) (กลุ่มควบคุม) จำนวน (ร้อยละ)	Crude OR (95% CI)	Adjusted OR (95% CI)
ไอไม่มีเสมหะ/ดีขึ้นตอนวันหยุด	31 (27.19)	8 (7.02)	6.75 (2.36–19.29)	9.34 (1.71-50.81)
ไอมีเสมหะ/ดีขึ้นตอนวันหยุด	3 (2.63)	2 (1.75)	1.50 (0.25–8.98)	2.0 (0.18-22.06)
มีเสมหะ/ดีขึ้นตอนวันหยุด	14 (12.28)	5 (4.39)	2.80 (1.01–7.77)	5.17 (0.58-45.66)
แน่นหน้าอก/ดีขึ้นตอนวันหยุด	48 (42.11)	5 (4.39)	15.33 (4.77–49.30)	30.72 (2.92-322.86)
หายใจมีเสียงวี๊ด/ดีขึ้นตอนวันหยุด	9 (7.89)	1 (0.88)	9.0 (1.14–71.04)	1.0 (0.06-15.99)
คัดจมูกน้ำมูกไหล/ดีขึ้นตอนวันหยุด	8 (7.02)	5 (4.39)	1.75 (0.51–5.98)	2.46 (0.31-19.41)

* Adjusted ด้วย ระยะเวลาทำงาน , ประวัติทำงานสัมผัสฝุ่น หรือสารเคมี , จำนวนซอง-ปีที่สูบบุหรี่

วิเคราะห์ด้วย Conditional logistic regression

บทที่ 4

สรุป และวิจารณ์ผล

4.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาสารเคมีในพื้นที่ทำงานของโรงรมควันยาง สหกรณ์กองทุนสวนยาง จังหวัดสงขลาจำนวน 4 แห่ง พบปริมาณ PAHs ที่พื้นที่งานมีค่าเฉลี่ยเรขาคณิตเท่ากับ 87.28 ng/m^3 (95% CI 48.01 – 158.67 ng/m^3) และปริมาณ PAHs ที่ตัวบุคคลมีค่าเฉลี่ยเรขาคณิตเท่ากับ 44.96 ng/m^3 (95% CI 36.40 – 55.52 ng/m^3) ตามลำดับ ปริมาณ benzo(a)pyene ที่พื้นที่งานมีค่าเฉลี่ยเรขาคณิตเท่ากับ 5.19 ng/m^3 (95% CI 1.64 – 16.37 ng/m^3) และที่ตัวบุคคลมีค่าเฉลี่ยเรขาคณิตเท่ากับ 0.91 ng/m^3 (95% CI 0.29 – 2.83 ng/m^3) ปริมาณ Nitrogen dioxide มีค่าเฉลี่ยเรขาคณิตเท่ากับ 25.16 ppb (95% CI 21.47 - 29.50 ppb) ปริมาณ Sulfur dioxide , Ozone พบว่า ไม่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้ และ Volatile organic compounds พบปริมาณน้อยมาก ทั้งนี้สารเคมีทุกตัวไม่เกินค่ามาตรฐานของ OSHA และ NIOSH หรือ EPA อย่างไรก็ตามปัจจุบันยังไม่มีการประกาศค่ามาตรฐานของ total PAHs แต่อย่างใด มีเฉพาะสารประกอบ PAHs บางตัวได้แก่ Naphthalene, Phenanthrene, Anthracene, Pyrene, Chrysene และ Benzo(a)pyrene เท่านั้น

ผลการศึกษาเปรียบเทียบอาการ สมรรถภาพปอด และโรคระบบทางเดินหายใจระหว่างคนงานในโรงรมควันยางและกลุ่มชาวสวนยาง พบว่า กลุ่มศึกษามีอาการผิดปกติของระบบทางเดินหายใจสูงกว่ากลุ่มควบคุมทุกกลุ่มอาการได้แก่ อาการไอไม่มีเสมหะ ไอมีเสมหะ มีเสมหะในคอแน่นหน้าอก คัดจมูกจามน้ำมูกไหล และอาการมีเสียงวี๊ดในอก ด้านสมรรถภาพปอดพบว่า กลุ่มศึกษามีความผิดปกติแบบ Obstructive ร้อยละ 9.6 ความผิดปกติแบบ Restrictive ร้อยละ 2.6 ซึ่งมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนค่าเฉลี่ย FEV_1 /FVC % และ $FEF_{25-75\%}$ ของกลุ่มศึกษาต่ำกว่าควบคุมกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ ด้านโรคระบบทางเดินหายใจพบว่า กลุ่มศึกษามีโรคหลอดลมอักเสบเรื้อรังร้อยละ 2.6 หอบหืดร้อยละ 6.1 และ MMI ร้อยละ 1.8 ซึ่งมากกว่ากลุ่มควบคุมแต่ไม่มีนัยสำคัญ

4.2 วิจารณ์ผล

การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จะทำให้เกิดควันซึ่งประกอบไปด้วยอนุภาคขนาดเล็กกว่า 0.1 ไมครอน และแก๊สชนิดต่างๆที่มีผลกระทบต่อสุขภาพ โดยการศึกษาครั้งนี้เก็บตัวอย่างสารประกอบในควันที่มีผลต่อระบบทางเดินหายใจ ได้แก่ PAHs, NO_2, SO_2, O_3 และ VOCs ที่เกิดขึ้นในโรงรมควันยางของสหกรณ์กองทุนสวนยาง

ซึ่งปริมาณ PAHs จากการศึกษามีปริมาณที่สูงกว่าการศึกษาของ Choosong และคณะ (2007) ที่ศึกษาความเข้มข้นของ PAHs จากการเผาไม้ในโรงรมยาง ที่พบความเข้มข้นของ PAHs มีปริมาณในช่วง 16.4 – 72.5 ng/m^3 ซึ่งผลที่เกิดขึ้นอธิบายจากปริมาณกำลังการผลิตที่แตกต่างกันในแต่ละโรงรมยางจึงทำให้ผลการศึกษาสูงกว่าการศึกษาที่ผ่านมา รวมถึงการศึกษาในกลุ่มเชื้อเพลิงชีวภาพที่วิเคราะห์ PAHs จาก particle (PP) ในบรรยากาศห้อง เช่น การเผาไม้ในเตาผิง การใช้ฟืนในการประกอบอาหาร และการเผาเศษฟางข้าว ที่มีปริมาณ PP อยู่ในช่วง 22.5 – 41.36 ng/m^3 (Zhu et al.,1997 ; Yang et al.,2006 ; Hellen et al.,2008) เมื่อเปรียบเทียบกับค่า PP ในการศึกษานี้ 87.28 ng/m^3 จะเห็นว่า ปริมาณ PP ในการศึกษานี้สูงกว่าเพราะเป็นกระบวนการผลิตเชิงอุตสาหกรรมจึงอาจให้ปริมาณ PAHs มากกว่าการเผาเชื้อเพลิงในครัวเรือน เมื่อพิจารณาค่ามาตรฐานของ PAHs พบว่า NIOSH กำหนดค่า REL (Recommended Exposure Limit) สำหรับ Total PAHs (TP) ในอุตสาหกรรมหนักจากถ่านหิน 0.1 mg/m^3 (NIOSH,1978) แต่ไม่มีการกำหนดค่ามาตรฐานสำหรับอุตสาหกรรมประเภทอื่น

เมื่อพิจารณาชนิดของสารประกอบ PAHs พบว่า สารประกอบที่พบมากที่สุดจากการเผาไม้ยางพาราในการศึกษานี้คือ Naphthalene ซึ่งไม่แตกต่างจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชีวภาพอื่นๆ เช่น ไม้ เศษฟางข้าว (Khalili et al.,1995 ; Barbosa et al.,2006 ; Yang et al.,2006) น้ำมันดีเซลล์ (Mi et al., 2000 ; Dobbins et al., 2006 ; Lin et al., 2006) หรือถ่านหิน (Khalili et al.,1995; Strunk et al.,2002) แต่ชนิดของ PAHs รองลงไปในการศึกษานี้เป็นแบบ 5-6 ring คือ Benzo (b) fluoranthene และ Indeno(1,2,3cd)pyrene ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาที่ผ่านมาในกลุ่มเชื้อเพลิงชีวภาพที่พบสารประกอบ PAHs แบบ 3 ring (Phenanthrene และ Anthracene) เป็นกลุ่มถัดมา (Khalili et al.,1995 ; Santos et al.,2002 ; Yang et al.,2006) อนึ่ง ในการศึกษานี้ผู้วิจัยได้ทดลองเก็บอากาศจากบริเวณใกล้เครื่องรีดยางที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลล์ พบว่าสารประกอบ PAHs ที่พบมากเป็น Naphthalene และรองลงไปเป็นสารประกอบ 5 - 6 ring ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีสมมติฐานว่า ความแตกต่างดังกล่าวน่าจะอธิบายจากควันเครื่องรีดยางดีเซลล์ในโรงรมยาง

ที่น่าสนใจคือ benzo(a)pyrene ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งระดับ I (IARC,2006) ในโรงรมยางที่ศึกษามีค่าสูงกว่าการศึกษาที่ผ่านมาโดยพบ benzo(a)pyrene เท่ากับ 5.19 ng/m^3 แต่การศึกษาในกลุ่ม

เชื้อเพลิงชีวภาพที่วิเคราะห์เฉพาะ PP เช่นกันพบปริมาณอยู่ในช่วง 0.28 – 2.48 ng/m^3 (Zhu et al.,1997 ; Yang et al.,2006 ; Hellen et al.,2008) สำหรับค่ามาตรฐานของ OSHA กำหนดค่า PEL (Permissible Exposure Limit) สำหรับ Benzo (a) pyrene ไม่ให้เกิน 0.2 mg/m^3 หรือ 200,000 ng/m^3 ในการทำงาน (NIOSH,1997); เยอรมนีกำหนดค่ามาตรฐานเฉพาะ Benzo (a) pyrene ในพื้นที่เผาถ่านหินไม่ให้เกิน 5 μg/m^3 หรือ 5,000 ng/m^3 และพื้นที่งานอื่นๆ ต้องไม่เกิน 2 μg/m^3 หรือ 2,000 ng/m^3 (Bundesministerium,2000) อย่างไรก็ตามค่ามาตรฐานทั้งหมดเป็นการวิเคราะห์ PAHs จาก PP และ Gas phase (GP) รวมกัน จึงทำให้ไม่สามารถนำมาใช้เปรียบเทียบกับค่า PP ในการศึกษานี้โดยตรง แต่อาจสรุปได้ในเบื้องต้นว่าค่า PAHs และ benzo (a) pyrene ในโรงรมยางไม่น่าจะเกินค่ามาตรฐานเท่าที่มีในปัจจุบันเนื่องจาก PP ที่ได้จากโรงรมยางมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานมากจนคิดว่าแม้จะรวม GP ก็ยังไม่น่าจะเกินค่ามาตรฐาน

ซึ่งสาร PAHs สามารถเหนี่ยวนำให้เกิด Oxidative stress ขึ้นในร่างกาย โดยกระตุ้นให้เกิดสาร oxidant หรือ Reactive Oxygen Species (ROS) ซึ่งจะทำให้เกิดการทำลายเซลล์เยื่อบุทางเดินหายใจ เพิ่มภาวะภูมิไวในการตอบสนองของหลอดลม (Nel et al.,2001 ; Pacheco et al.,2001) และกระตุ้นอาการหอบหืดได้ (Li et al.,2003 ; Leem et al.,2005 ; Suwanampai et al.,2007)

ผลการศึกษาปริมาณ PAHs ที่ตัวบุคคลเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับกำลังการผลิตพบว่าไม่แปรผันตามกัน ในขณะที่ปริมาณ PAHs ที่เก็บแบบพื้นที่แปรผันตามกำลังการผลิต ทั้งนี้อาจอธิบายจากการเก็บตัวอย่างที่ตัวบุคคล มีความแปรปรวนที่เกิดจากคนงานแต่ละคนมากกว่าการเก็บแบบพื้นที่ ได้แก่ ความถี่ของงานที่สัมผัสควัน เช่น การตรวจสภาพยางที่ห้องรมควัน ใส่ฟืนในเตาหลังห้องรมยาง รีดยางกับเครื่องจักรดีเซล และความถี่ของงานที่ไม่สัมผัสควันได้แก่ ตากยางแผ่นนอกโรงรม เมื่อพิจารณา PAHs กับปริมาณฝุ่น พบว่าสาร PAHs แปรตามปริมาณฝุ่นแบบพื้นที่ แต่ไม่แปรผันตามปริมาณฝุ่นแบบตัวบุคคล ซึ่งอธิบายจากการเก็บ total dust เป็นการเก็บฝุ่นทุกขนาด แต่ PAHs ตั้งแต่ 4 ring ขึ้นไปจะจับกับฝุ่นขนาดเล็กได้ดีกว่า (ในขณะที่ Naphthalene จับกับก๊าซได้ดีกว่า) ดังนั้นการแปรผันระหว่างระดับ PP กับความเข้มข้นของฝุ่นมีความแปรปรวนสูง เนื่องจาก air sampler ที่ใช้เก็บฝุ่นทุกขนาดไม่ใช่ชนิดคัดแยกขนาดฝุ่น จะเห็นว่าค่า PAHs ขึ้นกับขนาดฝุ่นว่าขณะเก็บได้ฝุ่นขนาดใหญ่ หรือขนาดเล็กมากกว่ากันซึ่งเป็นความแปรปรวนที่ควบคุมทิศทางไม่ได้ และอาจเป็นไปได้ว่าการแปรผันตามกันระหว่าง PAHs และปริมาณฝุ่นแบบพื้นที่อาจเกิดจากความบังเอิญ และการที่ปริมาณ PAHs ที่เก็บแบบพื้นที่มีปริมาณมากกว่าการเก็บที่ตัวบุคคลอาจเนื่องจากระยะเวลาการเก็บที่แตกต่างกัน โดยแบบพื้นที่มีการเก็บ 24 ชั่วโมง ในขณะที่ตัวบุคลมีการเก็บ 8 ชั่วโมงการทำงาน ด้วยเหตุดังกล่าวจึงอาจทำให้ปริมาณ PAHs มีปริมาณที่แตกต่างกัน

ส่วนก๊าซพิษอื่นในบรรยากาศงานพบว่า ปริมาณ Nitrogen dioxide ที่ได้จากการศึกษาเท่ากับ 25.16 ppb ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานในการทำงานที่ 3,000 ppb (ACGIH, 2005) แต่สูงกว่าการศึกษาการเผาไม้ในโรงรมยางแผ่น จังหวัดสงขลา ของ Choosong และคณะ (2007) ที่พบปริมาณ NO_2 6.5 – 11.5 ppb ซึ่งผลการศึกษาที่เกิดขึ้นอาจเนื่องจากกำลังการผลิตที่แตกต่างกันในแต่ละโรงรมยาง และสูงกว่าการศึกษาการเผาไม้ในเตาผิงของแคนาดา ที่พบปริมาณ NO_2 3.5 – 6.6 ppb (Levesque et al.,2001 ; Gilbert et al.,2006) โดยผลที่เกิดขึ้นอธิบายจากโรงรมควันยางมีการเผาไม้ตลอดเวลาในปริมาณมากกว่าการใช้ไม้ในเตาผิง ปริมาณความเข้มข้นของ Ozone ในการเก็บตัวอย่างครั้งนี้ พบว่า ในทุกสหกรณ์กองทุนสวนยางมีปริมาณ Ozone น้อยมากจนเครื่องมือการเก็บคือ direct reading ไม่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้ อาจเนื่องจาก Ozone เกิดจากปฏิกิริยาเคมี Photochemical smog (NO_2 -> NO + O, O_2 + O -> O_3) ซึ่งต้องมีแสงสว่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการเกิด (Mudway and Kellyl , 2000) แต่ปริมาณ NO_2 ในโรงรมยางต่ำมาก ประกอบกับสภาพพื้นที่การทำงานในโรงรมควันยางค่อนข้างอับทึบ ไม่ค่อยมีแสงแดดส่องจึงทำให้ปริมาณโอโซนน้อยตามไปด้วย เช่นเดียวกับสาร Volatile organic compounds พบว่าสารส่วนใหญ่มีปริมาณน้อยกว่า 0.001 mg/m^3 ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณ Volatile organic compounds จากการเผาไม้ในเตาผิงของฟินแลนด์ที่พบปริมาณสารส่วนใหญ่น้อยกว่า 0.001 mg/m^3 เช่นกัน (Hellen et al.,2008) ส่วนปริมาณ Sulfur dioxide พบว่า ไม่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้ทั้งนี้อาจเกิดจากปริมาณ SO_2 ในสหกรณ์กองทุนสวนยางมีปริมาณน้อยกว่า minimum sensitivity ของ passive sampler ซึ่งจากรายงานวิจัยของสกว. (พีระพงศ์ และคณะ,2550) เปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของ SO_2 จากการวัดโดยวิธี passive กับวิธีมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษพบว่า ค่าที่ได้จาก passive มีค่าต่ำกว่า (0.2 – 0.9 ppb) และแปรเปลี่ยนค่อนข้างมากในขณะค่าที่ได้จากการวัดด้วยวิธีมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษมีค่าคงที่ (1.8 – 1.9 ppb) จึงทำให้ค่าที่วัดด้วยวิธี passive sampling ขาดความถูกต้องและความน่าเชื่อถือในการรายงานผล อย่างไรก็ตามค่าที่ได้ พบว่าไม่เกินมาตรฐานที่ 2,000 ppb (ACGIH, 2005)

ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมความสัมพันธ์ระหว่างก๊าซพิษเหล่านี้พบว่าทำให้เกิดการระคายเคืองต่อทางเดินหายใจ โดยทำให้เกิดอาการไอ มีเสมหะ แน่นหน้าอก หายใจมีเสียงวี๊ด หอบหืด หลอดลมอักเสบเรื้อรัง และการมีค่าสรรถภาพปอดที่ลดลง (Belanger et al., 2006 ; Kreit et al., 1989 ; Kinney et al., 1996 ; Balmes et al., 1987 ; Harving et al., 1991 ; Rumchev et al., 2004)

โดยนอกจากสารเคมีที่มีผลต่อระบบทางเดินหายใจในการศึกษานี้ ดังกล่าวมาแล้ว องค์ประกอบในควันไม้ยังมีสารประกอบที่มีผลต่อระบบทางเดินหายใจอีกหลากหลายชนิด เช่น ฟอร์มาลดีไฮด์ แอมโมเนีย กรดอะซีติก เมธานอล กรดซัลฟิวริก ฯ (Naeher et al.,2005) ซึ่งการสัมผัสแบบ mixed chemical ขององค์ประกอบต่าง ๆ เหล่านี้ อาจเป็นการสัมผัสสารแต่ละชนิดใน

ปริมาณน้อยแต่หลายชนิด ร่วมกับการมีปฏิกิริยาระหว่างสารเคมีในทางเพิ่มฤทธิ์กัน (Pierson et al.,1989 ; Basrur,2002) นอกจากนั้นความร้อนจากควันที่เกิดจากการเผาไม้ และปล่อยควันเข้าห้องรมควันเพื่ออบยางให้แห้งก็สามารถทำให้เยื่อบุทางเดินหายใจบวม เสียงแหบ พูดลำบาก ซึ่งอาการเหล่านี้สนับสนุนว่าน่าจะมีการทำลายเซลล์เยื่อบุทางเดินหายใจส่วนต้นดังที่พบจากงานวิจัยในกลุ่มพนักงานดับเพลิงว่า เยื่อบุหลอดลมถูกทำลายทีละน้อย และกลายเป็นโรคระบบทางเดินหายใจตลอดจนค่าสมรรถภาพปอดที่ลดลงหลังการสัมผัสควันที่มีความร้อน (Rothman et al.,1991 ; Betchley et al.,1997)

ในภาพรวมของอาการระบบทางเดินหายใจของกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาพบว่า กลุ่มพนักงานยางแผ่นรมควันมีอาการของระบบทางเดินหายใจสูงกว่ากลุ่มชาวสวนยางในทุกกลุ่มอาการอย่างมีนัยสำคัญ (ไอไม่มีเสมหะ ไอมีเสมหะ มีเสมหะในคอ แน่นหน้าอก มีเสียงวี๊ดในอก และอาการคัดจมูกน้ำมูกไหล) โดยความชุกของอาการระบบทางเดินหายใจที่เกิดขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า มีทั้งที่ใกล้เคียงและแตกต่างจากการศึกษานี้ ทั้งนี้น่าจะเกิดจากปัจจัยหลายประการที่ทำให้ผลการศึกษามีความแตกต่างกัน เช่น ปริมาณฝุ่นควันที่คนงานได้รับ ระยะเวลาของการสัมผัส รวมถึงแบบสอบถามหรือเกณฑ์การวินิจฉัยโรคที่แตกต่างกัน ผลการเปรียบเทียบอาการผิดปกติของระบบทางเดินหายใจกับการศึกษาอื่นๆ มีรายละเอียดดังนี้

อาการไอไม่มีเสมหะในคนงานยางแผ่นรมควันมีความชุกร้อยละ 56.1 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการสัมผัสควันไม้และเชื้อเพลิงทางชีวภาพที่พบความชุกในกลุ่มแม่บ้าน คนงานเผาถ่าน และคนงานยางแผ่นรมควันที่พบร้อยละ 50 – 68.9 (Ellegard,1996 ; Tzanakis et al., 2000 ; Rumchev K et al.,2005 ; อารีย์ ควรเนตร,2547)

อาการไอมีเสมหะพบความชุกร้อยละ 21.1 ใกล้เคียงกับการศึกษาการใช้เชื้อเพลิงทางชีวภาพในกลุ่มคนชนบทของเนปาลที่พบความชุกร้อยละ 18.4 (Shrestha IL et al.,2005) อย่างไรก็ตามกลุ่มแม่บ้านของโมซัมบิก และปากีสถาน ที่สัมผัสควันไม้จากการหุงหาอาหารในครัวเรือนมีความชุกของอาการไอมีเสมหะสูงถึงร้อยละ 35 (Ellegard,1996) และ 42.1 ตามลำดับ (Siddiqui RA et al.,2005) ทั้งนี้อาจเนื่องจากกลุ่มแม่บ้านสัมผัสควันใกล้เตาเผาเชื้อเพลิงจากการประกอบอาหารในครัว ซึ่งลักษณะของครัวเรือนเป็นบ้านดิน ไม่มีหน้าต่าง ทำให้การระบายอากาศค่อนข้างจำกัด (Ezzati et al.,2000) แม้ว่าระยะเวลาการประกอบอาหารจะสั้นกว่าการทำงานในโรงรมยางที่มีการรมควันยางตลอดเวลา แต่แม่บ้านจะสัมผัสควันที่ตกค้างในบ้านแบบเรื้อรังมากกว่าการสัมผัสในโรงรมยาง

ความชุกของอาการมีเสมหะในคอแต่ไม่ไอพบร้อยละ 29.8 สอดคล้องกับการศึกษาการสัมผัสควันไม้และเชื้อเพลิงทางชีวภาพที่พบความชุกในกลุ่มคนงานเผาถ่าน แม่บ้าน และพนักงาน

ดับไฟป่าที่ร้อยละ 28.9 – 36 (Tzanakis et al., 2000 ; Shrestha IL et al.,2005 ; Swiston et al.,2008)

อาการแน่นหน้าอก พบร้อยละ 53.5 ใกล้เคียงกับการศึกษาอาการแน่นหน้าอกในกลุ่มคนงานรมควันยางแผ่นในจังหวัดนครศรีธรรมราช ที่พบร้อยละ 67.3 (อารีย์ ควรเนตร,2547) ความชุกในการศึกษานี้สูงกว่าการศึกษาในกลุ่มแม่บ้านที่ใช้ฟืนในที่พักอาศัยเช่น การศึกษาการสัมผัสควันไม้และเชื้อเพลิงทางชีวภาพ ที่พบความชุกในกลุ่มแม่บ้าน ร้อยละ 32.8 - 34 (Ellegard , 1996 ; Shrestha , 2005) ซึ่งอธิบายจากปริมาณเชื้อเพลิง และอัตราการเผาไหม้ที่แตกต่างกัน (ในโรงรมยางจะเผาไหม้มากกว่า) จึงทำให้พบอาการดังกล่าวสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการเผาเชื้อเพลิงในที่พักอาศัย

อาการมีเสียงวี๊ดในอก พบร้อยละ 14 ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาการสัมผัสควันไม้และเชื้อเพลิงทางชีวภาพที่พบความชุกในกลุ่มศึกษาตั้งแต่ ร้อยละ 17 – 25 (Ellegard ,1996 ; Rumchev K et al.,2005) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่มีการสัมผัสควันไม้ในกลุ่มคนงานเผาถ่านและคนงานยางแผ่นรมควันของจังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าความชุกในการศึกษานี้ต่ำกว่าการศึกษาที่ผ่านมาโดยพบความชุกร้อยละ 32 – 41.3 ตามลำดับ (Tzanakis et al., 2000 ; อารีย์ ควรเนตร,2547) ซึ่งอธิบายจากการผลิตถ่านที่คนงานต้องสัมผัสควันเป็นเวลานาน ประมาณ 9 – 19 ชม./วัน จึงอาจทำให้เกิดอาการดังกล่าวสูงกว่า ส่วนโรงงานอุตสาหกรรมยางแผ่นรมควันเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่กว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตในสหกรณ์กองทุนสวนยางทำให้คนงานมีการสัมผัสควันในปริมาณมาก จึงทำให้มีอาการสูงกว่าเช่นกัน

อาการคัดจมูกน้ำมูกไหล พบร้อยละ 38.6 ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาการสัมผัสควันไม้ในกลุ่มพนักงานดับไฟป่า และกลุ่มพนักงานยางแผ่นรมควันที่พบความชุก ร้อยละ 20 และ 36.2 ตามลำดับ (อารีย์ ควรเนตร,2547 ; Swiston et al., 2008)

ผลสมรรถภาพปอดกลุ่มตัวอย่าง พบว่า กลุ่มพนักงานยางแผ่นรมควันมีความผิดปกติของสมรรถภาพปอดแบบ Obstructive ร้อยละ 9.6 ซึ่งผลการศึกษาที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาการสัมผัสควันไม้และปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิด Obstructive Airways Disease ที่พบว่า การสัมผัสควันจากการใช้ไม้เป็นเชื้อเพลิงมีความสัมพันธ์กับการเกิด Obstructive Airways Disease อย่างมีนัยสำคัญ (Dennis et al., 1996) โดยความชุกของการเกิด Obstructive ที่เกิดขึ้นใกล้เคียงกับการศึกษาการสัมผัสควันจากเชื้อเพลิงทางชีวภาพและจากการทำงานในกลุ่มคนชาวเม็กซิกัน และโปแลนด์ โดยพบการเกิด Obstructive ในประชากรร้อยละ 6.9 – 13.5 ตามลำดับ (Kachel , 2003 ; Regalado et al., 2005)

ผลค่าเฉลี่ยสมรรถภาพปอดกลุ่มตัวอย่าง พบว่า กลุ่มพนักงานยางแผ่นรมควันมีค่าเฉลี่ย FEV_1 /FVC % และค่า $FEF_{25-75\%}$ ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มชาวสวนยางอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งผล

การศึกษาที่ได้ใกล้เคียงกับศึกษาการใช้เชื้อเพลิงทางชีวภาพ ที่พบว่ากลุ่มศึกษาจะพบ ค่าเฉลี่ย FEV_1 /FVC % และค่า $FEF_{25-75\%}$ ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่มีการใช้เชื้อเพลิงที่เป็นแก๊สอย่างมีนัยสำคัญ (Haldun et al., 2004; Saha et al., 2005 ; Regalado et al., 2005)

ด้านโรคระบบทางเดินหายใจของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า กลุ่มพนักงานยางแผ่นรมควันมีหอบหืดร้อยละ 6.1 ซึ่งสูงกว่าการศึกษาการสัมผัสควันไม้และเชื้อเพลิงทางชีวภาพเช่น การศึกษากลุ่มที่มีการใช้เชื้อเพลิงทางชีวภาพในกลุ่มคนชนบทของตุรกี และเม็กซิกันที่พบความชุกของการเกิดหอบหืดร้อยละ 3.3 (Uzun et al., 2003) และ 4.9 (Regalado et al., 2005) นอกจากนั้นพบว่าความชุกของโรคหอบหืดสูงกว่ากลุ่มที่มีการใช้เชื้อเพลิงชนิดที่เป็นแก๊ส เนื่องจากการเผาไหม้ของแก๊สจะให้มลพิษน้อยกว่าเชื้อเพลิงชีวภาพ (Mishra, 2003 ; Siddiqui et al., 2005) อนึ่ง จากผลการศึกษาที่พบว่า กลุ่มชาวสวนยางที่ใช้เป็นกลุ่มควบคุมมีโรคหอบหืดร้อยละ 2.6 นั้น เป็นอุบัติการณ์การเกิดโรคที่ไม่แตกต่างกับผลการศึกษาการสำรวจความชุกของโรคหืดในประชากรไทยอายุระหว่าง 20 - 44 ปี ทั้ง 4 ภาคในช่วงปี 2001- 2002 โดยพบความชุกของโรคหืดร้อยละ 2.91 และต่ำกว่าความชุกของโรคหอบหืดในประชากรภาคใต้ที่พบร้อยละ 3.62 จากการสำรวจนี้เช่นกัน (Dejsomritrutai, 2006)

ผลการเกิดโรคหลอดลมอักเสบเรื้อรังพบว่า กลุ่มพนักงานยางแผ่นรมควันมีหลอดลมอักเสบเรื้อรังร้อยละ 2.6 ซึ่งความชุกต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาในกลุ่มที่มีการใช้เชื้อเพลิงทางชีวภาพในประเทศกำลังพัฒนาต่างๆ เช่น เนปาล ปากีสถาน และโบลิเวีย ที่พบความชุกของการเกิดหลอดลมอักเสบเรื้อรังตั้งแต่ ร้อยละ 7 – 22 (Pandy MR,1984 ; Albalak et al., 1999 ; Akhtar et al., 2007) ซึ่งไม่น่าอธิบายจากนิยามโรคต่างกันเนื่องจากนิยามของโรค Chronic bronchitis ของงานวิจัยทั้งหมดใช้เกณฑ์วินิจฉัยโรคตาม British Medical Research คือ มีอาการไอเสมหะมากกว่า 3 เดือนติดต่อกัน 2 ปีเช่นเดียวกัน หรือไม่น่าเกิดจาก healthy worker effect หรือ recall bias เช่นกันเนื่องจากความชุกของโรคอื่นๆใกล้เคียงกับการศึกษาก่อนหน้านี้ ผู้วิจัยยังไม่สามารถอธิบายสาเหตุที่ความชุกของโรคหลอดลมอักเสบเรื้อรังต่ำในการศึกษานี้ ส่วนความชุกของกลุ่มอาการระคายเคืองต่อเยื่อบุ (Mucous Membrane Irritation : MMI) ที่พบความชุกร้อยละ 1.8 ในการศึกษานี้ไม่สามารถเปรียบเทียบกับการศึกษาใด ๆ เนื่องจากไม่พบรายงานของอาการนี้ในการศึกษาที่ผ่านมา

อนึ่ง ปัจจัยเสี่ยงที่ต้องพิจารณาเพิ่มเติมในการศึกษาคือ พนักงานโรงรมควันยางส่วนใหญ่จะพักอาศัยในสหกรณ์กองทุนสวนยาง ทำให้คนงานสัมผัสสารเคมีต่างๆ ตลอดทั้งในเวลาและนอกเวลางาน หรืออาจกล่าวว่าการสัมผัสสารเคมีในควันไม้ของคนงานเป็นการสัมผัสแบบ 24 ชั่วโมง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานสิ่งแวดล้อมของ NO_2 เท่ากับ 0.17 ppm, SO_2 เท่ากับ 0.12 ppm,

O_3 เท่ากับ 0.1 ppm, VOCs มีเฉพาะ Trichloromethane เท่ากับ 0.43 $\mu g/m^3$ (กรมควบคุมมลพิษ, 2551) ส่วน Cyclohexane, xylene, Toluene, PAHs ยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานทางสิ่งแวดล้อม จะเห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานในสิ่งแวดล้อมดังกล่าวก็ไม่เกินมาตรฐาน เช่นเดียวกับไม่เกินค่ามาตรฐานในงานอาชีวอนามัย

กล่าวโดยสรุป แม้ปริมาณสารเคมีทั้ง 5 ชนิดที่เก็บในครั้งนี้ (PAHs, NO_2, SO_2, O_3, VOCs) จะมีปริมาณน้อยกว่าค่ามาตรฐานทั้งที่ใช้ในอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม แต่มีหลักฐานจากงานวิจัยที่พบว่าการสัมผัส PAHs จากควันไม้ในครัวเรือนซึ่งให้ค่า TP และ PP น้อยกว่าโรงรมยางยังสามารถก่อให้เกิดอาการผิดปกติและโรคระบบทางเดินหายใจได้ นอกจากนั้นในควันไม้ยังประกอบด้วยสารเคมีอีกหลายชนิดที่มีผลต่อระบบทางเดินหายใจโดยโมเดลการสัมผัสควันไม้น่าจะเป็นการสัมผัสสารเคมีหลากหลายชนิด และแต่ละชนิดในปริมาณน้อย ๆ ซึ่งสารเหล่านี้อาจมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารเคมีเพิ่มความรุนแรงต่อการทำอันตรายระบบทางเดินหายใจ นอกจากนั้นยังอาจเกิดอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจจากความร้อนของควัน จุลชีพที่อยู่ในบรรยากาศงานของโรงรมควัน ซึ่งทำให้เกิดอาการ อาการแสดงและโรคระบบทางเดินหายใจ ตลอดจนค่าสมรรถภาพปอดที่ผิดปกติ งานวิจัยนี้สนับสนุนว่า ควันไม้มีอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจของพนักงานโรงรมควันยางเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่สัมผัสควันไม้ และสนับสนุนว่า PAHs น่าจะเป็นสารเคมีที่เป็นสาเหตุหนึ่งของความผิดปกติของระบบทางเดินหายใจที่พบในการศึกษานี้

4.3 ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

1. ศึกษาสาร PAHs ทั้งแบบ PP และ GP รวมกัน เพื่อให้ผลการศึกษาสามารถเปรียบเทียบกับการศึกษาอื่นที่ส่วนใหญ่มีการเก็บตัวอย่างทั้งสองแบบ และควรศึกษาการเก็บ SO_2 ด้วยวิธี active sampling ซึ่งเป็นวิธีการเก็บมาตรฐานที่มีการปรับอัตราการไหลของอากาศ (flow rate) เพื่อให้ผลการศึกษามีความถูกต้องและความน่าเชื่อถือในการรายงานผล
2. ศึกษาเพื่อระบุชนิดและปริมาณสารประกอบในควันไม้อื่น ๆ นอกเหนือจากการเก็บตัวอย่างสารในการศึกษานี้ เช่น สารกลุ่ม Aldehydes, Inorganic compounds, Organic alcohols and acids ฯ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานของชนิดและปริมาณองค์ประกอบของควันไม้ที่มีผลต่อสุขภาพ
3. ศึกษาการสัมผัส PAHs ในพนักงานโรงรมยางโดยการประเมิน internal dose เช่น urine 1-OHP (Buchet et al.,1992 ; Angerer et al.,1997 ; Strunk et al.,2002) ในคนงานที่มีการสัมผัส PAHs เนื่องจากสารนี้สามารถดูดซึมผ่านทางผิวหนังได้
4. ศึกษาเป็นแบบ cohort เพื่อประเมินความผิดปกติของระบบทางเดินหายใจแบบปีต่อปี และเพื่อลดความลำเอียงแบบ healthy worker effect ในการศึกษาแบบ cross-sectional

5. ตรวจวัด Bioaerosol ในสภาพแวดล้อมการทำงาน เช่น ราที่มีอยู่บนยางแผ่นรมควัน ที่อาจส่งผลต่อระบบทางเดินหายใจในคนงานยางแผ่นรมควัน
6. ศึกษาหาต้นแบบการควบคุมควันพิษในอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็ก โดยทดลองประสิทธิผลของต้นแบบในโรงรมยาง

4.4 ข้อเสนอแนะเชิงสุขภาพของสหกรณ์กองทุนสวนยาง

1. ควรมีการจัดที่พักอาศัยให้แก่คนงานเป็นสัดส่วนมีการระบายอากาศที่ดี ไม่พักอาศัยในสหกรณ์กองทุนสวนยาง
2. ควรมีการตรวจสุขภาพของคนงานในโรงรมยางเป็นประจำทุกปี โดยเฉพาะความผิดปกติระบบทางเดินหายใจ (สมรรถภาพปอด)
3. ควรมีการพัฒนาอุปกรณ์ลดมลพิษจากควันที่ปลดปล่อยในโรงรมยาง และหาแนวทางการระบายอากาศที่เหมาะสม

บรรณานุกรม

กรมควบคุมมลพิษ.(2548).แนวปฏิบัติที่ดีด้านการป้องกันและลดมลพิษอุตสาหกรรมยางแผ่นรมควัน: ยางแผ่นรมควัน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ.

กรมควบคุมมลพิษ.(มปป.).ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตรายและเคมีภัณฑ์: เอกสารข้อมูลความปลอดภัยเคมีภัณฑ์. เข้าถึงได้จาก : http://www.msds.pcd.go.th/.

กรมวิชาการเกษตร. (มปป.). ฐานความรู้ด้านพืช : การทำยางแผ่นดิบ. เข้าถึงได้จาก : http://www.doa.go.th/pl_data/RUBBER/6product/pro01.html.

นพมาศ หริมเทพาธิป. (2541). การเสื่อมสมรรถภาพปอดของประชาชนที่อาศัยในพื้นที่ที่มีกิจกรรมการระเบิดและย่อยหิน กรณีศึกษาตำบลหน้าพระลาน อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสระบุรี.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล.กรุงเทพฯ.

วนิดา ทรัพย์สุข, วนิดา จีนศาสตร์ และสว่าง แสงหิรัญวัฒนา. (2548). ผลกระทบต่อสุขภาพของฝุ่นขนาดเล็ก และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในเขตกรุงเทพมหานครและจังหวัดนครราชสีมา. สภาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

วิชัย เอกพลากร. (2542). ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในตำรา อาชีวเวชศาสตร์ ฉบับพิษวิทยา : วิลาวัณย์ จึงประเสริฐ และสุรจิต สุนทรธรรม, บรรณาธิการ. กรุงเทพฯ,หน้า 101 – 106.

สถาบันวิจัยยาง.(2546).สถิติยางไทย:พื้นที่ปลูกยางพาราของประเทศไทย.เข้าถึงได้จาก: http://www. rubberthai.com/.

สมเกียรติ วงษ์ทิม. (2542). ผลกระทบต่อสุขภาพของมลพิษทางอากาศภายในอาคาร.ในตำราโรคปอด 1 โรคปอดจากสิ่งแวดล้อม : สมเกียรติ วงษ์ทิม และวิทยา ศรีดามา, บรรณาธิการ. กรุงเทพฯ ,หน้า 293 – 310.

สมเกียรติ วงษ์ทิม และอุดมศักดิ์ ศิลาจำรูญ. (2542). Inhalation Injury และ Smoke Inhalation. ใน ตำราปอด 1 โรคปอดจากสิ่งแวดล้อม : สมเกียรติ วงษ์ทิม และวิทยา ศรีดามา, บรรณาธิการ. กรุงเทพฯ,หน้า 258 – 269.

สุรจิต สุนทรธรรม. (2542).ไนโตรเจนออกไซด์ .ในตำรา อาชีวเวชศาสตร์ ฉบับพิษวิทยา : วิลาวัณย์ จึงประเสริฐ และสุรจิต สุนทรธรรม,บรรณาธิการ. กรุงเทพฯ, หน้า 87 – 93.

อารี ควรเนตร. (2547). การประเมินการสัมผัสฝุ่นควันในบรรยากาศการทำงานของคนงานรมควันยางแผ่นในจังหวัดนครศรีธรรมราช.วิทยานิพนธ์สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิตสาขาอาชีวอนามัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สมาคมอุรเวชช์แห่งประเทศไทย. (2539). แนวทางการวินิจฉัยและรักษาโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ .สมาคมอุรเวชช์แห่งประเทศไทยจัดพิมพ์.

สมาคมอุรเวชช์แห่งประเทศไทย.(2545).แนวทางการตรวจสมรรถภาพปอดด้วยสไปโรเมตรีย์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ .หจก. ภาพพิมพ์.

เพชรน้อย สิงห์ช่างชัย และคณะ. (2545). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อแบบแผนสุขภาพของแรงงานหญิงย้ายถิ่นในโรงงานอุตสาหกรรมยางพารา จังหวัดสงขลา . สงขลานครินทร์เวชสาร ,หน้า 107 – 119.

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

โยธิน ตันธรรศกุล.(2534).การฝึกปฏิบัติการเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศที่เป็นก๊าซ และไอ. ใน เอกสารการสอนชุดวิชา การฝึกปฏิบัติงานอาชีวอนามัยความปลอดภัย และเออร์กอนอมิคส์ : เบญจพิชญ์ บุญฐิติกุล และอังคณา นันท์ธิพาวรรณ, บรรณาธิการ.กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช,หน้า 249 – 324.

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.

ACGIH, (2005). Threshold limit values for chemical substances and Biological exposure indices. *Cincinnati, OH,* 19 - 60.

Akhtar, T., Ullah, Z., Khan, MH., Nazli, R.(2007). Chronic bronchitis in women using solid biomass fuel in rural Peshawar, Pakistan . *Chest, 132,*1472-1475.

Albalak, R., Frisancho, A.R., Keeler G.J.(1999).Domestic biomass fuel combustion and chronic bronchitis in two rural Bolivian villages. *Thorax, 54,*1004 - 1008.

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.

Basrur, S.V. (2002). Air pollution from wood – burning fireplace and stoves . *Toronto Public Health,*1-17.

Batterman, S.A., Peng, C.Y., Braun, J.(2002).Levels and composition of volatile organic compounds on commuting routes in Detroit, Michigan. *Atmos Environ ,36 ,* 6015-6030.

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, JQ., 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.

Boman, C., Forsberg, B., Sanstrom, T.(2006).Shedding new light on wood smoke : a risk factor for respiratory health. *Eur Respir J ,27,*446 – 447.

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 fur Arbeit und Sozialordung. (2000). Technische Regeln fur 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.

Dejsomritrutai, W., Nana, A., Chierakul, N., Tscheikuna, J., Sompradeekul, S., Ruttanaumpawan, P., Charoenratanakul, S. (2006). Prevalence of Bronchial Hyperresponsiveness and Asthma in the Adult Population in Thailand. *Chest ,129,* 602-609.

De Martinis, B.S., Okamoto, R.A., Kado, N.Y., Gundel, L.A., Carvalho, L.R.F.(2002). Polycyclic aromatic hydrocarbons in a bioassay – fractionated extract of PM10 collected in Sao Paulo , Brazil. *Atmospheric Environment, 36 ,* 307 – 314.

Dennis, R.J., Maldonado, D., Norman, s., Baena, E., Martinez, G. (1996).Woodsmoke Exposure and Risk for Obstructive Airways Disease Among Women. *Chest ,109 ,*115 – 119.

Dobbins, R.A., Fletcher, R.A., Benner, B.A., Hoeft, S. (2006). Polycyclic aromatic hydrocarbons in flames, in diesel fuels, and in diesel emissions. *Combustion and Flame ,144 ,*773 – 781.

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.

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.

Gupta, P., Baneriee, 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, Ö., 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.

Halsall, C.J., Coleman, P.J., Davis, B.J., Burnett, V., Waterhouse, K.S., Harding-Jones, K.D. (1994). Polycyclic aromatic hydrocarbons in UK urban air. *Environ Sci Technol, 28,* 2380 – 2386.

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.

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.

Hedberg, E., Kristensson, A., Ohlsson, M., Johansson, C., Johansson, P., Swietlicki, E., Vesely, V., Wideqvist, U., Westerholm, R. (2002). Chemical and physical characterization of emissions from birch wood combustion in a wood stove. *Atmospheric Environment, 36,* 4823 – 4837.

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.

IARC,(2006). Polynuclear Aromatic Compound : Chemical Environmental and Experimental Data. IARC Monographs on the Humans, Lyon.

Jaén, A., Ferrer, A., Ormaza, I., Rué, M., Domingo, C., Marín, A. (1999). Prevalence of chronic bronchitis, asthma and airflow limitation in an urban-industrial area of Catalonia. *Arch Bronconeumol,35 ,*122-128.

Kachel, T. (2003). Effect of occupational exposure and smoking on spirometric tests and symptoms of chronic bronchitis. *Pneumonol Alergol Pol ,71,*428-439.

Khalili, N.R., Scheff, P.A., Holsen, T.M. (1995). PAH source fingerprints for coke ovens, diesel and gasoline engines, highway tunnels, and wood combustion emissions. *Atmospheric Environment, 29,* 533-542.

Khoder, M.I. (2006). Ambient levels of volatile organic compounds in the atmosphere of Greater Cairo. *Atmospheric Environment ,151,*1– 13.

Kim, Y.M., Harrod, S., Harrison, R.M. (2001).Concentrations and sources of VOCs in urban domestic and public microenvironments. *Environ Sci Technol ,35,*997-1004.

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.

Kodama, Y., Arashidani, K., Tokui, N., Kamamoto, T., Matsuno, K., Kunugita, N., Minakawa, N. (2002).Environmental NO_2 concentration and exposure in daily life along main roads in Tokyo. *Environmental Research ,89 ,*236-244.

Koren, H.S., Graham, D.E., Devlin, R.B.(1992). Exposure of humans to a volatile organic mixture.III.Inflammatory response. *Arch Environ Health ,47 ,*39 – 44.

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.

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.

Lemeshow, S., David, W., Janelle, K.(1990). Adequacy of Sample Size in Health Studies : Estimating the difference between two proportions . *University of Massachusetts* , 9 - 10.

Levi, M.O., Aymerich, J.G., Villar, J., Sarmiento, A.R., Anto, J.M., Gea, J.(2006). Wood smoke exposure and risk of chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J, 27 ,* 542 – 546.

Li, N., Hao, M., Phalen, R.F., Hinds, W.C., Nel, A.E.(2003). Particulate air pollutants and asthma a paradigm for the role of oxidative stress in PM-induced adverse health effects. *Clinical Immunology,109,* 250 – 265.

Li, N., Wang, M., Oberley, T.D., Sempf, J.M., Nel, A.E. (2002). Comparison of the pro-oxidative and proinflammatory effects of organic diesel exhaust particle chemicals in bronchial epithelial cells and macrophages. *J Immunol ,169 ,* 4531-4541.

Lin, Y.C., Lee, W.J., Hou, H.C.(2006). PAH emissions and energy efficiency of palm-biodiesel blends fueled on diesel generater. *Atmospheric Environment ,40 ,*3930 – 3940.

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.

Mcdonnell, W.F., Kehrl, H.R., Abdul, S.S., Ives, P.J., Folinsbee, L.J., Devlin, R.B., Oneil, J.J., Horstman, D.H.(1991). Respiratory response of humans exposed to low levels of ozone for 6.6 hours . *Arch Environ Health, 46 ,*145 – 150.

Mi, H.H., Lee, W.J., Chen, C.B., Yang, H.H. (2000). Effect of fuel aromatic content on PAH emission from a heavy – duty diesel engine. *Chemosphere ,41 ,*1783 – 1790.

Miller, R.L., Garfinkel, R., Horton, M., Camann, D., Perera, F.P., Whyatt, R.M., Kinney, P.L. (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 pespect ,111 ,*71 – 77.

Mudway, I.S., Kelly, F.J. (2000). Ozone .*Molecular Aspects of Medicine ,21 ,* 1 – 48.

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.

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,(1978). Criteria for a recommended standard : occupational exposure to carbon black. US Department of Health and Human Services,Washington,DC.

NIOSH,(1997). NIOSH pocket guide to chemical hazards. US Department of Health and Human Services,Cincinnati,OH.

NIOSH, (1998).NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM) : Polynuclear Aromatic Hydrocarbons by HPLC. (online) 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.

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.

Ponsonby, A.L., Glasgow, N., Gatenby, P., Mullin, R., Mcdonald, T., Hurwitz, M., Pradith, B., Attewell, R. (2001). The relationship between low level nitrogen dioxide exposure and child lung function after cold air challenge. *Clin Exp Allergy ,31*,1205-1212.

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.

Reinhardt, T.E., Ottmar, R.D., Hanneman, A.J.S. (2000). Smoke Exposure Among Firefighters at Prescribed Burns in The Pacific Northwest . *United States of Agriculture,Pacific Northwest Research Station,*1-45.

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.

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-a production in healthy human airways. *Am J Respir Crit Care Med , 161,* 550-557.

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.

Smith, B.J., Nitschke, M., Pilotto, L.S., Ruffin, R.E., Pisaniello, D.L., Willson, K.J. (2000). Health effects of daily indoor nitrogen dioxide exposure in people with asthma. *Eur Respir J ,16 ,* 879 – 885.

Son, B., Yang, W., Breysse, 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.

Strunk, P., Ortlepp, K., Heinz, H., Rossbach, B., Angerer, J. (2002). Ambient and biological monitoring of coke plant workers determination of exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons. *In Arch Occup Environ Health,75,* 354 – 258.

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.

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.

Tekasakul, P., Furuuchi, M., Otani, Y., Tekasakul, S., Sakano, T. (2005). Characteristics of particulate matters emitted from Rubberwood Burning and Effect on Atmospheric Air in Hat Yai, Thailand. Proceedings of AAC 2005, Mumbai India, December 13 – 16, 2005.

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.

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 ,35 ,* 838-842.

Unwin, J., Cocker, J., Scobbie, E., Chambers, H. (2006). An Assessment of Occupational Exposure to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the UK. *Ann Occup Hyg, 50,* 395 – 403.

Venkataraman, C., Negi, G., Sardar, S.B., Rastogi, R. (2002). Size distributions of polycyclic aromatic hydrocarbons in aerosol emissions from biofuel combustion. *Journal of Aerosol Science, 33,* 503 – 518.

Ware, J.H., Spengler, J.D., Neas, L.M., Samet, J.M., Wagner, G.R., Coultas, D., Ozkayanak, H., Schwab, M.(1993). Respiratory and irritant health effects of ambient volatile organic compounds.The Kanawha Country Health Study. *Am J Epidemiol ,137 ,*1287 – 1301.

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.

Zen, F.G., Wang, G.Y., Tian, J. (2002). Pollution characteristics and source apportionment of PAHs in atmospheric aerosols of some regions in Beijing. *Acta Scientiae Circumstantiae, 22,* 284 – 288.

Zhu, L., Takahashi, Y., Amagai, T., Matsushito, H. (1997). Highly sensitive automatic analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in indoor and outdoor air. *Talanta, 45,* 113 – 118.

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
ขั้นตอนการผลิตยางแผ่นรมควัน

ขั้นตอนการผลิตยางแผ่นรมควัน

1.1.1 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมน้ำยาง

ในขั้นตอนการเก็บรวบรวมน้ำยางควรเช็ดถ้วยยางให้สะอาดก่อนรองรับน้ำยาง และมีการทำความสะอาดถังเก็บน้ำยางก่อนใช้ทุกครั้ง และอย่าใส่ขี้ยางหรือใบไม้ลงในถังเก็บน้ำยางเพราะจะทำให้ยางสกปรกจับตัวเป็นก้อนเร็วกรองน้ำยางได้ยากโดยถังเก็บน้ำยางที่ดีควรมีฝาปิดเพื่อป้องกันมิให้น้ำยางล้นออกมานอกถังในระหว่างนำไปยังโรงทำยางแผ่น

1.1.2 ขั้นตอนการกรองน้ำยาง ตวงน้ำยางใส่ตะกงและการผสมน้ำกับน้ำยาง

ขั้นตอนนี้ควรกรองน้ำยางด้วยเครื่องกรองลวดเบอร์ 40 และ 60 เพื่อเอาสิ่งสกปรกออก โดยวางเครื่องกรองซ้อนกัน 2 ชั้น เบอร์ 40 ไว้ข้างบน และเบอร์ 60 ไว้ข้างล่าง และตวงน้ำยางที่กรองแล้วใส่ในตะกงที่สะอาด ตะกงละ 3 ลิตร จากนั้นเติมน้ำสะอาดลงในตะกงที่ใส่น้ำยางไว้แล้วตะกงละ 2 ลิตร จะได้อัตราส่วนผสมระหว่างน้ำยางกับน้ำในอัตรา 3 ส่วนต่อ 2 ส่วน (อัตราส่วนผสมอาจเปลี่ยนแปลงได้ ถ้าหากน้ำยางเจือจางบ้างแล้ว เช่น กรณีที่ฝนตกขณะเก็บน้ำยางหรือจากเหตุอื่น ๆ)

1.1.3 ขั้นตอนการผสมน้ำกรดในน้ำยาง

เพื่อให้ยางแข็งตัวและได้ยางแผ่นที่คุณภาพดีควรเลือกใช้กรด “ฟอร์มิก” ชนิดความเข้มข้น 90% หรือ กรดอะซีติก การผสมกรดฟอร์มิกเพื่อให้ยางแผ่นแข็งตัวในเวลา 30 - 45 นาที ควรผสมกรดฟอร์มิกในอัตราส่วนกรดฟอร์มิก 30 มิลลิลิตร (2 ช้อนแกง) ผสมน้ำสะอาด 1,170 มิลลิลิตร (3 กระป๋องนม) แล้วกวนให้เข้ากันโดยเทกรดลงในน้ำ และควรใช้ภาชนะที่เป็นกระเบื้องเคลือบหรือแกลลอนพลาสติกในการผสม จากนั้นใช้ใบพายกวนน้ำยางในตะกง 1 - 2 เที่ยวแล้วตวงน้ำกรดที่ผสมแล้ว 390 มิลลิลิตร (1 กระป๋องนม) เทลงในน้ำยางให้ทั่วตะกงขณะที่เทน้ำกรดใช้ใบพายกวนน้ำยางไปประมาณ 6 เที่ยว

1.1.4 ขั้นตอนการกวาดฟองน้ำยางและใช้วัสดุปิดตะกง

ในขณะการกวนน้ำยางจะมีฟองเกิดขึ้นให้ใช้ใบพายกวาดฟองออกจากตะกงให้หมด เก็บรวบรวมใส่ภาชนะไว้ขายเป็นเศษยางชั้นดี ฟองน้ำยางถ้าไม่กวาดออก เมื่อนำยางไปรมควันจะทำให้เห็นรอยจุดอากาศในแผ่นยาง ทำให้ได้ยางชั้นต่ำกว่าที่ควรจะเป็น และควรใช้แผ่นสังกะสี หรือวัสดุอื่นใดก็ได้ปิดตะกงเพื่อป้องกันมิให้ฝุ่นละอองหรือสิ่งสกปรกตกลงในน้ำยางที่กำลังจับตัว ทิ้งไว้ประมาณ 30 - 45 นาที

1.1.5 ขั้นตอนการนวดแผ่นยาง และรีดแผ่นยาง

เมื่อยางจับตัวแล้วก่อนนำไปนวดควรรินน้ำสะอาดหล่อไว้ทุกตะกงเพื่อสะดวกในการเทแท่งยางออกจากตะกง การนวดยางควรนวดแผ่นยางบนโต๊ะที่สะอาดซึ่งปูด้วยอลูมิเนียมหรือแผ่นสังกะสี นวดด้วยมือ หรือ ไม้กลมแล้วแต่ถนัดนวดยางให้หนา ประมาณ 1 เซนติเมตร จากนั้นนำยางแผ่นที่นวดแล้วเข้าเครื่องรีดลื่น 3-4 ครั้ง ให้บางประมาณ 2 - 3 มิลลิเมตร แล้วก็นำยางเข้าเครื่องรีดอกอีกครั้งจะช่วยให้แผ่นยางแห้งเร็วขึ้นเมื่อนำไปรมควัน

1.1.6 ขั้นตอนการล้างแผ่นยาง และผึ่งแผ่นยาง

แผ่นยางที่รีดดอกแล้วควรล้างด้วยน้ำสะอาดเพื่อล้างน้ำกรดและสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ตามผิวของแผ่นยางออกให้หมด แผ่นยางที่ล้างด้วยน้ำสะอาดแล้วควรนำมาผึ่งไว้ในที่ร่ม ไม่ควรนำออกไปผึ่งหรือตากไว้กลางแดด เพราะจะทำให้ยางแผ่นเสื่อมคุณภาพได้ง่าย และอย่าวางแผ่นยางบนพื้นหรือพาดแผ่นยางในที่ที่มีฝุ่น หรือถูกสิ่งสกปรกได้ง่าย (กรมวิชาการเกษตร , 2548)

1.1.7 ขั้นตอนการรมควัน

ในขั้นตอนการรมควันก่อนใส่ และนำยางเข้าเตาให้ตรวจยางตกหล่นในเตาและใต้เตารมให้เรียบร้อย และเมื่อนำยางเข้าเตารมคนงานต้องดูยางที่เข้าเตารมว่าเป็นยางหนาหรือบางเพื่อที่จะประมาณวันและอุณหภูมิในการรมได้ถูกต้อง หลักการรมควัน คือ เมื่อนำยางเข้าเตารมและปิดประตูเรียบร้อยและให้ใส่ฟืนให้เต็มที่โดยในคืนแรกอุณหภูมิอยู่ที่เกณฑ์ประมาณ 40 – 50 องศาเซลเซียส คืนที่สองให้ อุณหภูมิอยู่ที่เกณฑ์ประมาณ 50 – 60 องศาเซลเซียส คืนที่สามอุณหภูมิอยู่ที่เกณฑ์ประมาณ 50 – 60 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกัน และรมไปเรื่อยจนกว่ายางจะสุก ใช้เวลาในการรมควันประมาณ 4 – 10 วัน จากนั้นเมื่อยางสุกดีแล้วให้ลดไม้ฟืน และอุ่นตลอดโดยให้อุณหภูมิอยู่ที่เกณฑ์ประมาณ 40 – 50 องศาเซลเซียส จนถึงวันที่ออกจากเตารม

1.1.8 ขั้นตอนการลงยางแผ่นรมควัน

เริ่มจากการนำแผงเหล็กวางกับพื้นและต้องตรวจดูว่าสกปรก หรือชำรุดหรือไม่ จากนั้นปลดยางแผ่นรมควันออกจากไม้ไผ่ และอย่าให้เศษไม้เสี้ยน ติดยางแผ่นโดยวางยางแผ่นรมควันบนแผงเหล็กจัดเป็นสามกองเท่ากัน เขียนชื่อลงยาง และลงรหัสด้วยชอล์ก

1.1.9 ขั้นตอนการคีบและคัดเกรด

ขั้นตอนการคีบและคัดเกรดเป็นขั้นตอนที่คนงานต้องนำยางแผ่นรมควันมาส่องดูด้วยสายตาและคีบเศษไม้หรือเสี้ยนไม้ที่ติดยางแผ่นออกและตัดรอยตำหนิออกด้วยกรรไกร จากนั้นนำยางแผ่นรมควันที่ตัดแต่งเรียบร้อยแล้วมาคัดเกรดตามการจัดชั้นยางแผ่นรมควัน ซึ่งได้มีการกำหนดแบ่งชั้นยางแผ่นรมควัน โดยใช้สายตาได้ 5 ชั้น ดังนี้

(1) ยางแผ่นรมควันชั้น 1 พิเศษ (RSS 1 X)
(2) ยางแผ่นรมควันชั้น 1 พิเศษ (RSS 1)
(3) ยางแผ่นรมควันชั้น 2 (RSS 2)
(4) ยางแผ่นรมควันชั้น 3 (RSS 3)
(5) ยางแผ่นรมควันชั้น 4 (RSS 4)
(6) ยางแผ่นรมควันชั้น 5 (RSS 5)

1.1.10 ขั้นตอนการชั่ง / อัด / ห่อก้อนยาง

ในขั้นตอนนี้คนงานต้องนำยางแผ่นรมควันที่จัดชั้นยางด้วยสายตาเรียบร้อยแล้วมาอัดเป็นก้อนด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิก ห่อเป็นก้อนสี่เหลี่ยม โดยชั่งน้ำหนักก้อนยางให้มีน้ำหนักประมาณ 224 – 250 ปอนด์ (101 – 113 กิโลกรัม) จากนั้นตัดยางที่มีน้ำหนักเกินออกหลังอัดเป็นก้อนขนาด 5 ลูกบาศก์ฟุต ซึ่งเป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย โดยประทับตราแสดงชั้นของยางแผ่นรมควัน และทาด้วยสารละลายยางผสมแป้งแคลเซียมคาร์บอเนต จากนั้นทำการจัดเก็บและรอส่งมอบลูกค้า (เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี, 2546)

ภาคผนวก ข
การตรวจสมรรถภาพปอด

ขั้นตอนการตรวจสมรรถภาพปอด

1. การเตรียมผู้ที่จะตรวจสมรรถภาพปอด โดยควรได้รับคำแนะนำดังต่อไปนี้

- ไม่ออกกำลังกายอย่างน้อย 30 นาทีก่อนตรวจ
- ไม่ควรสวมเสื้อที่รัดทรวงอกและท้อง
- หลีกเลี่ยงอาหารมื้อใหญ่ อย่างน้อย 2 ชั่วโมง
- หยุดยาขยายหลอดลม

โดยมีข้อห้ามในการตรวจสมรรถภาพปอดในผู้ที่มีลักษณะดังนี้

- มีภาวะไอเป็นเลือด
- มีภาวะลมรั่วในช่องเยื่อหุ้มปอดที่ยังไม่ได้รับการรักษา
- ระบบหลอดเลือด หรือหัวใจทำงานไม่คงที่ ได้แก่ ผู้ที่มีภาวะความดันโลหิตสูงที่ยังไม่ได้รับการรักษา หรือยังควบคุมได้ไม่ดี , ความดันโลหิตต่ำ
- เส้นเลือดแดงโป่งพองในทรวงอก ท้องหรือสมอง
- เพิ่งได้รับการผ่าตัดตา เช่น ผ่าตัดลอกต้อกระจก
- เพิ่งได้รับการผ่าตัดช่องอก หรือช่องท้อง
- ติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจ เช่น วัณโรคปอดระยะติดต่อ
- สตรีมีครรภ์
- ผู้ที่มีการเจ็บป่วยที่อาจมีผลต่อการทดสอบสไปโรเมตรีย์ เช่น คลื่นไส้ หรืออาเจียนมาก

2. อธิบายและสาธิตวิธีการทดสอบ เป็นลำดับขั้นตอน ดังนี้

- นั่งตัวและหน้าตรง เท้าทั้งสองข้างแตะกับพื้น
- หนีบจมูกด้วย nose clip
- หายใจเข้าเต็มที่
- อม mouthpiece และปิดปากให้แน่นรอบ mouthpiece
- หายใจออกให้เร็วและแรงเต็มที่จนหมด
- สูดหายใจข้าเต็มที่ สำหรับเครื่องที่ทำ flow volume loop ได้
- ทำซ้ำให้ได้กราฟที่เข้าเกณฑ์อย่างน้อย 3 กราฟ โดยสามารถทำซ้ำได้ไม่เกิน 8 ครั้ง
- ตรวจสอบดูว่าเข้าเกณฑ์ acceptability & reproducibility หรือไม่

โดยการดูว่าเข้าเกณฑ์ acceptability หรือไม่ ดูจาก

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

2. หายใจออกได้เต็มที่ โดยดูจากกราฟปริมาตร- เวลา ซึ่งเวลาในการหายใจออกต้องนานเพียงพอ ซึ่งอย่างน้อยที่สุด คือ 6 วินาที และมี plateau อย่างน้อย 1 วินาที หรือมีเวลาหายใจออกน้อยกว่า 6 วินาที แต่มี plateau อย่างน้อย 1 วินาที และจะต้องไม่มีอาการไอ การรั่วออกของลมขณะเป่าหรือมีสิ่งไปอุด mouthpiece เช่น ลิ้น ฟันปลอม

เมื่อเลือกกราฟที่ได้ acceptability criteria อย่างน้อย 3 กราฟ จากนั้นก็จะพิจารณา reproducibility โดยจะถือว่าเข้าเกณฑ์ reproducibility เมื่อค่าของ FVC ที่มากที่สุด ต่างจากค่า FVC ที่มีค่ารองลงมาไม่เกิน 200 มล. และค่า FEV_1 ที่มากที่สุด ต่างจากค่า FEV_1 ที่มีค่ารองลงมา ไม่เกิน 200 มล. เช่นเดียวกัน

3. การคัดเลือก spirogram เพื่อการแปลผล

โดยเมื่อพิจารณาว่าเข้าเกณฑ์ acceptability & reproducibility แล้ว จึงนำผลที่ได้มาทำการคัดเลือกค่าเพื่อการแปลผลต่อไป ดังนี้

1. The best FVC เลือกจากกราฟที่มีค่า FVC มากที่สุด
2. The best FEV_1 เลือกจากกราฟที่มีค่า FEV_1 มากที่สุด
3. ค่าอื่นๆ เช่น $FEF_{25-75\%}$ ให้เลือกจาก The best test curve ซึ่งคือกราฟที่มีค่าของผลรวมที่มีค่า FEV_1 กับ FVC มากที่สุด ในกรณีที่ค่า FEV_1 และFVC ที่สูงสุดไม่ได้มาจากกราฟเดียวกัน

4. การแปลผล

โดยแยกความผิดปกติของ spirometry ได้เป็น obstructive defect และ restrictive defect โดยอาศัยค่า FEV_1 , FVC และ FEV_1 /FVC%

1. Obstructive defect เช่น asthma , COPD จะมี FEV_1 ลดลง และ FEV_1 /FVC% ลดลง ในกรณีที่มีการอุดกั้นมากๆ และมีอากาศถูกขังอยู่ในปอดมากขึ้น ค่า FVC จะลดลงได้
2. Restrictive defect เช่น interstitial lung disease , myasthenia gravis จะมีปริมาตรของปอดลดลง แต่อัตราการไหลของลมหายใจออกจะอยู่ในเกณฑ์ปกติ ดังนั้นแม้ค่า FEV_1 และ FVC จะลดลง แต่ค่า FEV_1 /FVC% จะปกติหรือเพิ่มขึ้น

ภาคผนวก ค แบบสัมภาษณ์อาการระบบทางเดินหายใจ

ID ……

แบบสัมภาษณ์งานวิจัย เรื่อง

การประเมินความผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ และสารเคมีก่ออันตรายของพนักงานรมควันยางแผ่นในสหกรณ์กองทุนสวนยาง จังหวัดสงขลา

ขอขอบคุณสำหรับการให้ความร่วมมือกรอกแบบสอบถาม
ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจะถูกปกปิดเป็นความลับและใช้ในการวิจัยทางการแพทย์เท่านั้น
หน่วยอาชีวอนามัย คณะแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

วันเดือนปีที่ให้ข้อมูล .....

ข้อมูลทั่วไป

A. กลุ่ม ☐ 1. พนักงานโรงรมควันยาง ☐ 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. มัธยมศึกษา ☐ 3. ปวช.
☐ 4. ปวส. ☐ 5. ปริญญาตรี ☐ 6. อื่นๆ(ระบุ)

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

ประวัติการทำงาน

C1. คุณทำงานนี้มานาน.....ปี

C2. ก่อนทำงานนี้คุณเคยทำงานอื่นที่สัมผัสกับฝุ่น ก๊าซ หรือสารเคมีหรือไม่

☐ 1. ไม่เคย (ข้ามไปข้อ C3) ☐ 2. เคย

C2a งานที่เคยทำและสัมผัสกับฝุ่น ก๊าซ หรือสารเคมี คือ .....ระยะเวลา.....ปี

C2b งานที่เคยทำและสัมผัสกับฝุ่น ก๊าซ หรือสารเคมี คือ .....ระยะเวลา.....ปี

C2c งานที่เคยทำและสัมผัสกับฝุ่น ก๊าซ หรือสารเคมี คือ .....ระยะเวลา.....ปี

C2d งานที่เคยทำและสัมผัสกับฝุ่น ก๊าซ หรือสารเคมี คือ .....ระยะเวลา.....ปี

C3. ปัจจุบันคุณทำงานใดบ้าง

☐ C3a. การรวบรวมน้ำยาง ☐ C3b.การผสมน้ำยางกับกรด

☐ C3c. การลำเลียงแผ่นยางในรางน้ำ ☐ C3d. การรีดแผ่นยาง

☐ C3e. การแขวนยาง ☐ C3f. การรมยาง

☐ C3g. การใส่ฟืน ☐ C3h. ทำสวนยางพารา

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

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

C5. ขณะทำงานสัมผัสฝุ่นหรือสารเคมีใดๆ คุณใช้ผ้าปิดจมูกหรือไม่

☐ 1. ไม่ใช้เลย (ข้ามไปข้อ D1) ☐ 2. ใช้บ้างไม่ใช้บ้าง

☐ 3. ใช้ตลอดเวลาที่สัมผัส

ประวัติโรคประจำตัว

คุณเคยมีความผิดปกติใด ๆต่อไปนี้หรือไม่ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

	a มีอาการหรือไม่		b ตอบ “ใช่ ”แพทย์เป็นผู้บอกใช่หรือไม่	
	1. ไม่ใช่	2. ใช่	1. ไม่ใช่	2. ใช่
D1 ภูมิแพ้ (น้ำมูก คันจมูก)	( )	( )	( )	( )
D2 ภูมิแพ้แบบผื่นที่ผิวหนัง	( )	( )	( )	( )
D3 ภูมิแพ้แบบคันตา ตาแดง	( )	( )	( )	( )
D4 แพ้อาหาร	( )	( )	( )	( )
D5 หอบหืด	( )	( )	( )	( )
D6 หลอดลมอักเสบ	( )	( )	( )	( )
D7 ถุงลมโป่งพอง	( )	( )	( )	( )
D8 ปอดติดเชื้อเรื้อรัง	( )	( )	( )	( )
D9 วัณโรคปอด	( )	( )	( )	( )
D10โรคหัวใจ	( )	( )	( )	( )
D11 เคยผ่าตัดใหญ่บริเวณทรวงอก	( )	( )	( )	( )

ประวัติการสูบบุหรี่

E1 คุณสูบบุหรี่ หรือไม่

☐ 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 มีอาการเป็นบ่อยๆมากกว่าหนึ่งในสามของเวลาใช่หรือไม่		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 จามน้ำมูกไหล	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )
F7 คัน ระคายจมูก	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )
F8 คัน 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. เคยใช้ยากินและยาพ่น ☐ 3. เคยใช้ยากินหรือยาพ่นอย่างใดอย่างหนึ่ง

G9 คุณเป็นหอบหืดครั้งแรกเมื่ออายุ ..... ปี

G10 ปัจจุบันคุณยังเป็นหอบหืดหรือไม่

☐ 1. ไม่เป็น ครั้งสุดท้ายที่มีอาการคุณอายุ G10a ..... ปี ☐ 2. ยังเป็นหอบหืดอยู่

G11 คุณมีอาการระคายเคือง คัน แสบ ออกร้อน แห้งของจมูก ลำคอ และตาขณะทำงานหรือไม่

☐ 1. ไม่มี ☐ 2. มี เป็นมานาน G11a ..... ปี

ภาคผนวก ง ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างอากาศ

ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างอากาศ แยกตามชนิดตัวอย่างอากาศ ดังนี้

1. การเก็บตัวอย่าง PAHs (วิเคราะห์จาก Total dust)

1.1 การปรับเทียบมาตรฐานความถูกต้องของอัตราการไหลอากาศ (calibration) ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เลือกใช้การปรับเทียบมาตรฐานของปั้มดูดอากาศแบบบับเบิลมิเตอร์ (soap-bubble calibration) ดังนี้

- มีการจัดชุดอุปกรณ์การ calibrate ต่อสายยางเข้าระหว่างด้านหลังของตลับกระดาษกรองกับช่องอากาศเข้าของปั้มดูดอากาศ และต่อสายยางที่บริเวณรอยต่อของชุดอุปกรณ์สำหรับปรับอัตราการไหลของอากาศเข้ากับด้านหน้าของตลับบรรจุกระดาษกรองบริเวณช่องสำหรับให้อากาศเข้า
- เดินเครื่องปั้มดูดอากาศ แล้วบีบจุกยางไล่ฟองสบู่เคลื่อนที่ลอยขึ้นในหลอดแก้วเป็นลักษณะแผ่นฟิล์มฟองสบู่ ปริมาตรอากาศที่ถูกดูดออกไป เท่ากับ ผลคูณของระยะเวลาที่ฟิล์มฟองสบู่เคลื่อนที่กับพื้นที่หน้าตัดภายในหลอดแก้ว โดยปรับอัตราการไหลของอากาศให้เท่ากับ 2 ลิตร/นาที และทำเครื่องหมายขีดแสดงตำแหน่งลูกลอยของโรตามิเตอร์

1.2 ขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์

- เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ ดังนี้ ปั้มดูดอากาศ นาฬิกาจับเวลา แบบบันทึกการเก็บตัวอย่าง ขาตั้ง กระดาษกรอง ตลับบรรจุกระดาษกรอง เทปกาว
- เปิดตลับบรรจุกระดาษกรองชนิด 2 ตอน วางแผ่นรองรับกระดาษกรองลงในตลับแล้ววางกระดาษกรองลงไป และนำไปดูดความชื้นในโถดูดความชื้นที่มี siliga gel บรรจุอยู่ เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง พร้อมกับตลับ Blank ควบคุม โดยเปิดฝาจุกออกขณะดูดความชื้น
- ชั่งน้ำหนักกระดาษกรองแผ่นละ 3 ครั้ง บันทึกน้ำหนักและนำมาหาค่าเฉลี่ย
- นำกระดาษกรองบรรจุใส่ตลับเหมือนเดิม ปิดจุก และใช้เทปกาวปิดรอยต่อของตลับให้มิดชิด เขียนหมายเลขตลับบรรจุกระดาษกรอง

1.3 วิธีการเก็บ Total dust และวิเคราะห์

- ต่ออุปกรณ์เก็บตัวอย่าง และนำไปติดตั้งในบริเวณที่กำหนดไว้ โดยนำไปติดกับขาตั้งให้มีความสูงประมาณระดับการหายใจของผู้ปฏิบัติงาน (พื้นที่) และติดที่คอปกเสื้อผู้ปฏิบัติงาน (ตัวบุคคล) โดยให้กระดาษกรองคว่ำหน้าเล็กน้อย เปิดปั้มดูดอากาศ บันทึกเวลาและรายละเอียดอื่น ๆ ตามแบบบันทึก
- คอยสังเกตการทำงานของปั้มดูดอากาศเป็นระยะ
- เมื่อสิ้นสุดการเก็บตัวอย่าง ปิดปั้ม บันทึกเวลาสิ้นสุด

- ถอดตลับตัวอย่างอย่างระมัดระวังเพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นร่วงลงมา จากนั้นนำตลับตัวอย่างทั้งหมดไปดูดความชื้นโดยใช้เวลาเท่ากับการดูดก่อนการเก็บตัวอย่าง

- ชั่งน้ำหนักหลังเก็บ 3 ครั้ง บันทึกน้ำหนักและนำมาหาค่าเฉลี่ย โดยเครื่องชั่งทศนิยม 5 ตำแหน่ง

- คำนวณความเข้มข้นของฝุ่น = $\frac{\text{น้ำหนักของอนุภาคที่เก็บมาได้}}{\text{อัตราการไหลของอากาศ x เวลาทั้งหมดที่ดูดอากาศ}}$

- นำกระดาษกรองที่ชั่งน้ำหนักฝุ่นแล้ว และ Blank ใส่ในถุงพลาสติก ปิดด้วยกระดาษอลูมินัมฟอยล์ป้องกันแสง และเก็บรักษาตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียสก่อนส่งตัวอย่างวิเคราะห์ PAHs ต่อไป

2. การเก็บตัวอย่าง NO_2 และ SO_2 ด้วย Passive sampler

2.1 การเตรียมอุปกรณ์

- Passive sampler filter badge NO_2 และ SO_2, Ice pack, กระติก, สมุดจดบันทึก, เทปกาว, ถุงพลาสติก, กระดาษฟอยล์

- Blank ของ filter badge NO_2 และ SO_2

2.2 วิธีการเก็บตัวอย่าง

- แกะซอง Passive sampler filter badge NO_2 และ SO_2 ออกแล้วนำไปติดที่บริเวณที่จะเก็บตัวอย่าง ขณะแกะซองควรระมัดระวังไม่ให้มือหรือส่วนใดส่วนหนึ่งถูกผิวหน้าของ filter badge NO_2 และ SO_2 จากนั้นจดเวลาการติดตั้ง

- เมื่อสิ้นสุดการเก็บตัวอย่าง ควรเก็บด้วยความระมัดระวังใส่ในถุงพลาสติกพร้อม Blank และห่อด้วยกระดาษอลูมินัมฟอยล์ บันทึกเวลาสิ้นสุด

- เก็บรักษาตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียสก่อนส่งตัวอย่างวิเคราะห์ต่อไป

3. การเก็บตัวอย่าง O_3 ด้วย Direct reading

เตรียมเครื่อง Direct reading ที่มีการปรับเทียบมาตรฐานจากบริษัท จากนั้นนำเครื่องไปตรวจวัดในบริเวณที่เป็นจุดเก็บตัวอย่างอากาศไม่เกินจุดละ 5 นาที และจดค่าที่แสดงบนหน้าจอของเครื่องรายงานผลต่อไป

4. การเก็บตัวอย่าง VOCs ด้วย Activated charcoal tube

4.1 การปรับเทียบมาตรฐานความถูกต้องของอัตราการไหลอากาศ (calibration) ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เลือกใช้การปรับเทียบมาตรฐานของปั้มดูดอากาศแบบบับเบิลมิเตอร์ (soap-bubble calibration) โดยการปรับเทียบ และวิธีการเก็บเหมือนกับ Total dust จะแตกต่างตรงส่วนอุปกรณ์ต่อพ่วงที่ใช้หลอด Activated charcoal แทนตลับกระดาษกรอง และปรับอัตราการไหลของอากาศที่ 0.2 ลิตร/นาที เมื่อสิ้นสุดการเก็บตัวอย่าง จดเวลาบันทึก และเก็บรักษาตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียสพร้อม Blank ก่อนส่งตัวอย่างวิเคราะห์ต่อไป

ภาคผนวก จ ผลการเก็บตัวอย่างอากาศ

ปริมาณ PAHs ที่พื้นที่การทำงาน (จุดเก็บท้าย) สกย.ทรายขาว

ID87	STD AREA	STD concentration ng/mL)	AREA	m(ng)	M ng)	C(ng/m^3)	C'(ng/μg)	Mass of filter(after)(mg)	95.06
Nap	3851770	20	262579	34.0855	34.0855	12.3408756	0.24340977	Analysis consumption(mg)	95.06
Ace	15266888	19.86	92291	3.00143	3.001429	1.08668685	0.02143367	Flow quantity(m^3)	2.76
Fle	10455311	20.06	4835	0.23192	0.231916	0.08396664	0.00165615	TSP concentration(μg/m^3)	50.70
Phe	1491528	19.78	124555	41.2949	41.29487	14.9510735	0.29489297	Dilution magnification	500
Ant	1.47E+08	20.08	32114	0.10959	0.109593	0.03967898	0.00078262		
Flu	6874015	19.7	47206	3.38215	3.382151	1.2245296	0.02415246		
Pyr	7205907	19.8	59749	4.10438	4.104376	1.48601609	0.02930998		
BaA	22522927	19.96	62563	1.3861	1.386096	0.50184501	0.00989832		
Chr	15512172	19.7	45774	1.45329	1.453291	0.52617331	0.01037817		
BbF	10502526	20.08	217200	10.3817	10.38173	3.758773	0.07413753		
BkF	55704227	20.04	907612	8.163	8.163	2.9554671	0.05829324		
BaP	11827598	20.04	673706	28.5372	28.53721	10.3320836	0.20378863		
DBA	6455860	19.68	1297	0.09884	0.098844	0.03578717	0.00070586		
Bghipe	4549494	19.76	358550	38.9326	38.93262	14.0958057	0.27802378		
IDP	4790914	20.08	95738	10.0316	10.03159	3.63200149	0.07163711		
					Total PAHs	67.0507636	1.32250027		
					4-6 ring	38.54848208			

ปริมาณ PAHs ที่พื้นที่การทำงาน (จุดเก็บกลาง) สกย.ทรายขาว

ID88	STD AREA	STD conc ng/mL)	AREA	m(ng)	M ng)	C(ng/m^3)	C'(ng/μg)		
Nap	3851770	20	375365	29.2358	29.23578	9.59179131	0.09431457	Mass of filter(after)(mg)	96.01
Ace	1.5E+07	19.86	143859	2.80709	2.807094	0.92096274	0.00905568	Analysis consumption(mg)	96.01
Fle	1E+07	20.06	4994	0.14373	0.143725	0.04715403	0.00046366	Flow quantity(m^3)	3.05
Phe	1491528	19.78	136713	27.1954	27.19543	8.92238556	0.0877324	TSP concentration(μg/m^3)	101.70
Ant	1.5E+08	20.08	788	0.00161	0.001613	0.00052936	5.2051E-06	Dilution magnification	300
Flu	6874015	19.7	493	0.02119	0.021193	0.00695311	6.8369E-05		
Pyr	7205907	19.8	715	0.02947	0.02947	0.00966849	9.5069E-05		
BaA	2.3E+07	19.96	119422	1.58749	1.587491	0.52083042	0.00512124		
Chr	1.6E+07	19.7	82290	1.56759	1.567588	0.51430053	0.00505704		
BbF	1.1E+07	20.08	637357	18.2786	18.27864	5.99693028	0.05896687		
BkF	5.6E+07	20.04	1866182	10.0706	10.07059	3.30399862	0.0324877		
BaP	1.2E+07	20.04	1779588	45.2285	45.22847	14.8387366	0.14590695		
DBA	6455860	19.68	3082	0.14093	0.140927	0.04623596	0.00045463		
Bghipe	4549494	19.76	1042420	67.9138	67.91377	22.2814205	0.21908968		
IDP	4790914	20.08	331226	20.8238	20.82385	6.83197156	0.06717769		
					Total PAHs	73.8338691	0.72599675		
					4-6 ring	54.3510461			

ปริมาณ PAHs ที่ตัวบุคคล 1 สกย.ทรายขาว

ID89	STD AREA	STD concentration (ng/mL)	AREA	m(ng)	M(ng)	C(ng/m^3)	C'(ng/μg)
Nap	3851770	20	118316	9.21519	9.215192	12.7988777	0.18442187
Ace	15266888	19.86	35784	0.69825	0.698247	0.96978703	0.01397388
Fle	10455311	20.06	7934	0.22834	0.228338	0.31713555	0.00456968
Phe	1491528	19.78	7675	1.52674	1.526738	2.12046947	0.03055432
Ant	1.47E+08	20.08	69084	0.14146	0.141455	0.19646535	0.00283091
Flu	6874015	19.7	45906	1.97341	1.973406	2.74084178	0.0394934
Pyr	7205907	19.8	87323	3.59912	3.599121	4.99877913	0.07202852
BaA	22522927	19.96	20062	0.26669	0.266687	0.37039805	0.00533715
Chr	15512172	19.7	10806	0.20585	0.20585	0.2859021	0.00411963
BbF	10502526	20.08	26193	0.75118	0.751184	1.04331139	0.01503331
BkF	55704227	20.04	841567	4.5414	4.541398	6.3074966	0.09088612
BaP	11827598	20.04	8796	0.22355	0.223552	0.31048823	0.00447389
DBA	6455860	19.68	929	0.04248	0.042479	0.05899911	0.00085013
Bghipe	4549494	19.76	9029	0.58824	0.58824	0.81700038	0.01177234
IDP	4790914	20.08	1004	0.06312	0.06312	0.08766734	0.00126322
					Total PAHs	33.4236193	0.48160835
					4-6 ring	17.02088411	

Mass of filter(after)(mg)	96.52
Analysis consumption(mg)	96.52
Flow quantity(m^3)	0.72
TSP concentration(μg/m^3)	69.40
Dilution magnification	300

ปริมาณ PAHs ที่ตัวบุคคล 2 สกย.ทรายขาว

ID90	STD AREA	STD concentration (ng/mL)	AREA	m(ng)	M(ng)	C(ng/m^3)	C'(ng/μg)		
Nap	3851770	20	148980	11.6035	11.6035	16.1159675	0.16580213	Mass of filter(after)(mg)	98.77
Ace	15266888	19.86	45274	0.88342	0.883423	1.22697681	0.01262322	Analysis consumption(mg)	98.77
Fle	10455311	20.06	10341	0.29761	0.29761	0.41334746	0.00425255	Flow quantity(m^3)	0.72
Phe	1491528	19.78	42128	8.38025	8.38025	11.6392362	0.11974523	TSP concentration(μg/m^3)	97.20
Ant	1.47E+08	20.08	50233	0.10286	0.102856	0.14285571	0.00146971	Dilution magnification	300
Flu	6874015	19.7	1602	0.06887	0.068867	0.09564825	0.00098404		
Pyr	7205907	19.8	50680	2.08884	2.088836	2.90116151	0.02984734		
BaA	22522927	19.96	3629	0.04824	0.048241	0.06700102	0.00068931		
Chr	15512172	19.7	17995	0.3428	0.342797	0.47610663	0.00489822		
BbF	10502526	20.08	72828	2.08862	2.088621	2.90086214	0.02984426		
BkF	55704227	20.04	644661	3.47882	3.478822	4.83169738	0.04970882		
BaP	11827598	20.04	111678	2.83831	2.838311	3.94209923	0.04055658		
DBA	6455860	19.68	992	0.04536	0.04536	0.06300013	0.00064815		
Bghipe	4549494	19.76	15239	0.99282	0.992822	1.37892001	0.01418642		
IDP	4790914	20.08	2220	0.13957	0.139569	0.1938461	0.0019943		
					Total PAHs	46.388726	0.47725027		
					4-6 ring	16.8503424			

ปริมาณ PAHs ที่พื้นที่การทำงาน (จุดเก็บท้าย) สกย.ดอนขี้เหล็ก

PS_200	STD AREA	STD concentration ng/mL)	AREA	m(ng)	M ng)	C(ng/m^3)	C'(ng/μg)	Mass of filter(after)(mg)	95.8
Nap	1715930	20	701736	204.477	204.477	54.67296	0.46490613	Analysis consumption(mg)	95.8
Ace	6570662	19.86	201925	15.2581	15.2581	4.079704	0.03469136	Flow quantity(m^3)	3.74
Fle	4070251	20.06	28821	3.55107	3.55107	0.949483	0.00807383	TSP concentration(μg/m^3)	117.60
Phe	873558	19.78	592	0.33512	0.33512	0.089603	0.00076193	Dilution magnification	500
Ant	3.7E+07	20.08	37162	0.50863	0.50863	0.135998	0.00115644		
Flu	3090835	19.7	307	0.04892	0.04892	0.01308	0.00011122		
Pyr	2691840	19.8	29727	5.46647	5.46647	1.461623	0.01242877		
BaA	9839586	19.96	352051	17.8537	17.8537	4.773728	0.04059293		
Chr	6827032	19.7	301130	21.7234	21.7234	5.808403	0.04939118		
BbF	4827439	20.08	991207	103.075	103.075	27.56003	0.23435399		
BkF	2.5E+07	20.04	2343196	46.3321	46.3321	12.38826	0.10534231		
BaP	214214	20.04	5008	11.7126	11.7126	3.131718	0.02663025		
DBA	2740171	19.68	1156	0.20756	0.20756	0.055498	0.00047192		
Bghipe	659135	19.76	1411	1.0575	1.0575	0.282753	0.00240437		
IDP	2013333	20.08	517032	128.916	128.916	34.46942	0.29310728		
					total	149.8723	1.27442391		
					4-6 ring	89.9445			

ปริมาณ PAHs ที่พื้นที่การทำงาน (จุดเก็บกลาง) สกย.ดอนขี้เหล็ก

PS_201	STD AREA	STD concentration ng/mL)	AREA	m(ng)	M ng)	C(ng/m^3)	C'(ng/μg)	Mass of filter(after)(mg)	94.26
Nap	1715930	20	999081	291.119	291.119	83.17697	0.80832818	Analysis consumption(mg)	94.26
Ace	6570662	19.86	6636	0.50144	0.50144	0.143268	0.0013923	Flow quantity(m^3)	3.50
Fle	4070251	20.06	1373	0.16917	0.16917	0.048334	0.00046972	TSP concentration(μg/m^3)	102.90
Phe	873558	19.78	858	0.48569	0.48569	0.138769	0.00134859	Dilution magnification	500
Ant	3.7E+07	20.08	711	0.00973	0.00973	0.00278	2.702E-05		
Flu	3090835	19.7	408	0.06501	0.06501	0.018575	0.00018051		
Pyr	2691840	19.8	23252	4.27579	4.27579	1.221654	0.01187225		
BaA	9839586	19.96	104301	5.28947	5.28947	1.511277	0.01468685		
Chr	6827032	19.7	31663	2.28416	2.28416	0.652617	0.00634224		
BbF	4827439	20.08	467379	48.6022	48.6022	13.88635	0.13494994		
BkF	2.5E+07	20.04	976856	19.3154	19.3154	5.518685	0.05363154		
BaP	214214	20.04	808	1.88974	1.88974	0.539925	0.00524708		
DBA	2740171	19.68	1518	0.27256	0.27256	0.077874	0.00075679		
Bghipe	659135	19.76	1451	1.08748	1.08748	0.310708	0.00301951		
IDP	2013333	20.08	177817	44.3365	44.3365	12.66757	0.12310564		
					total	119.9154	1.16535816		
					4-6 ring	36.40523			

ปริมาณ PAHs ที่ตัวบุคคล 1 สกย.ดอนขี้เหล็ก

PS_202	STD AREA	STD concentration ng/mL)	AREA	m(ng)	M ng)	C(ng/m^3)	C'(ng/μg)	Mass of filter(after)(mg)	96.53
Nap	1715930	20	82783.1	24.1219	24.1219	33.50269	0.0634761	Analysis consumption(mg)	96.53
Ace	6570662	19.86	626	0.0473	0.0473	0.065698	0.00012448	Flow quantity(m^3)	0.72
Fle	4070251	20.06	874	0.10769	0.10769	0.149565	0.00028337	TSP concentration(μg/m^3)	527.80
Phe	873558	19.78	2778	1.57256	1.57256	2.184109	0.00413814	Dilution magnification	500
Ant	3.7E+07	20.08	1712	0.02343	0.02343	0.032544	6.166E-05		
Flu	3090835	19.7	965	0.15377	0.15377	0.213563	0.00040463		
Pyr	2691840	19.8	5742	1.05589	1.05589	1.466515	0.00277854		
BaA	9839586	19.96	37968	1.92549	1.92549	2.674293	0.00506687		
Chr	6827032	19.7	1130	0.08152	0.08152	0.113219	0.00021451		
BbF	4827439	20.08	43429	4.51613	4.51613	6.272407	0.01188406		
BkF	2.5E+07	20.04	350	0.00692	0.00692	0.009612	1.8211E-05		
BaP	214214	20.04	557	1.3027	1.3027	1.809308	0.00342802		
DBA	2740171	19.68	543	0.0975	0.0975	0.135411	0.00025656		
Bghipe	659135	19.76	629	0.47141	0.47141	0.654743	0.00124051		
IDP	2013333	20.08	1264	0.31516	0.31516	0.437726	0.00082934		
					total	49.7214	0.094205		
					4-6 ring	13.7868			

ปริมาณ PAHs ที่ตัวบุคคล 2 สกย.ดอนขี้เหล็ก

PS_203	STD AREA	STD concentration ng/mL)	AREA	m(ng)	M ng)	C(ng/m^3)	C'(ng/μg)	Mass of filter(after)(mg)	95.52
Nap	1715930	20	80075.4	23.3329	23.3329	32.40687	0.25925494	Analysis consumption(mg)	95.52
Ace	6570662	19.86	1624	0.12271	0.12271	0.170437	0.0013635	Flow quantity(m^3)	0.72
Fle	4070251	20.06	4775	0.58833	0.58833	0.817129	0.00653703	TSP concentration(μg/m^3)	125.00
Phe	873558	19.78	1366	0.77326	0.77326	1.073971	0.00859177	Dilution magnification	500
Ant	3.7E+07	20.08	2532	0.03466	0.03466	0.048132	0.00038506		
Flu	3090835	19.7	11154	1.7773	1.7773	2.468474	0.01974779		
Pyr	2691840	19.8	8898	1.63625	1.63625	2.272563	0.0181805		
BaA	9839586	19.96	38919	1.97372	1.97372	2.741277	0.02193021		
Chr	6827032	19.7	21095	1.52179	1.52179	2.113593	0.01690874		
BbF	4827439	20.08	1534	0.15952	0.15952	0.221554	0.00177243		
BkF	2.5E+07	20.04	3957	0.07824	0.07824	0.108669	0.00086935		
BaP	214214	20.04	605	1.41496	1.41496	1.965227	0.01572182		
DBA	2740171	19.68	383	0.06877	0.06877	0.095511	0.00076409		
Bghipe	659135	19.76	408	0.30578	0.30578	0.424698	0.00339758		
IDP	2013333	20.08	449	0.11195	0.11195	0.15549	0.00124392		
					total	47.08359	0.37666874		
					4-6 ring	12.56706			

ปริมาณ PAHs ที่พื้นที่การทำงาน (จุดเก็บท้าย) สกย. ยางงาม

PS_114	STD AREA	STD concentration ng/mL)	AREA	m(ng)	M ng)	C(ng/m^3)	C'(ng/μg)	Mass of filter(after)(mg)	95.91
Nap	4220301	20	438032	31.1375	31.1375	6.486978	0.0555868	Analysis consumption(mg)	95.91
Ace	15750142	19.86	6977	0.13196	0.13196	0.027492	0.0002356	Flow quantity(m^3)	4.80
Fle	10478266	20.06	13941	0.40034	0.40034	0.083404	0.0007147	TSP concentration($\mu g/m^3$)	116.70
Phe	2005678	19.78	3254	0.48136	0.48136	0.100284	0.0008593	Dilution magnification	300
Ant	69949082	20.08	56564	0.24356	0.24356	0.050742	0.0004348		
Flu	7695488	19.7	116037	4.45572	4.45572	0.928275	0.0079544		
Pyr	7453761	19.8	163182	6.50209	6.50209	1.354603	0.0116076		
BaA	25078450	19.96	944910	11.2808	11.2808	2.350176	0.0201386		
Chr	16902512	19.7	1055869	18.4593	18.4593	3.845697	0.0329537		
BbF	12441882	20.08	5193255	125.721	125.721	26.19192	0.224438		
BkF	64038381	20.04	822	0.00386	0.00386	0.000804	6.888E-06		
BaP	2158229	20.04	1063329	148.101	148.101	30.85445	0.2643912		
DBA	7173594	19.68	27726	1.14095	1.14095	0.237698	0.0020368		
Bghipe	1680451	19.76	4546112	801.849	801.849	167.0518	1.4314638		
IDP	4998200	20.08	2232238	134.518	134.518	28.02468	0.2401429		
					total	267.589	2.2929651		
					4-6 ring	260.8401			

ปริมาณ PAHs ที่พื้นที่การทำงาน (จุดเก็บกลาง) สกย. ยางงาม

PS_115	STD AREA	STD concentration ng/mL)	AREA	m(ng)	M ng)	C(ng/m^3)	C'(ng/μg)	Mass of filter(after)(mg)	95.01
Nap	4220301	20	565930	40.2291	40.2291	8.381067	0.1030882	Analysis consumption(mg)	95.01
Ace	15750142	19.86	19735	0.37327	0.37327	0.077765	0.0009565	Flow quantity(m^3)	4.80
Fle	10478266	20.06	16565	0.47569	0.47569	0.099102	0.001219	TSP concentration($\mu g/m^3$)	81.30
Phe	2005678	19.78	540	0.07988	0.07988	0.016642	0.0002047	Dilution magnification	300
Ant	69949082	20.08	17049	0.07341	0.07341	0.015294	0.0001881		
Flu	7695488	19.7	649	0.02492	0.02492	0.005192	6.386E-05		
Pyr	7453761	19.8	168074	6.69702	6.69702	1.395212	0.0171613		
BaA	25078450	19.96	541612	6.46605	6.46605	1.347095	0.0165694		
Chr	16902512	19.7	608333	10.6352	10.6352	2.215677	0.0272531		
BbF	12441882	20.08	2860724	69.254	69.254	14.42792	0.1774651		
BkF	64038381	20.04	5879017	27.5965	27.5965	5.749262	0.0707166		
BaP	2158229	20.04	539226	75.1039	75.1039	15.64664	0.1924556		
DBA	7173594	19.68	115951	4.77149	4.77149	0.994061	0.0122271		
Bghipe	1680451	19.76	1317528.5	232.387	232.387	48.41402	0.5954984		
IDP	4998200	20.08	1328340	80.048	80.048	16.67667	0.2051251		
					total	115.4616	1.420192		
					4-6 ring	106.8717			

ปริมาณ PAHs ที่ตัวบุคคล 1 สกย. ยางงาม

PS_116	STD AREA	STD concentration ng/mL)	AREA	m(ng)	M ng)	C(ng/m^3)	C'(ng/μg)	Mass of filter(after)(mg)	92.22
Nap	4220301	20	234466	16.667	16.667	23.14863	0.3242104	Analysis consumption(mg)	92.22
Ace	15750142	19.86	9622	0.18199	0.18199	0.252766	0.0035401	Flow quantity(m^3)	0.72
Fle	10478266	20.06	12536	0.35999	0.35999	0.499988	0.0070026	TSP concentration(μg/m^3)	71.40
Phe	2005678	19.78	8358	1.2364	1.2364	1.717221	0.0240507	Dilution magnification	300
Ant	69949082	20.08	51686	0.22256	0.22256	0.30911	0.0043293		
Flu	7695488	19.7	4468	0.17157	0.17157	0.238288	0.0033374		
Pyr	7453761	19.8	140581	5.60154	5.60154	7.77992	0.1089625		
BaA	25078450	19.96	25244	0.30138	0.30138	0.418578	0.0058624		
Chr	16902512	19.7	9745	0.17037	0.17037	0.236622	0.003314		
BbF	12441882	20.08	61184	1.48118	1.48118	2.057189	0.0288122		
BkF	64038381	20.04	373	0.00175	0.00175	0.002432	3.406E-05		
BaP	2158229	20.04	752	0.10474	0.10474	0.145471	0.0020374		
DBA	7173594	19.68	936	0.03852	0.03852	0.053496	0.0007492		
Bghipe	1680451	19.76	41648	7.34593	7.34593	10.20267	0.1428946		
IDP	4998200	20.08	799	0.04815	0.04815	0.066874	0.0009366		
					total	47.12925	0.6600736		
					4-6 ring	21.20154			

ปริมาณ PAHs ที่ตัวบุคคล 2 สกย. ยางงาม

PS_117	STD AREA	STD concentration ng/mL)	AREA	m(ng)	M ng)	C(ng/m^3)	C'(ng/μg)	Mass of filter(after)(mg)	97.43
Nap	4220301	20	255818	18.1848	18.1848	25.25669	0.1796351	Analysis consumption(mg)	97.43
Ace	15750142	19.86	1203	0.02275	0.02275	0.031602	0.0002248	Flow quantity(m^3)	0.72
Fle	10478266	20.06	34032	0.97728	0.97728	1.357337	0.0096539	TSP concentration($\mu g/m^3$)	140.60
Phe	2005678	19.78	4345	0.64276	0.64276	0.892717	0.0063493	Dilution magnification	300
Ant	69949082	20.08	12491	0.05379	0.05379	0.074703	0.0005313		
Flu	7695488	19.7	608	0.02335	0.02335	0.032426	0.0002306		
Pyr	7453761	19.8	132829	5.29266	5.29266	7.350915	0.0522825		
BaA	25078450	19.96	430	0.00513	0.00513	0.00713	5.071E-05		
Chr	16902512	19.7	2584	0.04518	0.04518	0.062743	0.0004463		
BbF	12441882	20.08	76021	1.84036	1.84036	2.556054	0.0181796		
BkF	64038381	20.04	788	0.0037	0.0037	0.005137	3.654E-05		
BaP	2158229	20.04	744	0.10362	0.10362	0.143924	0.0010236		
DBA	7173594	19.68	1175	0.04835	0.04835	0.067156	0.0004776		
Bghipe	1680451	19.76	941	0.16597	0.16597	0.23052	0.0016395		
IDP	4998200	20.08	1022	0.06159	0.06159	0.085538	0.0006084		
					total	38.15459	0.2713698		
					4-6 ring	10.54154			

ปริมาณ PAHs ที่พื้นที่การทำงาน (จุดเก็บท้าย) สกย. หัวถนน

PS_109	STD AREA	STD concentration ng/mL)	AREA	m(ng)	M ng)	C(ng/m^3)	C'(ng/μg)		
Nap	1715930	20	10694	3.11609	3.11609	0.999389	0.009446	Mass of filter(after)(mg)	93.71
Ace	6570662	19.86	271652	20.5269	20.5269	6.58335	0.0622245	Analysis consumption(mg)	93.71
Fle	4070251	20.06	917	0.11298	0.11298	0.036236	0.0003425	Flow quantity(m^3)	3.12
Phe	873558	19.78	1365	0.77269	0.77269	0.247817	0.0023423	TSP concentration(μg/m^3)	105.80
Ant	3.7E+07	20.08	3300	0.04517	0.04517	0.014486	0.0001369	Dilution magnification	500
Flu	3090835	19.7	337	0.0537	0.0537	0.017222	0.0001628		
Pyr	2691840	19.8	15550	2.85948	2.85948	0.917086	0.0086681		
BaA	9839586	19.96	68134	3.45531	3.45531	1.108183	0.0104743		
Chr	6827032	19.7	65174	4.70163	4.70163	1.5079	0.0142524		
BbF	4827439	20.08	306730	31.8965	31.8965	10.2298	0.09669		
BkF	2.5E+07	20.04	599278	11.8495	11.8495	3.800365	0.0359203		
BaP	214214	20.04	3569	8.34712	8.34712	2.677074	0.0253032		
DBA	2740171	19.68	335	0.06015	0.06015	0.019291	0.0001823		
Bghipe	659135	19.76	2666	1.99808	1.99808	0.640821	0.0060569		
IDP	2013333	20.08	177301	44.2078	44.2078	14.17827	0.1340101		
					total	42.97729	0.4062125		
					4-6 ring	35.09601			

ปริมาณ PAHs ที่พื้นที่การทำงาน (จุดเก็บกลาง) สกย. หัวถนน

PS_110	STD AREA	STD concentration ng/mL)	AREA	m(ng)	M ng)	C(ng/m^3)	C'(ng/μg)		
Nap	1715930	20	26124	7.6122	7.6122	2.48116	0.0271759	Mass of filter(after)(mg)	95.91
Ace	6570662	19.86	16180	1.22261	1.22261	0.398505	0.0043648	Analysis consumption(mg)	95.91
Fle	4070251	20.06	614	0.07565	0.07565	0.024658	0.0002701	Flow quantity(m^3)	3.07
Phe	873558	19.78	11749	6.65082	6.65082	2.167804	0.0237438	TSP concentration(μg/m^3)	91.30
Ant	3.7E+07	20.08	29539	0.4043	0.4043	0.131779	0.0014434	Dilution magnification	300
Flu	3090835	19.7	1191	0.18978	0.18978	0.061857	0.0006775		
Pyr	2691840	19.8	18032	3.31589	3.31589	1.080798	0.0118379		
BaA	9839586	19.96	41625	2.11095	2.11095	0.688054	0.0075362		
Chr	6827032	19.7	15678	1.13101	1.13101	0.368646	0.0040377		
BbF	4827439	20.08	208377	21.6689	21.6689	7.062872	0.077359		
BkF	2.5E+07	20.04	421882	8.34188	8.34188	2.718997	0.0297809		
BaP	214214	20.04	2051	4.79684	4.79684	1.563508	0.017125		
DBA	2740171	19.68	1238	0.22228	0.22228	0.072452	0.0007936		
Bghipe	659135	19.76	4414	3.30815	3.30815	1.078275	0.0118102		
IDP	2013333	20.08	105943	26.4156	26.4156	8.610037	0.0943049		
					total	28.5094	0.3122607		
					4-6 ring	23.3055			

ปริมาณ PAHs ที่ตัวบุคคล 1 สกย. หัวถนน

PS_111	STD AREA	STD concentration ng/mL)	AREA	m(ng)	M ng)	C(ng/m^3)	C'(ng/μg)	Mass of filter(after)(mg)	95.01
Nap	1715930	20	33141	9.65686	9.65686	13.41231	0.1072985	Analysis consumption(mg)	95.01
Ace	6570662	19.86	45272	3.4209	3.4209	4.751244	0.0380099	Flow quantity(m^3)	0.72
Fle	4070251	20.06	12726	1.56798	1.56798	2.177756	0.017422	TSP concentration(μg/m^3)	125.00
Phe	873558	19.78	863	0.48852	0.48852	0.678505	0.005428	Dilution magnification	300
Ant	3.7E+07	20.08	6891	0.09432	0.09432	0.130995	0.001048		
Flu	3090835	19.7	1252	0.1995	0.1995	0.277078	0.0022166		
Pyr	2691840	19.8	8554	1.57299	1.57299	2.184705	0.0174776		
BaA	9839586	19.96	11400	0.57813	0.57813	0.802964	0.0064237		
Chr	6827032	19.7	5632	0.40629	0.40629	0.564293	0.0045143		
BbF	4827439	20.08	143433	14.9154	14.9154	20.71589	0.1657271		
BkF	2.5E+07	20.04	273801	5.41387	5.41387	7.51927	0.0601542		
BaP	214214	20.04	745	1.74239	1.74239	2.41999	0.0193599		
DBA	2740171	19.68	1820	0.32678	0.32678	0.453865	0.0036309		
Bghipe	659135	19.76	652	0.48865	0.48865	0.678684	0.0054295		
IDP	2013333	20.08	49501	12.3425	12.3425	17.14232	0.1371386		
					total	73.90986	0.5912789		
					4-6 ring	52.75905			

ปริมาณ PAHs ที่ตัวบุคคล 2 สกย. หัวถนน

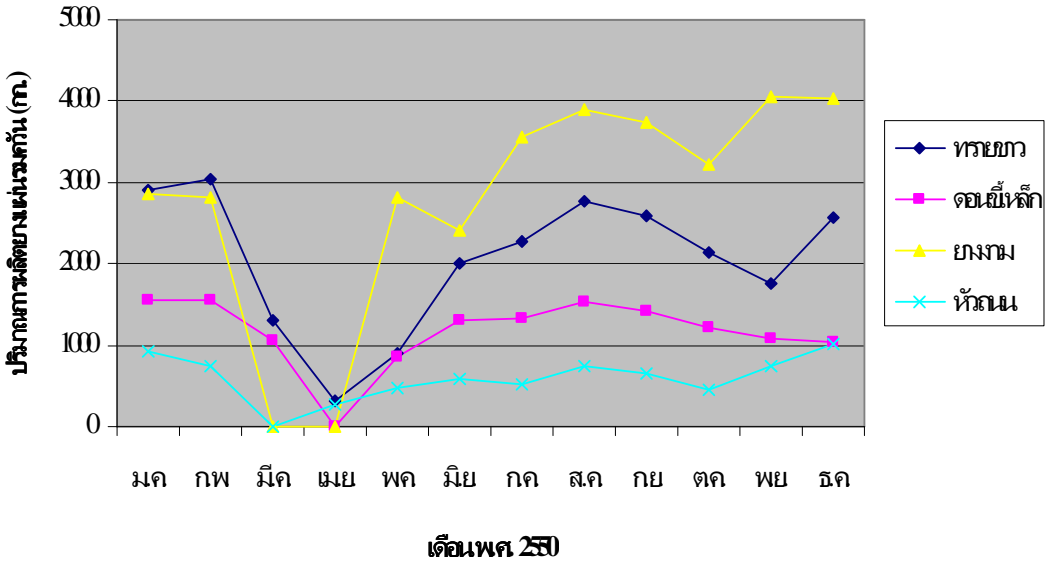
PS_112	STD AREA	STD concentration ng/mL)	AREA	m(ng)	M ng)	C(ng/m^3)	C'(ng/μg)	Mass of filter(after)(mg)	92.54
Nap	4220301	20	214349	15.237	15.237	21.16249	0.1171788	Analysis consumption(mg)	92.54
Ace	15750142	19.86	35158	0.66498	0.66498	0.923587	0.005114	Flow quantity(m^3)	0.72
Fle	10478266	20.06	3370	0.09677	0.09677	0.13441	0.0007442	TSP concentration(μg/m^3)	180.60
Phe	2005678	19.78	141	0.02086	0.02086	0.02897	0.0001604	Dilution magnification	300
Ant	69949082	20.08	3918	0.01687	0.01687	0.023432	0.0001297		
Flu	7695488	19.7	1057	0.04059	0.04059	0.056372	0.0003121		
Pyr	7453761	19.8	115242	4.59189	4.59189	6.377629	0.0353136		
BaA	25078450	19.96	5409	0.06458	0.06458	0.089688	0.0004966		
Chr	16902512	19.7	8109	0.14177	0.14177	0.196898	0.0010902		
BbF	12441882	20.08	85563	2.07136	2.07136	2.876884	0.0159296		
BkF	64038381	20.04	1386	0.00651	0.00651	0.009036	5.003E-05		
BaP	2158229	20.04	11147	1.55256	1.55256	2.156339	0.0119399		
DBA	7173594	19.68	1254	0.0516	0.0516	0.071671	0.0003969		
Bghipe	1680451	19.76	1529	0.26969	0.26969	0.374565	0.002074		
IDP	4998200	20.08	1313	0.07912	0.07912	0.109894	0.0006085		
					total	34.59187	0.1915386		
					4-6 ring	12.31898			

ตารางแสดงปริมาณความเข้มข้นของ Nitrogen dioxide, Sulfur dioxide, Ozone และ Volatile organic compounds ในพื้นที่การทำงาน

ชื่อสาร	สกย.ทรายขาว		สกย.ดอนขี้เหล็ก		สกย.หัวถนน		สกย.ยางงาม	
	จุดเก็บที่ 1	จุดเก็บที่ 2	จุดเก็บที่ 1	จุดเก็บที่ 2	จุดเก็บที่ 1	จุดเก็บที่ 2	จุดเก็บที่ 1	จุดเก็บที่ 2
NO_2 (ppb)	25.39	25.92	33.25	17.61	22.32	25.31	30.06	24.56
SO_2 (ppb)	0.13	< 0.01	0.23	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
O_3 (ppm)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Trichloro methane (mg/m^3)	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Xylene (mg/m^3)	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	<0.001
Toluene (mg/m^3)	0.126	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.041	<0.001
Cyclo hexane (mg/m^3)	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

N.D. = Non Detection

ภาคผนวก ช แผนภูมิแสดงปริมาณการผลิตยางแผ่นรมควัน



ปริมาณการผลิตยางแผ่นรมควัน

ภาคผนวก ฉ ภาพประกอบการผลิตยางแผ่นรมควัน

การรวบรวมน้ำยาง

การกรองน้ำยาง

การผสมน้ำกรดในน้ำยาง

การใช้วัสดุปิดตะกง

ยางแข็งตัว

การรีดแผ่นยาง

การผึ่งแผ่นยาง

การเตรียมแผ่นยางเข้าห้องรม

ลักษณะห้องรม

ลักษณะเตารม

ยางแผ่นรมควันรอการจำหน่าย