# การศึกษาคุณภาพอากาศบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ โดยเปรียบเทียบกับการใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ

# AMBIENT AIR QUALITY AT SUVARNABHUMI AIRPORT BY COMPARISON WITH USING LICHEN AS BIOLOGICAL INDEX


กานต์สินี วงษ์วิวัฒน์

จุฑามาส หอมเชื่อม

บงกช ทรัพย์เมฆ

ประถมาภรณ์ หอมยก


โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# การศึกษาคุณภาพอากาศบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ โดยเปรียบเทียบกับการใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ

# AMBIENT AIR QUALITY AT SUVARNABHUMI AIRPORT BY COMPARISON WITH USING LICHEN AS BIOLOGICAL INDEX

T149060

กานต์สินี วงษ์วิวัฒน์
จุฑามาส หอมเชื่อม
บงกช ทรัพย์เมฆ
ประถมาภรณ์ หอมยก

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....149060
วัน,เดือน,ปี.....27 S.A. 2560

b12879448
i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# AMBIENT AIR QUALITY AT SUVARNABHUMI AIRPORT BY COMPARISON WITH USING LICHEN AS BIOLOGICAL INDEX

KANSINEE WONGWIWAT
CHUTAMAS HOMCHOAM
BONGKOCH SUBMEK
PRATAMAPORN HOMYOK

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (ENVIRONMENTAL CHEMISTRY)
DEPARTMENT OF CHEMISTRY, FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACEDEMIC YEAR 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **หัวข้อโครงงานพิเศษ** | การศึกษาคุณภาพอากาศบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ โดยเปรียบเทียบกับการใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ<br>Ambient Air Quaility at Suvarnabhumi Airport by Comparison with Using Lichen as Biological Index |
| **ชื่อนักศึกษา** | นางสาวภาณต์สินี วงษ์วิวัฒน์ รหัส 54051044<br>นางสาวจุฑามาส หอมเชื่อม รหัส 55050899<br>นางสาวบงกช ทรัพย์เมฆ รหัส 55050944<br>นางสาวประถมาภรณ์ หอมยก รหัส 55050952 |
| **ปริญญา** | วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม) |
| **ภาควิชา** | เคมี |
| **ปีการศึกษา** | 2558 |
| **อาจารย์ที่ปรึกษา** | ดร. กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ |

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม) ประจำปีการศึกษา 2558

| คณะกรรมการสอบ | ลายมือชื่อ |
|---|---|
| ผศ. กรองแก้ว ทิพยศักดิ์<br>ประธานกรรมการ | |
| ผศ. พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย<br>กรรมการ | |
| ดร. กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์<br>กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา | |

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **หัวข้อโครงงานพิเศษ** | การศึกษาคุณภาพอากาศบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ โดยเปรียบเทียบกับการใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ |
| **ชื่อนักศึกษา** | นางสาวกานต์สินี วงษ์วิวัฒน์ รหัส 54051044 |
| | นางสาวจุฑามาส หอมเชื่อม รหัส 55050899 |
| | นางสาวบงกช ทรัพย์เมฆ รหัส 55050944 |
| | นางสาวประถมาภรณ์ หอมยก รหัส 55050952 |
| **ปริญญา** | วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม) |
| **ภาควิชา** | เคมี |
| **คณะ** | วิทยาศาสตร์ |
| **มหาวิทยาลัย** | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) |
| **ปีการศึกษา** | 2558 |
| **อาจารย์ที่ปรึกษา** | ดร. กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ |


## บทคัดย่อ


การศึกษาคุณภาพอากาศบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ โดยเปรียบเทียบกับการใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ ได้ทำการสำรวจชนิดของไลเคนและตรวจวัดคุณภาพอากาศ จำนวน 5 จุด ระหว่างเดือนมกราคม – เดือนมีนาคม พ.ศ. 2559 ทำการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อหาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ($NO_2$) ใช้วิธีการเก็บอากาศแบบพาสสีพชนิดหลอด โดยแขวนหลอดเก็บตัวอย่างอากาศทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง นำไปวิเคราะห์หาปริมาณโดยเทคนิคไอออนโครมาโทกราฟี พร้อมตรวจวัดข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่เกี่ยวข้อง

ผลการศึกษาพบไลเคนทั้งหมด 6 วงศ์ (Family) 9 สกุล (Genus) 9 ชนิด (Species) ชนิดของไลเคนที่พบ คือ *Graphis* sp., *Lecanora* sp., *Trypethlium eluteriae*, *Arthonia* sp., *Pyxine cocoes*, *Amandinea extunata*, *Rinaria* sp., *Physcia dimidiate*, *Anthracothecium eluteriae* ไลเคนชนิดที่พบมากที่สุด คือ *Anthracothecium eluteriae* ซึ่งเป็นไลเคนกลุ่มทนทานสูง ในแต่ละพื้นที่ที่ทำการศึกษา พบว่า เดือนมกราคม เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2559 $SO_2$ ที่วัดได้อยู่ในช่วง 13.17-19.93 $ppb_v$ และ $NO_2$ อยู่ในช่วง 38.21-47.20 $ppb_v$ จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ ANOVA พบว่า ปริมาณ $SO_2$ และ $NO_2$ ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p > 0.05$) ผลที่ได้จากการใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศและตรวจวัดปริมาณ $SO_2$ และ $NO_2$ สรุปได้ว่า คุณภาพอากาศโดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมินั้นอยู่ในระดับปานกลาง และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศโดยทั่วไป พบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ $SO_2$ เวลา 24 ชั่วโมง และความเข้มข้นของ $NO_2$ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ของค่ามาตรฐานตามที่กำหนดซึ่งไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์



**คำสำคัญ** : ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ไลเคน อุปกรณ์เก็บตัวอย่างพาสสีพ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **Title** | Ambient Air Quaility at Suvarnabhumi Airport by Comparison with Using Lichen as Biological Index |
| **Students** | Miss Kansinee Wongwiwat Student ID 54051044 |
| | Miss Chutamas Homchoam Student ID 55050899 |
| | Miss Bongkoch Submek Student ID 55050944 |
| | Miss Pratamaporn Homyok Student ID 55050952 |
| **Degree** | Bachelor of Science (Environmental Chemistry) |
| **Department** | Chemistry |
| **Faculty** | Science |
| **University** | King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL) |
| **Academic Year** | 2558 |
| **Advisor** | Dr. Glinsukol Suwannarat |


## Abstract


According to the study on the ambient air quality at Suvarnabhumi airport by Comparison with using lichen as biological index. The survey was conducted with samples of the lichen species around Suvarnabhumi airport 5 points from January to March 2016. Air samples were collected for determination of sulfur dioxide ($SO_2$) and nitrogen dioxide ($NO_2$) in the ambient air by using passive sampling. Passive sampling tubes were hung and leaved for 24 hours. Ion chromatography was used for $SO_2$ and $NO_2$ analyzes. The results found a total of 6 lichen families, 9 genera, and 9 species *Graphis* sp., *Lecanora* sp., *Trypethlium eluteriae*, *Arthonia* sp., *Pyxine cocoes*, *Amandinea extunata*, *Rinaria* sp., *Physcia dimidiate* and *Anthracothecium eluteriae*. The major types were *Anthracothecium eluteriae* which were high durability lichen. In January, Febuary and March 2016, $SO_2$ concentration in each were range 13.17-19.93 $ppb_v$. $NO_2$ concentration in each area range 38.21-47.20 $ppb_v$. The statistical analysis of the ANOVA found that content in each area did not significantly different ($p>0.05$). For conclusion, that the ambient air quality around Suvannabhumi airport was fair. But the average concentration of $SO_2$ for 24 hours and the concentration of $NO_2$ were on the threshold of the air quality standard, which did not affect human health.


**Keywords** : Sulfur Dioxide , Nitrogen Dioxide , Lichen , Passive Sampler

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้ไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ ความอนุเคราะห์ คำแนะนำ ตลอดจนกำลังใจที่ดีและเป็นประโยชน์จากบุคคลหลายท่าน

ขอขอบพระคุณ ดร.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ที่ให้คำปรึกษาที่มีประโยชน์เป็นอย่างมาก ตลอดระยะเวลาที่ทำวิจัย และคอยตรวจสอบผลงานในการจัดทำโครงงานพิเศษให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผศ.กรองแก้ว ทิพยศักดิ์ และ ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย ที่กรุณาเป็นกรรมการในการสอบโครงงานพิเศษ และได้ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องการตรวจทาน แก้ไข ตลอดจนคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ให้โครงงานพิเศษมีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ คุณปราณี บุญวัฒน์ ที่ให้ความรู้ คำแนะนำ สำหรับการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ไอออนโครมาโทกราฟี และอำนวยความสะดวกทั้งเครื่องมือ สถานที่ ตลอดการจัดทำโครงงานพิเศษนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่นักวิทยาศาสตร์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่อำนวยความสะดวกด้านอุปกรณ์และสถานที่ในการจัดทำโครงงานพิเศษนี้

ขอขอบคุณครอบครัวที่อบรมสั่งสอนและให้กำลังใจที่ดีมาโดยตลอด ตลอดทั้งเพื่อนๆที่ให้ความช่วยเหลือ จนสามารถทำให้โครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณบริษัทท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน) ส่วนท่าอากาศยานสุวรรณภูมิที่อนุเคราะห์สถานที่ในการทำโครงงานพิเศษในครั้งนี้ พร้อมทั้งให้คำแนะนำ และให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์

นอกจากนี้ยังมีบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลืออีกหลายท่านที่ให้ความช่วยเหลือสำหรับการจัดทำโครงงานพิเศษซึ่งมิได้กล่าวในที่นี้ คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

กานต์สินี วงษ์วิวัฒน์
จุฑามาส หอมเชื่อม
บงกช ทรัพย์เมฆ
ประถมาภรณ์ หอมยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ก |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ข |
| กิตติกรรมประกาศ | ค |
| สารบัญ | ง |
| สารบัญตาราง | ฌ |
| สารบัญรูป | ฎ |
| สัญลักษณ์ | ฒ |
| **บทที่ 1 บทนำ** | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย | 1 |
| 1.3 ขอบเขตงานวิจัย | 2 |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| **บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** | 3 |
| 2.1 ไลเคน | 3 |
| 2.1.1 การดำรงชีวิต | 4 |
| 2.1.2 ประเภทของไลเคน | 4 |
| 2.1.3 ลักษณะโครงสร้างและรูปร่างของไลเคน | 6 |
| 2.1.4 การขยายพันธุ์ของไลเคน | 7 |
| 2.1.5 วงจรชีวิตของไลเคน | 8 |
| 2.1.6 ประโยชน์ของไลเคน | 8 |
| 2.2 ไลเคนดัชนีคุณภาพอากาศ | 10 |
| 2.2.1 คุณสมบติของการเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของไลเคน | 11 |
| 2.2.2 ข้อดีและข้อจำกัดของการใช้ไลเคนตรวจสอบคุณภาพอากาศ | 11 |
| 2.3 ไลเคนในเขตกรุงเทพมหานคร | 12 |
| 2.3.1 กลุ่มทนทานสูง | 13 |
| 2.3.2 กลุ่มทนทาน | 15 |
| 2.3.3 กลุ่มอากาศดี | 22 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ(ต่อ)


หน้า

2.4 ออกไซด์ของไนโตรเจน ..... 24
2.4.1 แหล่งและปฏิกิริยาของออกไซด์ของไนโตรเจน ..... 24
2.4.2 ผลกระทบของไนโตรเจนออกไซด์ต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ..... 28
2.4.3 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปของก๊าซไนโตรเจน-ไดออกไซด์ ..... 29
2.5 ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ..... 30
2.5.1 แหล่งกำเนิดของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ..... 31
2.5.2 ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อม ..... 33
2.5.3 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปของก๊าซซัลเฟอร์-ไดออกไซด์ ..... 34
2.5.4 ข้อมูลระดับของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในกรุงเทพมหานคร ..... 36
2.6 วิธีเก็บตัวอย่างแบบพาสสีฟ ..... 36
2.6.1 หลักการ ..... 37
2.6.2 ข้อดีและข้อจำกัดของการเก็บตัวอย่างแบบพาสสีฟ ..... 39
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 39
2.7.1 สุธีรา พฤกษากร (2550) ..... 39
2.7.2 รำพรวน กันเจิม (2552) ..... 40
2.7.3 เวชศาสตร์ พลเยี่ยม และคณะ (2552) ..... 40
2.7.4 อมรรัตน์ พิทักษ์พงษ์ (2552) ..... 41
2.7.5 ชุมพล สานแดง และคณะ (2554) ..... 41
2.7.6 จันทร์พิมพ์ สังขนารอด และคณะ (2555) ..... 42
2.7.7 พล งามสวัสดิ์วงศ์ และคณะ (2558) ..... 42
2.7.8 Lindsay Seed *et al*. (2013) ..... 43
**บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย** ..... 44
3.1 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง ..... 44
3.1.1 ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมรอบบริเวณที่ศึกษาและเก็บตัวอย่างอากาศ ..... 46


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า


3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ ..... 48
3.3 สารเคมี ..... 48
3.4 วิธีการทดลอง ..... 49
3.4.1 การสำรวจไลเคนในจุดเก็บตัวอย่าง ..... 49
3.4.2 การเตรียมอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างอากาศ ..... 49
3.4.3 การเตรียมตัวกลางดูดซับ ..... 49
3.4.4 การติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบพาสสีฟ ..... 50
3.4.5 การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์ ..... 51
3.4.6 การทำกราฟมาตรฐาน ..... 51
3.4.7 การวิเคราะห์ซัลเฟตไอออนโดยเครื่องไอออนโครมาโทกราฟ ..... 52
3.4.8 การทำความสะอาดเครื่องแก้ว ..... 52
3.4.9 การวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ..... 53
3.4.9.1 วัดเส้นรอบวงของต้นไม้ ..... 53
3.4.9.2 ค่าพีเอชของเปลือกไม้ ..... 53
3.4.9.3 วัดค่าความเข้มแสง ..... 53
3.4.9.4 อุณหภูมิ ..... 53
3.4.9.5 ความชื้นสัมพัทธ์ ..... 53
3.4.9.6 ปริมาณน้ำฝน ..... 53
3.4.10 การวิเคราะห์ข้อมูล ..... 53
3.4.10.1 การคำนวณหาความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ..... 53
3.4.10.2 การคำนวณหาความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ ..... 54
3.4.10.3 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์กับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ ..... 55
3.4.10.4 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์โดยวิธีทางสถิติ ..... 55
**บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล** ..... 56


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1 การศึกษาชนิดของไลเคนและปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ..... 56
4.1.1 ชนิดของไลเคน ..... 56
4.2 พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดไลเคนรอบบริเวณที่ทำการศึกษาและเก็บตัวอย่าง ..... 63
4.2.1 ลักษณะของเปลือกไม้ ..... 65
4.2.2 เส้นรอบวงของต้นไม้ ..... 65
4.2.3 พีเอชของเปลือกไม้ ..... 66
4.2.4 ความเข้มแสง ..... 66
4.2.5 อุณหภูมิ ..... 67
4.2.6 ความชื้นสัมพัทธ์ ..... 68
4.2.7 ปริมาณน้ำฝน ..... 69
4.3 การหาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศด้วยวิธีพาสสีฟ ..... 70
4.4 การหาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศด้วยวิธีพาสสีฟ ..... 71
4.5 การเปรียบเทียบไลเคนที่พบกับปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์-ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ..... 76
4.6 การเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์กับมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ..... 76
4.7 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ..... 77
4.8 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ..... 78
**บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ** ..... 80
5.1 สรุปผลการวิจัย ..... 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.1.1 การศึกษานิดของไลเคนและปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมบริเวณ
ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ..... 80
5.1.2 การหาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซ
ไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศด้วยวิธีพาสสีฟ ..... 80
5.1.3 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซ
ไนโตรเจนไดออกไซด์ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ..... 80
5.2 ข้อเสนอแนะ ..... 81
เอกสารอ้างอิง ..... 82
ภาคผนวก ..... 87
ภาคผนวก ก เครื่องไอออนโครมาโทกราฟ ..... 88
ภาคผนวก ข โครมาโทแกรม ..... 93
ภาคผนวก ค การคำนวณความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจน-
ไดออกไซด์ในอากาศ ..... 97
ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์หาความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ
ด้วยวิธีพาสสีฟ ..... 103
ภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์หาความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศ
ด้วยวิธีพาสสีฟ ..... 114
ภาคผนวก ฉ พารามิเตอร์ต่างๆของช่วยระยะเวลาที่ทำการทดลองและเก็บตัวอย่างอากาศ
แบบพาสสีฟ ..... 125
ภาคผนวก ช การลงพื้นที่ ณ ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ..... 132

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | หน้า |
|---|---|
| 2.1 การแบ่งกลุ่มตามความสามารถในการทนมลภาวะของอากาศ | 12 |
| 2.2 การประเมินคุณภาพอากาศโดยใช้ไลเคน | 24 |
| 2.3 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ | 29 |
| 2.4 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ | 29 |
| 2.5 ผลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อมนุษย์ | 33 |
| 2.6 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ | 34 |
| 2.7 ค่ามาตรฐานของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ | 35 |
| 2.8 ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในกรุงเทพมหานครปี 2558 | 36 |
| 3.1 จุดเก็บตัวอย่างและสำรวจไลเคน | 44 |
| 3.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐานซัลเฟต | 51 |
| 3.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐานไนเทรต | 52 |
| 4.1 รายชื่อชนิดของไลเคนที่พบทั้งหมด | 56 |
| 4.2 ชนิดของไลเคนที่พบในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด | 57 |
| 4.3 ปริมาณไลเคนที่พบในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด (ในหน่วย Thallus) | 58 |
| 4.4 การเปรียบเทียบชนิดของไลเคน | 59 |
| 4.5 ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ | 61 |
| 4.6 พารามิเตอร์ที่วัดได้กับบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง | 64 |
| 4.7 เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด | 77 |
| 4.8 การวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด | 77 |
| 4.9 เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด | 78 |
| 4.10 การวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด | 79 |
| ก.1 สภาวะของเครื่องไอออนโครมาโทกราฟที่ใช้ | 91 |
| ค.1 การคำนวณหาความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ | 97 |
| ค.2 การคำนวณหาความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศ | 99 |
| ง.1 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ กลางเดือนมกราคม 2559 | 103 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง(ต่อ)


| ตารางที่ | หน้า |
|---|---|
| ง.2 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ปลายเดือนมกราคม 2559 | 104 |
| ง.3 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ต้นเดือนกุมภาพันธ์ 2559 | 105 |
| ง.4 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ กลางเดือนกุมภาพันธ์ 2559 | 106 |
| ง.5 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ปลายเดือนกุมภาพันธ์ 2559 | 107 |
| ง.6 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ต้นเดือนมีนาคม 2559 | 108 |
| ง.7 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ กลางเดือนมีนาคม 2559 | 109 |
| ง.8 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ปลายเดือนมีนาคม 2559 | 110 |
| ง.9 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เดือนมกราคม 2559 | 111 |
| ง.10 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เดือนกุมภาพันธ์ 2559 | 112 |
| ง.11 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เดือนมีนาคม 2559 | 113 |
| จ.1 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ กลางเดือนมกราคม 2559 | 114 |
| จ.2 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ปลายเดือนมกราคม 2559 | 115 |
| จ.3 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ต้นเดือนกุมภาพันธ์ 2559 | 116 |
| จ.4 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ กลางเดือนกุมภาพันธ์ 2559 | 117 |
| จ.5 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ปลายเดือนกุมภาพันธ์ 2559 | 118 |
| จ.6 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ต้นเดือนมีนาคม 2559 | 119 |
| จ.7 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ กลางเดือนมีนาคม 2559 | 120 |
| จ.8 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ปลายเดือนมีนาคม 2559 | 121 |
| จ.9 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ เดือนมกราคม 2559 | 122 |
| จ.10 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ เดือนกุมภาพันธ์ 2559 | 123 |
| จ.11 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ เดือนมีนาคม 2559 | 124 |
| ฉ.1 พารามิเตอร์ของช่วงระยะเวลาที่ทำการทดลอง เดือนมกราคม 2559 | 125 |
| ฉ.2 พารามิเตอร์ของช่วงระยะเวลาที่ทำการทดลอง เดือนกุมภาพันธ์ 2559 | 126 |
| ฉ.3 พารามิเตอร์ของช่วงระยะเวลาที่ทำการทดลอง เดือนมีนาคม 2559 | 127 |
| ฉ.4 ค่าอุณหภูมิ ความดันบรรยากาศ และค่าความเข้มแสงของจุดเก็บตัวอย่างเดือนมกราคม 2559 | 128 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง (ต่อ)


| ตารางที่ | หน้า |
|---|---|
| ฉ.5 ค่าอุณหภูมิ ความดันบรรยากาศ และค่าความเข้มแสงของจุดเก็บตัวอย่างเดือนกุมภาพันธ์ 2559 | 129 |
| ฉ.6 ค่าอุณหภูมิ ความดันบรรยากาศ และค่าความเข้มแสงของจุดเก็บตัวอย่างเดือนมีนาคม 2559 | 130 |
| ฉ.7 ค่าพีเอชเปลือกไม้ (Bark pH) และเส้นรอบวงต้นไม้ของจุดเก็บตัวอย่าง | 131 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 2.1 การเกิดไลเคน | 3 |
| 2.2 *Lecidella elaeochoma* | 5 |
| 2.3 โฟลิโอส ไลเคน | 5 |
| 2.4 *Ramalina leptocarpha* | 5 |
| 2.5 ไลเคนสปีชีส์ *Cladonia* | 6 |
| 2.6 ภาพตัดตามขวางแทลลัสของไลเคน | 6 |
| 2.7 ฟรุตติ้งบอดี้ (Fruiting body) | 7 |
| 2.8 โครงสร้างของไลเคนที่มีทั้งราและสาหร่ายอยู่ด้วยกันเป็นการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ | 7 |
| 2.9 วงจรชีวิตของไลเคน | 8 |
| 2.10 ไลเคนชนิด *Amandinea extunata* วงศ์ *Physciaceae* | 13 |
| 2.11 ไลเคนชนิด *Trypethelium* วงศ์ Trypetheliaceae (ร้อยรู) | 14 |
| 2.12 ไลเคนชนิด *Pyxine cocoes* วงศ์ Physciaceae (หัตถ์ทศกัณฑ์กุมน้ำแข็ง) | 15 |
| 2.13 ไลเคนชนิด *Anthracothecium* วงศ์ Pyrenulaceae (สิวหัวช้างจิ๋ว) | 15 |
| 2.14 ไลเคนชนิด *Dirinaria* วงศ์ Physciaceae (ริ้วแพร) | 16 |
| 2.15 ไลเคนชนิด *Graphid* วงศ์ Graphidaceae (ลายเส้น) | 16 |
| 2.16 ไลเคนชนิด *Lecanora* วงศ์ Lecanoraceae (ร้อยเหรียญ) | 17 |
| 2.17 ไลเคนชนิด *Rinodina* วงศ์ Physciaceae (ธิดามะกอกดำ) | 18 |
| 2.18 ไลเคนชนิด *Arthonia* วงศ์ Arthoniaceae (หลังตุ๊กแก) | 18 |
| 2.19 ไลเคนชนิด *Bacidia&Caloplaca* วงศ์ Bacidiaceae&Teloschistaceae (โดรายากิ) | 19 |
| 2.20 ไลเคนชนิด *Laurera benguelensis* วงศ์ Trypetheliaceae (ไหทองโรยขมิ้น) | 19 |
| 2.21 ไลเคนชนิด *Trypethelium* วงศ์ Trypetheliaceae (พริกไทยร้อยเม็ด) | 20 |
| 2.22 ไลเคนชนิด (ก) *Glyphis* (สาคูถั่วดำ) และ (ข) *Sacographa* (บุ้งขนเทา) | 21 |
| 2.23 ไลเคนชนิด *Physcia dimidiate* วงศ์ Physciaceae (สาวน้อยกระโปรงบานบางกอก) | 21 |
| 2.24 ไลเคนชนิด *Chrysothrix* วงศ์ Chrysothricaceae (แป้งมณโฑ) | 22 |
| 2.25 ไลเคนชนิด *Parmotrema tinctorum* วงศ์ Parmeliaceae (ผักกาดหน่อแท่ง) | 23 |
| 2.26 ไลเคนชนิด *Parmotrema praesorediosum* วงศ์ Parmeliaceae (ผักกาดหน่อฟอง) | 23 |
| 2.27 กลไกระหว่างไฮดรอกไซด์กับออกไซด์ของไนโตรเจน | 26 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป (ต่อ)


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 2.28 ปฏิกิริยาระหว่างโอโซนกับออกไซด์ของไนโตรเจน | 27 |
| 2.29 วัฏจักรซัลเฟอร์ (Sulfur Cycle) | 32 |
| 2.30 กลไกการแพร่ของอากาศ | 37 |
| 2.31 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบพาสสีพ | 37 |
| 3.1 จุดเก็บตัวอย่างและสำรวจไลเคน | 47 |
| 3.2 ตำแหน่งของกริดเฟรมสำหรับสำรวจไลเคน | 49 |
| 3.3 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบพาสสีพ | 50 |
| 4.1 ชนิดของไลเคนที่พบทั้งหมด | 62 |
| 4.2 เส้นรอบวงของต้นไม้ในบริเวณจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด | 65 |
| 4.3 ค่าพีเอชของเปลือกไม้ในบริเวณจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด | 66 |
| 4.4 ความเข้มแสงเฉลี่ยระหว่างจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด | 67 |
| 4.5 อุณหภูมิเฉลี่ยของเดือนมกราคม เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2559 | 68 |
| 4.6 ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของเดือนมกราคม เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2559 | 69 |
| 4.7 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของเดือนมกราคม เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2559 | 69 |
| 4.8 ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ย($ppb_v$) ของจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ในเดือนมกราคม เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2559 | 73 |
| 4.9 ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ย ($mg/m^3$) ของจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ในเดือนมกราคม เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม พ.ศ2559 | 74 |
| 4.10 ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ย ($ppb_v$) ของจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ในเดือนมกราคม เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2559 | 75 |
| ก.1 ส่วนประกอบของเครื่องมือไอออนโครมาโทกราฟี | 90 |
| ข.1 โครมาโทแกรม Trip Blank | 93 |
| ข.2 กราฟมาตรฐานของมาตรฐานสารละลายซัลเฟต | 94 |
| ข.3 กราฟมาตรฐานของมาตรฐานสารละลายไนเทรต | 95 |
| ข.4 ตัวอย่างโครมาโทแกรม ณ จุดเก็บตัวอย่าง ถนนบางนาตราดของสารละลายมาตรฐานแอนไอออน 2 ชนิดที่วิเคราะห์โดยเครื่องไอออนโครมาโทกราฟ | 96 |
| ค.1 กราฟมาตรฐานของมาตรฐานสารละลายซัลเฟต | 101 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป (ต่อ)


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| ค.2 กราฟมาตรฐานของมาตรฐานสารละลายไนเทรต | 102 |
| ช.1 การเก็บตัวอย่างอากาศ ณ ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ | 132 |
| ช.2 การสำรวจไลเคน | 133 |
| ช.3 การตรวจวัดพารามิเตอร์ต่างๆ | 134 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สัญลักษณ์

| คำย่อ/สัญลักษณ์ | คำอธิบาย |
|---|---|
| TEA | ไตรเอทาโนลามีน |
| sp. | สปีชีส์ (species) |
| kPa | กิโลปาสคาล |
| $\mu g/m^3$ | ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร |
| $mol\ m^{-2}\ s^{-1}$ | โมลต่อตารางเมตรต่อวินาที |
| $m^2\ s^{-1}$ | ตารางเมตรต่อวินาที |
| $mol\ m^{-3}$ | โมลต่อลูกบาศก์เมตร |
| mol | โมล |
| S | วินาที |
| M | เมตร |
| mL | มิลลิเมตร |
| mM | มิลลิโมลาร์ |
| µg | ไมโครกรัม |
| µL | ไมโครลิตร |
| ppm | ส่วนในล้านส่วน |
| $ppb_v$ | ส่วนในพันล้านส่วนโดยปริมาตร |
| N | ละติจูด (Latitude) |
| E | ลองจิจูด (Longitude) |
| MSL | ระดับน้ำทะเลปานกลาง (Mean sea level) |
| $^0C$ | องศาเซลเซียส |
| %w/w | ร้อยละโดยมวล |
| พ.ศ. | พุทธศักราช |
| มก./ลบ.ม. | มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร |
| รนก. | ระดับน้ำทะเลปานกลาง |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

มลพิษทางอากาศ เป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญปัญหาหนึ่ง โดยเฉพาะในกรุงเทพมหานครและเขตปริมณฑล ซึ่งปัญหาดังกล่าวมีผลเชื่อมโยงกับการเกิดสภาวะโลกร้อน (รอบคอบ, 2554) เนื่องมาจากการเจริญเติบโตของภาคอุตสาหกรรม การเพิ่มจำนวนของประชากรอย่างรวดเร็ว รวมทั้งจำนวนยานพาหนะที่เพิ่มปริมาณขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศถือเป็นปัญหาทางสิ่งแวดล้อมในระดับสากล ที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการควบคุมและป้องกัน เช่นเดียวกับบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ซึ่งเป็นศูนย์กลางของการคมนาคม สารมลพิษทางอากาศที่เป็นปัญหาสำคัญได้แก่ ฝุ่นละออง และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ รวมถึงก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ($NO_2$) (วนิดา, 2551) ซึ่งมลพิษเหล่านี้นอกจากจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนโดยตรงแล้ว ยังส่งผลต่อคุณภาพอากาศของโลก เช่น การทำลายชั้นโอโซน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลก เป็นต้น ในปัจจุบันมีการศึกษาวิจัยในด้านผลกระทบจากมลพิษทางอากาศหลายวิธี เช่น เครื่องตรวจวัดอากาศเพื่อวิเคราะห์ทางเคมี เรดาร์ตรวจอากาศ เป็นต้น แต่เนื่องจากอุปกรณ์ดังกล่าวมีราคาสูง เทคนิคการใช้ตัวชี้วัดทางชีวภาพ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่นำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งไลเคนถือเป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพที่ได้รับความนิยม เนื่องจากเป็นสิ่งมีชีวิตที่อ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ (บุญยืน, 2556) ดังนั้นเมื่อมลพิษของอากาศเกิดขึ้น ย่อมเกิดการเปลี่ยนแปลงต่อชนิดและปริมาณของไลเคน ข้อดีของวิธีนี้ คือ ประหยัดและค่อนข้างรวดเร็ว การตรวจพบไลเคนจึงสามารถบ่งบอกถึงภาพรวมของคุณภาพอากาศในพื้นที่โดยรอบของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิได้

งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไลเคนกับปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ โดยทำการเก็บตัวอย่างอากาศแบบพาสสีพ เพื่อวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซดังกล่าวในแต่ละจุดที่ตรวจพบไลเคน เนื่องจากเทคนิคนี้มีต้นทุนต่ำและปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งสามารถใช้ตรวจวัดมลสารได้ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) เพื่อศึกษาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ($NO_2$) ในบรรยากาศบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2559

2) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไลเคนกับปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ($NO_2$) ที่มีอยู่ในบรรยากาศบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) เพื่อเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ($NO_2$) กับมาตรฐานคุณภาพอากาศ

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1) การศึกษามลพิษทางอากาศที่เกิดจากความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ($NO_2$) ที่อยู่ในอากาศ โดยใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไลเคน ได้ทำการศึกษาในเขตบริเวณสนามบินสุวรรณภูมิ ทั้งหมด 5 จุด

2) ใช้วิธีการเก็บอากาศแบบพาสสีพ

3) เก็บตัวอย่างเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 8 ครั้ง ตั้งแต่ช่วงเดือนมกราคม ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2559

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ทราบถึงปริมาณของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ($NO_2$) เฉลี่ย 24 ชั่วโมงในบรรยากาศบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

2) เพื่อทราบถึงผลกระทบของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ($NO_2$) ที่มีผลต่อชนิดของไลเคนในบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

3) สามารถเปรียบเทียบปริมาณของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) กับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ไลเคน (Lichen)

ไลเคน (Lichen) คือ สิ่งมีชีวิต 2 ชนิด ซึ่งได้แก่ รา (Fungi) สาหร่าย (Algae) โดยมีการอยู่ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัยกัน (Symbiosis หรือ Mutalism) ราจะได้รับความชื้นและก๊าซออกซิเจนจากสาหร่าย ส่วนสาหร่ายก็จะได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสงจากรา เกิดเป็นสิ่งมีชีวิตหน่วยใหม่ขึ้นมาที่มีการประสานกันในทางโครงสร้าง (Structure) และระบบสรีระ (Physiology) เป็นหนึ่งเดียวกัน

ไลเคน เกิดจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของราและสาหร่าย ราที่สัมพันธ์อยู่กับไลเคนไม่สามารถเจริญเติบโตอยู่อย่างอิสระตามธรรมชาติ จำเป็นต้องอาศัยอยู่กับสาหร่ายเท่านั้น ส่วนสาหร่ายที่พบในไลเคน ส่วนใหญ่ คือ *Trebouxia* sp. ไม่พบอยู่อย่างอิสระตามธรรมชาติเช่นกัน ไลเคนในโลกนี้มีประมาณ 17,000 ชนิด ความหลากหลายของชนิดไลเคนมักเกิดจากราเป็นสำคัญ (กัณฑรีย์, 2544)

**รูปที่ 2.1 การเกิดไลเคน (หน่วยวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2559)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.1.1 การดำรงชีวิต**

สาหร่ายใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) จากบรรยากาศและน้ำ ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่อสร้างสารอินทรีย์ที่เป็นอาหารแล้วแบ่งให้รา ส่วนราช่วยรักษาความชื้นให้สาหร่ายและปกป้องสาหร่ายจากสภาพแวดล้อมที่รุนแรง เช่น แสงแดดจัดและความร้อน เนื่องจากข้อได้เปรียบของราและสาหร่ายเจริญด้วยกัน ไลเคนจึงสามารถเติบโตบนหินและที่แห้งแล้งมากได้ จึงเป็นสิ่งมีชีวิตแรกเริ่มที่เข้าครอบครองพื้นที่ ไลเคนจะเกิดขึ้นได้เมื่อสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของทั้งสองฝ่าย โดยทั่วไปจะไม่พบราจากไลเคนเติบโตอยู่อย่างอิสระตามธรรมชาติ แต่สามารถพบสาหร่ายเติบโตอยู่ได้เอง

ในต่างประเทศ มีการสำรวจและศึกษาไลเคนอย่างแพร่หลายมานานนับศตวรรษ จนถึงปัจจุบัน ส่วนในประเทศไทยเริ่มมีการสำรวจที่เกาะช้าง ในปี พ.ศ. 2453 โดยนักพฤกษาศาสตร์ชาวฟินแลนด์ หลังจากนั้นมีนักวิทยาศาสตร์ต่างประเทศเข้ามาศึกษาสำรวจอีกหลายครั้ง ตัวอย่างไลเคนเหล่านี้ถูกนำมาเก็บอยู่ในพิพิธภัณฑ์ต่างประเทศ ส่วนการศึกษาไลเคนของนักพฤกษาศาสตร์ชาวไทย เริ่มต้นอย่างจริงจัง เมื่อปี พ.ศ. 2537 และต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน ไลเคนที่เก็บรวบรวมได้มีประมาณ 20,000 ตัวอย่าง ประกอบด้วย 14 อันดับ 55 วงศ์ 127 สกุล และ 420 ชนิด ได้พบไลเคนชนิดใหม่ของโลก 7 ชนิด และอยู่ในระหว่างตีพิมพ์เผยแพร่อีก 32 ชนิด อย่างไรก็ตามคาดว่าน่าจะมีไลเคนมากกว่าเท่าที่มีรายงานการสำรวจไลเคนในประเทศไทย (กัณฑรีย์, 2544)

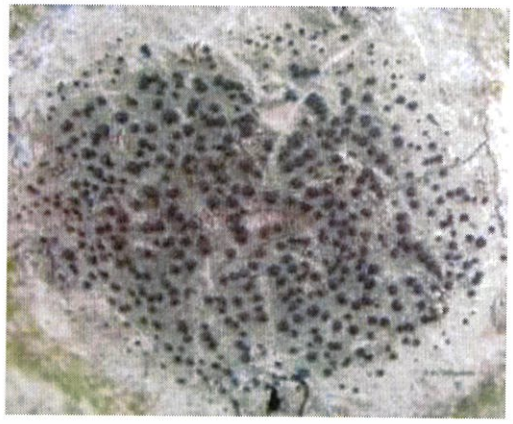
นักพฤกษาศาสตร์ประเมินว่ามีไลเคนประมาณ 17,000 - 25,000 ชนิดทั่วโลก ไลเคนพบได้ทั่วไป ตั้งแต่ที่หนาวจัดแถบขั้วโลก (Tunda) จนถึงร้อนและแห้งแล้งแบบทะเลทราย (Desert) รวมถึงร้อนชื้น (Tropic) เช่น ประเทศรัสเซีย ซิลี ไทย และบราซิล เป็นต้น (กรมป่าไม้, 2559) แต่ไลเคนบางชนิดไม่สามารถเติบโตได้ในสถานที่ที่มีมลภาวะทางอากาศ โดยจะเห็นได้ว่าในเมืองใหญ่ๆและในเขตอุตสาหกรรมนั้นจะไม่พบไลเคนเจริญเติบโต (กัณฑรีย์, 2550) ด้วยเหตุนี้จึงมีผู้นิยมใช้ไลเคนเป็นดัชนี (Bioindicator) บ่งชี้คุณภาพอากาศ นอกจากนี้ไลเคนยังสร้างธรรมชาติที่แตกต่างไปจากพืชชั้นสูง ซึ่งสารธรรมชาติจากไลเคนหลายชนิดถูกนำมาใช้ประโยชน์ อย่างกว้างขวางมาเป็นเวลานาน และยังมีอีกหลายชนิดที่มีศักยภาพในการนำมาใช้ประโยชน์ได้อีกมาก

**2.1.2 ประเภทของไลเคน**

ไลเคนแต่ละชนิดเกิดจากราชนิดหนึ่งจับคู่กับสาหร่ายอีกชนิดหนึ่งเท่านั้น ความหลากหลายของชนิดไลเคนขึ้นอยู่กับชนิดของราเป็นสำคัญ ราที่เป็นต้นกำเนิดไลเคนมีประมาณ 13,500 ชนิด ส่วนสาหร่ายในไลเคนมีประมาณ 100 ชนิด อยู่ใน 40 สกุลเท่านั้น ผลของการอยู่ร่วมกันของราและสาหร่ายทำให้เกิดโครงสร้างซึ่งมีลักษณะเฉพาะตัวของไลเคน เรียกว่า ทัลลัส (Thallus) สามารถแบ่งไลเคนออกเป็น 4 กลุ่ม คือ

**1) ครัสโตส (Crustose)** มีลักษณะคล้ายฝุ่นผงอัดตัวกันเป็นแผ่นบางๆติดอยู่ตามเปลือกไม้หรือหิน มีชั้นผิวชั้นบนด้านเดียว ส่วนด้านล่างแนบสนิทกับวัตถุที่เกาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 *Lecidella elaeochoma* (A.J. Silverside, 2016)

2) โฟลิโอส (Foliose) มีลักษณะคล้ายแผ่นใบบางๆ มีชั้นผิว 2 ด้าน ด้านบนสัมผัสอากาศ ส่วนด้านล่างมีส่วนที่คล้ายราก ที่เกิดจากเส้นใยของราเรียกว่า ไรซีน (Rhizine) ใช้เกาะกับวัตถุยึดติด

รูปที่ 2.3 โฟลิโอส ไลเคน (Jiri Bohdal, 2016)

3) ฟรูทติโคส (Fruticose) หรือพวกพุ่มกอ มีลักษณะเป็นกิ่งก้านหรือเส้นสาย คล้ายราก ฝอยกับรากแขนง แต่อยู่ในอากาศ

รูปที่ 2.4 *Ramalina leptocarpha* (W.P. Armstrong, 2016)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4) สะแควมูโลส (Squamulose)** มีลักษณะเป็นเกล็ดเล็กๆคล้ายเกล็ดปลา

รูปที่ 2.5 ไลเคนสปีชีส์ *Cladonia* (New Brunswick Museum, 2016)

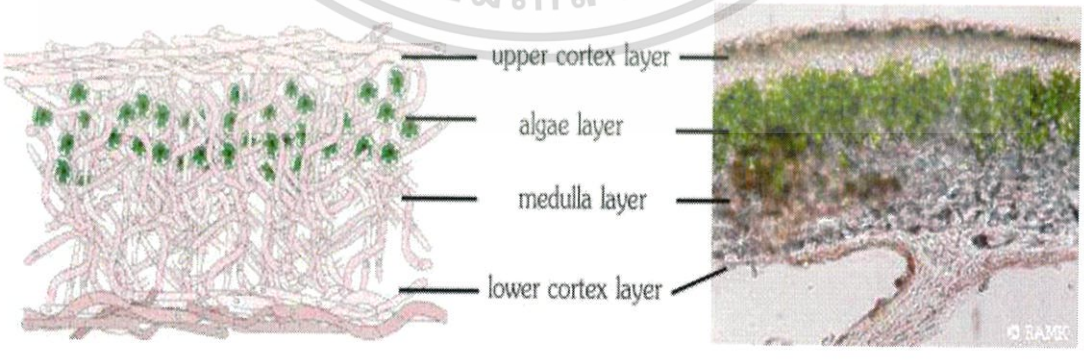
**2.1.3 ลักษณะโครงสร้างและรูปร่างของไลเคน**

เมื่อผ่าไลเคนตามขวางเพื่อดูโครงสร้างภายในทัลลัส จะเห็นได้ว่าประกอบขึ้นจากเส้นใยของรา ที่เรียกว่า ไฮฟี (Hyphae) กับสาหร่าย (หน่วยวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2559) ซึ่งประสานและเรียงตัวกันเป็น 3 ชั้น คือ

1) ชั้นคอร์เทกซ์ (Cortex) เป็นชั้นผิวนอกที่เกิดจากเส้นใยไฮฟีประสานตัวกันอย่างหนาแน่น

2) ชั้นเมดูลา (Medulla) เป็นบริเวณที่สาหร่ายอาศัยอยู่ โดยสาหร่ายจะถูกเส้นใยไฮฟีพันไว้โดยรอบ ชั้นเมดูลาเป็นชั้นที่หนาที่สุดของทัลลัส มีลักษณะเป็นเส้นใยไฮฟีประสานกันเป็นชั้นซึ่งมีความสามารถในการกักเก็บน้ำและธาตุอาหารต่างๆ

3) ชั้นโลเวอร์คอร์เทกซ์ (Lower cortex) เป็นชั้นผิวด้านล่างที่ประกอบด้วยเส้นใยของราประสานกันอย่างหนาแน่นและมีเส้นใยของราพัฒนาเป็นไรซีนใช้ยึดเกาะกับวัตถุ ไลเคนบางชนิดจะไม่มีชั้นนี้ และบางชนิดมีไรซีนอยู่ด้านล่าง ใช้ยึดเกาะกับพื้นผิวที่อาศัยอยู่




**รูปที่ 2.6 ภาพตัดตามขวางทัลลัสของไลเคน (ภาพด้านซ้ายคือภาพจำลองส่วนภาพด้านขวา คือภาพจริง) (หน่วยวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2559)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.1.4 การขยายพันธุ์ของไลเคน**

การขยายพันธุ์ของไลเคนเกิดขึ้นได้ 2 วิธี คือ

**1) แบบอาศัยเพศ (Sexual reproduction)** โดยการที่ราสร้างโครงสร้างที่เรียกว่า ฟรุตติ้งบอดี้ (Fruiting body) สำหรับขยายพันธุ์ (เปรียบเทียบได้กับผลไม้ของพืช) โครงสร้างนี้ประกอบด้วยแอโพธีเชีย (Apothecia) ซึ่งมีลักษณะคล้ายถ้วย จาน หรือคนโท ส่วนเพอริทีเชีย (Perithecia) มีลักษณะคล้ายภูเขาไฟหรือระฆังคว่ำ ภายในบรรจุสปอร์ เมื่อแอโพธีเชียหรือเพอริทีเชียแก่ สปอร์จะถูกปล่อยออกไป และแพร่ไปที่กระแสต่างๆด้วยกระแสลม น้ำ แมลงหรือพาหะอื่นๆ เมื่อตกถึงพื้นที่ที่เหมาะสม สปอร์ของราจะต้องพบกับสาหร่ายที่เหมาะสมจึงจะเติบโตเป็นไลเคนได้

แอโพทิเชียแบบจาน
(disc-like apothecia)

แอโพทิเชียแบบริมฝีปาก
(lirelate apothecia)

เพอริทิเชีย
(perithecia)

**รูปที่ 2.7 ฟรุตติ้งบอดี้ (หน่วยวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2559)**

**2) แบบไม่อาศัยเพศ (Asexual reproduction)** โดยการฉีกขาดของทัลลัส แล้วงอกเป็นไลเคนต่อไปหรือไลเคนสร้างโครงสร้างที่มีทั้งราและสาหร่ายอยู่ด้วยกัน มี 2 ลักษณะ คือ

**ไอซิเดีย (Isidia)** ลักษณะรูปแท่งคล้ายเข็มเล็กๆจำนวนมาก ซึ่งหักง่าย จะถูกพาไปยังที่ต่างๆด้วยวิธีเดียวกับสปอร์

**ซอริเดีย (Soredia)** ประกอบด้วยเส้นใยราและสาหร่ายที่ประสานกันอย่างหลวมๆอยู่ที่ผิวของไลเคน มีลักษณะคล้ายขนมถ้วยฟูเล็กๆ

ไอซิเดีย

ซอริเดีย

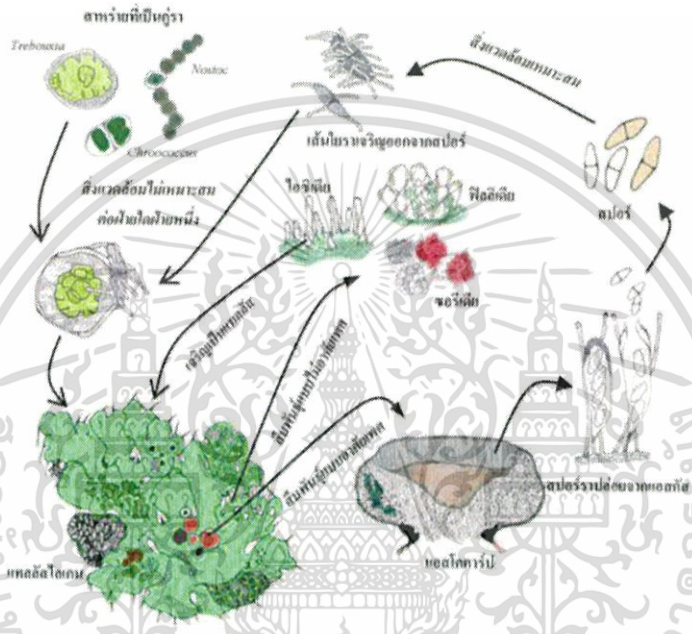
**รูปที่ 2.8 โครงสร้างของไลเคนที่มีทั้งราและสาหร่ายอยู่ด้วยกันเป็นการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (หน่วยวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2559)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศนี้ ส่วนที่หลุดออกไปสามารถเติบโตเป็นไลเคนตัวใหม่ได้ทันที เพราะมีทั้งราและสาหร่ายอยู่แล้ว แต่ต้องถูกพาไปยังที่ที่เหมาะสมจึงเติบโตได้

**2.1.5 วงจรชีวิต**

เมื่อราและสาหร่ายรวมตัวกันจนเกิดเป็นไลเคน พอถึงระยะหนึ่งไลเคนจะสร้างโครงสร้างสืบพันธุ์ ได้แก่ แอโพธิเซีย เพอริทีเซีย ไอซิเรีย ซอรีเดีย เป็นต้น ซึ่งโครงสร้างเหล่านี้จะเจริญต่อไปเป็นไลเคนทัลลัสใหม่ต่อไป




**รูปที่ 2.9 วงจรชีวิตของไลเคน (หน่วยวิจัยไลเคนมหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2559)**

**2.1.6 ประโยชน์ของไลเคน**

ไลเคนถูกนำมาใช้ประโยชน์ตั้งแต่ยุคอียิปต์โบราณจนถึงปัจจุบันในหลายๆด้าน (จิระศักดิ์, 2549 และ กัณฑรีย์, 2550) ดังนี้

**1) ด้านอาหาร**

ไลเคนไม่มีแป้งและเซลลูโลส (Cellulose) ที่แท้จริง แต่มีสารพวกไลเคนนิน (Lichenin) ที่ผนังเซลล์ของไฮฟีของรา ซึ่งนำมาเป็นอาหารได้ ในซีกโลกทางเหนือมีไลเคนสปีชีส์ *Cetraria islandica* หรือ iceland moss ซึ่งเมื่อนำมาผ่านกระบวนการที่กำจัดรสขมของสารไลเคนออกสามารถนำมาทำซุปหรือต้มกับนมรับประทานเป็นอาหารและยาช่วยย่อยได้ นอกจากนี้ยังใช้ป่นเป็นผงผสมแป้งทำขนมปังกรอบสำหรับนักเดินเรือ เรียกว่า "sea biscuit" ทำให้ขนมปังกรอบอยู่ทนทานไม่ถูกแมลงรบกวน ส่วนในฟินแลนด์นำไลเคนสปีชีส์ *Cladonia sp.* หรือ Reindeer moss ผสมกับแป้งไรน์ (Rye) ใช้ในการทำขนมปัง ในอินเดียใช้ไลเคนสปีชีส์ *Parmalia perlata* ซึ่งภาษาพื้นเมือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียกว่า "ราทาพู" (Rathapu) ผสมแกงกะหรี่ ในญี่ปุ่นใช้ไลเคนสปีชีส์ *Endocarpon (Dermatocarpon) miniatum* ซึ่งมีชื่อพื้นเมืองว่า "อิวาทาเกะ" (Iwataka) ในการทำอาหาร ชาวอิสราเอลใช้ไลเคนสปีชีส์ *Lecanora esculenta* ประกอบอาหารตามหลักศาสนา (Manna) และเรียกว่าเป็นขนมปังจากสวรรค์ (Bread from heaven) ส่วนพวกที่อาศัยอยู่ในทะเลทรายใช้ไลเคนชนิดนี้ผสมแป้งทำขนมปัง

**2) การหมักเครื่องดื่มแอลกอฮอล์**

มีการนำไลเคนสปีชีส์ *Lobaria pulmonaria* ที่เติบโตบนต้นสน มาหมักทำเบียร์แทนใบฮอพในไซบีเรีย ในคริสตวรรษที่ 19 มีการใช้ไลเคนในการทำเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เช่น ในสวีเดนใช้ไลเคนหลายชนิด ได้แก่ *Cladonia rangiferina, Cetraria islandica, Alectoria jubata, Physcia ciliaris, Ramalina fraxinea* และ *Usnea florida* เป็นต้น มาผ่านกรรมวิธีต่างๆเพื่อให้ได้ไลเคนนินเปลี่ยนเป็นน้ำตาลกลูโคส (Glucose) แล้วจึงหมักให้เป็นแอลกอฮอล์ ทำให้กลั่นเป็นบรั่นดีที่มีคุณภาพดี มีการตั้งโรงงานกลั่นสุราจากไลเคน แต่ต้องปิดกิจการไปในปี พ.ศ. 2427 เนื่องจากวัตถุดิบไม่เพียงพอ

**3) ด้านสมุนไพรและยา**

ชาวอียิปต์โบราณใช้ไลเคนเป็นส่วนประกอบของสมุนไพรและยา โดยในปี ค.ศ. 1864 มีการค้นพบโถที่บรรจุเมล็ดและส่วนของพืชต่างๆรวมทั้งไลเคนที่มีอายุประมาณ 1,700 - 1,800 ปีก่อนคริสตกาล ไลเคนที่พบ คือ *Evernia furfuracea* ไลเคนบางชนิดมีสารช่วยให้กล้ามเนื้อในกระเพาะอาหารเคลื่อนที่ อาจช่วยทำให้การย่อยอาหารดีขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นสารที่ทำให้ประสาทตื่นตัว (Nerve exctement) ได้ด้วย ในคริสตวรรษที่ 5 ชาวยุโรปนำไลเคนที่มีรสขม เช่น *Pertusaria amara* ถูกใช้แทนควินิน ไลเคนชนิดนี้เคยพบที่อุทยานแห่งชาติดอยขุนตาล จังหวัดลำปาง ในประเทศไทยมีการใช้ไลเคน "ฝอยลม" (*Usnea* spp.) เป็นยาสมุนไพรโบราณเช่นกัน

**4) พิษของไลเคน**

ไลเคนผลิตกรดอินทรีย์หลายชนิดซึ่งอาจมีรสเฝื่อน ไลเคนส่วนมากไม่มีพิษ แต่พบไลเคน 2 ชนิดที่มีพิษ คือ *Lethara vulpine* และ *Cetraria pinastri* ซึ่งชาวยุโรปเหนือใช้เบื่อสุนัขจิ้งจอก

**5) การฟอกย้อม**

คุณสมบัติในการเป็นแอสตรินเจนของไลเคนสปีชีส์ *Cetraria islandica* และ *Lobaria pulmonaria* ทำให้ถูกนำมาใช้ในการฟอกหนัง

**6) ไลเคนเป็นสีย้อม**

การใช้ไลเคนเป็นสีย้อมมีมาตั้งแต่สมัยอียิปต์โบราณ ไลเคนที่รู้จักกันดี คือ *Rocella tinctoria* และ *Rocella* spp.ให้สีออชิลล์ (Orchil) เป็นโทนสีม่วง ฝรั่งเศส และฮอลแลนด์ เป็นประเทศที่สกัดสีจากไลเคนและนำไปผลิตเป็นการค้า สีจากไลเคนสามารถใช้ย้อมเส้นใยจากสัตว์ เช่น ขนสัตว์และไหมได้ดี แต่ย้อมเส้นใยจากพืช เช่น ฝ้าย ไม้ได้ (กัณฑรีย์, 2550)

นอกจากนี้ยังมีไลเคนอีกหลายชนิดที่ให้สีย้อมต่างๆ เช่น

- *Lecanora tartarea, Parmelia saxatilis* ให้สีแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- *Parmelia omphalodes, Parmelia saxatilis* ให้สีน้ำตาล
- *Haematomma ventosum, Haematomma occineum* ให้สีน้ำตาลแดง
- *Xanthoria parietina, Cetraria funlperium, Pertusaria melaleuca* และ *Usnea barbata* ให้สีเหลือง
- *Candellariella vutellina* และ *Xanthoria lychnea* ให้สีเหลืองเช่นกัน ซึ่งใช้ย้อมเทียนในพิธีทางศาสนาในสวีเดน

กระดาษลิสมัสซึ่งใช้ทดสอบความเป็นกรดและด่างอย่างแพร่หลาย เตรียมจากสารที่ได้จากไลเคน โดยในสภาพที่เป็นกลางให้สีม่วง เมื่อเป็นกรดให้สีแดงและเป็นด่างให้สีน้ำเงิน

**7) ไลเคนในน้ำหอม**

ประเทศฝรั่งเศสใช้ไลเคนสปีชีส์ *Evernia prunastri* ซึ่งเรียกว่า oak moss ผสมในน้ำหอม เพื่อให้เกิดกลิ่นชื่นใจ และยังติดทนนาน โดยใช้สารสกัดจากไลเคนเหล่านี้ผสมกับกลิ่นอื่นๆ

**8) ไลเคนทำความสะอาดผม**

ในศตวรรษที่ 17 มีการใช้ผงจากไลเคนสปีชีส์ *Ramalina calciaris* ในการทำผมสะอาด ปราศจากรังแค

**9) การใช้ไลเคนบอกอายุหินและโบราณวัตถุ**

เมื่อผิวหน้าวัตถุใดๆเริ่มเปิดหรือสัมผัสอากาศ ไลเคนจะเข้าเกาะอาศัยและเติบโตมีขนาดเพิ่มขึ้นตามอายุ การติดตามตรวจวัดอัตราการเติบโตทำให้สามารถประเมินอายุของวัตถุนั้นได้ วิธีการนี้เรียกว่า "ไลเคนโนเมตริ" (Lichenometry) ใช้ประเมินอายุของหินและโบราณสถาน

**10) ไลเคนเป็นดัชนีบ่งบอกคุณภาพอากาศ**

จากการศึกษาพบว่า มลพิษมีผลต่อการดำรงชีวิต และการเจริญเติบโตของไลเคน ดังนั้นไลเคนจึงใช้เป็นดัชนีบ่งบอกคุณภาพอากาศอย่างแพร่หลายในยุโรปและทวีปอเมริกาเหนือ รวมทั้งในประเทศไทย ซึ่งมักพบไลเคนเจริญเติบโตบนลำต้นและกิ่งไม้ บนหิน ตามดินที่ชื้นในป่าและสวนผลไม้ (Boonpragob, 2004) ดังจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

## 2.2 ไลเคนดัชนีคุณภาพอากาศ (เสถียร, 2559)

ไลเคนเป็นทรัพยากรทางชีวภาพที่มีความสำคัญมีส่วนช่วยทำให้อากาศบริสุทธิ์ขึ้น โดยการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ ไลเคนมีหลายชนิดซึ่งมีความไวต่อสารมลพิษในอากาศ จึงสามารถใช้ในการประเมินคุณภาพอากาศและทำนายสภาพของป่าไม้ อีกทั้งใช้ประมาณอัตราการเปลี่ยนแปลงของป่าไม้ได้ด้วย

ไลเคนเป็นสิ่งมีชีวิตที่ไม่ทนทานต่อมลพิษทางอากาศ การหายไปหรือการปรากฏขึ้นของไลเคนบางชนิดรวมทั้งการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของไลเคน เช่น การเกิดการฟอกขาวของไลเคน เนื่องจากวิกฤตก๊าซมลพิษในอากาศ จึงสามารถใช้เป็นสัญญาณเตือนถึงการเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของคุณภาพอากาศได้ ไลเคนถูกใช้เป็นตัวบ่งชี้มลพิษทางอากาศที่แพร่หลายในประเทศแถบยุโรปและอเมริกา โดยมีวิธีมาตรฐานต่างๆในการใช้ไลเคนเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ

นอกจากนี้จำนวนประชากรสามารถสะท้อนถึงระดับของผลกระทบจากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ ซึ่งสัมพันธ์ผกผันกับความหลากชนิดและจำนวนของไลเคน โดยในเขตตัวเมืองที่มีประชากรหนาแน่น และพื้นที่ใกล้เขตอุตสาหกรรม จะพบความหลากชนิดและจำนวนของไลเคนลดลง ขณะที่เขตนอกตัวเมืองที่มีจำนวนประชากรน้อยกว่า พบความหลากชนิดของไลเคนเพิ่มขึ้น

**ข้อกำจัดของสภาพแวดล้อม** ดังนี้

1. สภาพแวดล้อมไม่เหมาะแก่การเจริญเติบโตของฝ่ายใดฝ่ายหนึ่ง
2. มีความแห้งแล้งและเปียกสลับกัน
3. มีที่ยึดเกาะ
4. มีสารอาหารน้อย

นักวิทยาศาสตร์บางท่านกล่าวว่า ไลเคน คือ ราที่มีวิวัฒนาการถึงขีดสุด เนื่องจากสามารถสังเคราะห์แสงได้ แต่ไลเคนไม่เหมือนราทั่วไป คือ ไม่เป็นกาฝากคอยดูดธาตุอาหารจากต้นไม้ที่เกาะอยู่ และยังไม่ก่อโรคให้ต้นไม้ที่เกาะอยู่อีกด้วย

**2.2.1 คุณสมบัติของการเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของไลเคน** (Verin Deutscher Ingenieure, 1995)

1) ไลเคนได้รับแร่ธาตุ สารอาหาร จากบรรยากาศโดยตรง

2) ไลเคนไม่มีแว๊กซ์ (Wax) และคิวทิเคิล (Cuticle) ช่วยปกป้องโครงสร้างภายในของไลเคน เช่นเดียวกับพืชชั้นสูงที่มีลักษณะคล้ายขี้ผึ้งเคลือบป้องกันอยู่ ถ้าอากาศมีมลพิษ สารพิษจะเข้าถึงไลเคนเพื่อทำอันตรายได้โดยตรง

3) ไลเคนไม่มีการผลัดใบต่างจากพืชทั่วไป จึงสะสมสารพิษไว้ได้

4) ในสภาพอากาศที่ชื้นไลเคนจะมีความอ่อนไหวต่อมลภาวะทางอากาศ เนื่องจากไลเคนมีการเพิ่มอัตราการทำงานของกระบวนการต่างๆภายในเซลล์

5) ไลเคนมีการทำงานของกระบวนการต่างๆภายในเซลล์ที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นไลเคนสามารถถูกรบกวนโดยมลพิษในฤดูหนาว

6) ไลเคนมีการเจริญเติบโตช้าและมีชีวิตยืนยาว สามารถสะสมสารพิษไว้ในทัลลัสและไม่สามารถขับออกมาได้ จึงสามารถบอกระดับปริมาณของสารพิษที่สะสมอยู่ในปัจจุบันได้

**2.2.2 ข้อดีและข้อจำกัดของการใช้ไลเคนตรวจสอบคุณภาพอากาศ**

ปัจจุบันหลายประเทศในยุโรปออกกฎระเบียบให้ใช้ไลเคนตรวจสอบคุณภาพอากาศควบคู่กับการใช้เครื่องตรวจวัดอากาศ เพราะแต่ละวิธีมีจุดอ่อน จุดแข็งแตกต่างกัน จึงสามารถเสริมกันได้ดี (มูลนิธิโลกสีเขียว, 2558)

**ข้อดี**

- ผลกระทบของมลภาวะต่อไลเคนปรากฏอยู่นาน จึงแสดงให้เห็นสภาพอากาศโดยรวมใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณนั้น แม้กิจกรรมที่สร้างมลภาวะจะไม่ได้เกิดขึ้นอยู่ในขณะที่ทำการสำรวจก็ตาม

- ไลเคนอ่อนไหวต่อมลพิษมากกว่ามนุษย์ การสำรวจไม่พบไลเคนจึงเป็นการเตือนภัยล่วงหน้า ก่อนจะเกิดเป็นปัญหารุนแรง
- มีราคาถูก เพราะอาศัยการสังเกตเท่านั้น จึงกำหนดจุดตรวจสอบได้มากกว่าการใช้เครื่องตรวจวัดอากาศ สามารถเห็นภาพสภาพอากาศในพื้นที่ได้ละเอียด

**ข้อจำกัด**

- ไม่สามารถระบุประเภทของมลภาวะได้ แต่สามารถใช้ดูเป็นภาพรวมคร่าวๆของมลภาวะทางอากาศ
- ไม่สามารถให้ค่ามาตรฐานได้
- ต้องอาศัยความรู้ความสามารถในการจำแนกชนิดพันธุ์
- ไลเคนแต่ละชนิดทนทานต่อมลพิษในอากาศไม่เท่ากัน

## 2.3 ไลเคนในเขตกรุงเทพมหานคร

นักชีววิทยาสำรวจพบไลเคนในเขตกรุงเทพมหานครประมาณ 30 ชนิด ซึ่งสามารถคัดเฉพาะตัวเด่นๆได้เพียง 17 ชนิด สามารถพบได้ทั่วไปในกรุงเทพมหานครและตามที่ราบลุ่มแถบนี้ โดยแบ่งกลุ่มตามความสามารถในการทนทานมลพิษในอากาศ ได้ดังตารางที่ 2.1

**ตารางที่ 2.1 การแบ่งกลุ่มตามความสามารถในการทนทานมลพิษในอากาศ**

| กลุ่ม | วงศ์ (Family) | ชนิด(Species) | ชื่อสามัญ |
|---|---|---|---|
| ทนทานสูง | Physciaceae | *Amandinea extunata* | ไฝพระอินทร์ |
| | | *Pyxine cocoes* | หัตถ์ทศกัณฑ์กุมน้ำแข็ง |
| | Trypetheliaceae | *Trypethelium eluteriae* | ร้อยรู |
| | Pyrenulaceae | *Anthracothecium* | สิวหัวช้างจิ๋ว |
| ทนทาน | Physciaceae | *Dirinaria* | ริ้วแพร |
| | | *Rinodina* | ธิดามะกอกดำ |
| | | *Physcia dimidiate* | สาวน้อยกระโปรงบานบางกอก |
| | | *Graphid* | ลายเส้น |
| | | *Glyphis & Sacographa* | กลุ่มลายเส้นผลรวม |
| | Graphidaceae | *Lecanora* | ร้อยเหรียญ |
| | | *Arthonia* | หลังตุ๊กแก |
| | | *Bacidia & Caloplaca* | โดรายากิ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.1 การแบ่งกลุ่มตามความสามารถในการทนทานมลพิษในอากาศ (ต่อ)**

| กลุ่ม | วงศ์ (Family) | ชนิด(Species) | ชื่อสามัญ |
|---|---|---|---|
| ทนทาน | | *Arthonia* | หลังตุ๊กแก |
| | Lecanoraceae | *Bacidia & Caloplaca* | โดรายากิ |
| | Arthoniaceae | | |
| | Bacidiaceae & | *Laurera benguelensis* | ไหทองโรยขมิ้น |
| | Teloschistaceae | *Trypethelium tropicum* | พริกไทยร้อยเม็ด |
| | Trypetheliaceae | *Chrysothrix* | แป้งมณโฑ |
| อากาศดี | Chrysothricaceae | *Parmotrema tinctorum* | ผักกาดหน่อแท่ง |
| | | *Pramotrema -* | ผักกาดหน่อฟอง |
| | Parmeliaceae | *praesorediosum* | |

(ที่มา : มูลนิธิโลกสีเขียว, 2558)

**2.3.1 กลุ่มทนทานสูง**

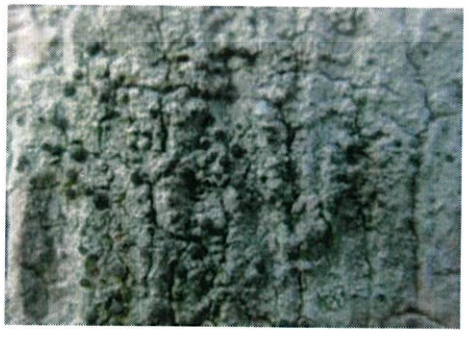
**1) ไฝพระอินทร์** ชนิด *Amandinea extunata* วงศ์ Physciaceae

ลักษณะเด่น

- ไลเคนประเภทดวงหรือผง มีสีเขียวขี้ม้า ผืนของไลเคนจะแตกเป็นร่องร่างแห
- มักแตกหน่อเป็นผงแป้ง
- ผลกลมนูนสีดำด้าน ดูเหมือนแปะลงผืนไลเคน (ไม่ฝังจมอย่างผลสิวหัวช้างจิ๋ว)

การกระจาย

พบมากในเขตเมือง รวมทั้งริมถนนใหญ่ และแหล่งมลภาวะอื่นๆรวมถึงพื้นที่เกษตรที่ใช้ปุ๋ยมากด้วย



**รูปที่ 2.10 ไลเคนชนิด *Amandinea extunata* วงศ์ Physciaceae (ไฝพระอินทร์)**
**(มูลนิธิโลกสีเขียว, 2558)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2) ร้อยรู** ชนิด *Trypethelium* วงศ์ Trypetheliaceae

ลักษณะเด่น

- ไลเคนประเภทดวงหรือผง มีสีเขียว ผิวเรียบมัน แต่บางครั้งอาจมีลักษณะยับย่น
- มีผลหลายผลเชื่อมรวมเป็นกลุ่มสีเหลือง จึงเห็นผลหนึ่งกลุ่มมีรูสปอร์หลายรู

การกระจาย

พบได้ทั่วไปทั้งในและนอกเมือง รวมทั้งบริเวณริมถนนใหญ่ แต่ผิวมักเกิดการฟอกขาวหรือมีสภาพหงิกย่น ผลจะมีสีออกน้ำตาลเข้มหรือสีดำคล้ำในที่ที่มีมลภาวะ พบขึ้นมากตามต้นนนทรีในเขตกรุงเทพมหานคร

**รูปที่** 2.11 ไลเคนชนิด *Trypethelium* วงศ์ Trypetheliaceae (ร้อยรู) (มูลนิธิโลกสีเขียว, 2558)

**3) หัตถ์ทศกัณฑ์กุมน้ำแข็ง** ชนิด *Pyxine cocoes* วงศ์ Physciaceae

ลักษณะเด่น

- ไลเคนประเภทใบ มีผืนใบสีเขียวเทา หรือสีเทาชีด ขึ้นยึดแน่นบนวัตถุที่เกาะ
- ปลายแผ่นใบมักเกยซ้อนทับกัน และมีลักษณะคล้ายฝ้าสีขาวหรือผลึกเกล็ดน้ำแข็งเกาะอยู่
- แตกหน่อเป็นผงแป้งตามขอบแขนงใบ
- ผลเป็นเมล็ดแบน กลม สีดำ แต่ไม่ค่อยพบออกผล

การกระจาย

พบได้ทั่วไปทั้งในและนอกเมือง รวมทั้งบริเวณริมถนนใหญ่ และจะพบขึ้นเยอะมากในพื้นที่เกษตรที่มีการใช้ปุ๋ยมาก ในที่ที่มีมลภาวะจะพบว่าริมแผ่นใบมักเกิดการฟอกขาวในเขตกรุงเทพมหานครไม่พบออกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 2.12 ไลเคนชนิด *Pyxine cocoes* วงศ์ Physciaceae (หัตถ์ทศกัณฑ์กุมน้ำแข็ง) (มูลนิธิโลกสีเขียว, 2558)**

**4) สิวหัวช้างจิ๋ว** ชนิด *Anthracothecium* วงศ์ Pyrenulaceae

ลักษณะเด่น

- ไลเคนประเภทดวงหรือผง เป็นแผ่นสีขาวเทา แตกระแหงเป็นร่องร่างแห
- ผลกลมนูนผุดขึ้นมาคล้ายภูเขาไฟกึ่งจมกึ่งโผล่ มีขนาดเล็กมาก สีน้ำตาลเข้ม หรือสีดำ เห็นรูสปอร์ตรงกลางได้ชัดเจน

การกระจาย

พบได้ทั่วไปทั้งในและนอกเมือง แต่สิวหัวช้างจิ๋วชนิดที่มีผลขนาดใหญ่มักพบได้ในที่ที่มีอากาศดี โดยเฉพาะในป่าดิบ

**รูปที่ 2.13 ไลเคนชนิด *Anthracothecium* วงศ์ Pyrenulaceae (สิวหัวช้างจิ๋ว) (มูลนิธิโลกสีเขียว, 2558)**

**2.3.2 กลุ่มทนทาน**

**1) ริ้วแพร** ชนิด *Dirinaria* วงศ์ Physciaceae

ลักษณะเด่น

- ไลเคนประเภทใบ มีสีเขียวเทาหรือสีเขียวตองอ่อน ขึ้นติดแน่นกับวัตถุที่เกาะ
- แขนงใบเบียดกันแน่น บีบนูนขึ้นเป็นลอน ดูคล้ายผ้าแพรย่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แตกหน่อเป็นกระจุกผงแป้งกลมๆ คล้ายขนมถ้วยฟู หรือดอกกะหล่ำ
- ผลสีน้ำตาลหรือสีดำ มีขอบสีเดียวกับผืนไลเคน แต่ไม่สร้างผลในเขตกรุงเทพมหานคร

การกระจาย

พบได้ทั่วไปทั้งในและนอกเมือง บางครั้งพบขึ้นใกล้ถนน

**รูปที่ 2.14 ไลเคนชนิด *Dirinaria* วงศ์ Physciaceae (ริ้วแพร) (ไลเคนบ้านเรา, 2558)**

**2) ลายเส้น** ชนิด *Graphid* วงศ์ Graphidaceae

ลักษณะเด่น

- ไลเคนประเภทดวงหรือผง ผืนดวงมักเป็นสีขาวเทา หรือสีเขียวมะกอก
- ผลมีลักษณะเหมือนลายเส้นสีดำหรือสีขาว ขอบผลยกเป็นสันดูคล้ายริมฝีปาก
- บางชนิดออกผลติดกันเป็นรูปแฉกหรือดาว บางชนิดที่พบในป่าเรียงตัวคล้ายอักษรจีน

การกระจาย

กระจายตัวเป็นกลุ่มใหญ่ มีมากมายหลายชนิด ขึ้นกระจายทั่วไป โดยเฉพาะในเขตร้อนพบได้ตั้งแต่ในป่าต่างๆรวมถึงสวนในเขตเมืองใหญ่ ความทนทานมลภาวะจะแตกต่างกันตามชนิด หลายชนิดทนทานและพบได้บ่อยในกรุงเทพมหานคร โดยเฉพาะบนต้นลีลาวดี (ลั่นทม)

**รูปที่ 2.15 ไลเคนชนิด *Graphid* วงศ์ Graphidaceae (ลายเส้น) (มูลนิธิโลกสีเขียว, 2558)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง


**3) ร้อยเหรียญ** ชนิด *Lecanora* วงศ์ Lecanoraceae

ลักษณะเด่น

- ไลเคนประเภทดวงหรือผง มีสีเขียวเทาหรือสีเทา

- ผลมีลักษณะกลมแบน มีสีน้ำตาลอ่อนหรือสีเขียวอ่อน มีขอบสีเดียวกับผืนไลเคน เป็นปุ่มๆ เหมือนสายลูกปัด และยกนูนสูงกว่าตัวผล จึงเห็นขอบได้ชัดเจน ดูคล้ายเหรียญสิบมาก มักออกผลเต็มผืนไลเคน

การกระจาย

พบทั่วไปทั้งในและนอกเมือง ไม่ค่อยพบผลสีเขียวในเขตกรุงเทพมหานคร

**รูปที่** 2.16 ไลเคนชนิด *Lecanora* วงศ์ Lecanoraceae (ร้อยเหรียญ) (มูลนิธิโลกสีเขียว, 2558)

**4) ธิดามะกอกดำ** ชนิด *Rinodina* วงศ์ Physciaceae

ลักษณะเด่น

- ไลเคนประเภทดวงหรือผง ผืนไลเคนมีสีเขียวมะกอกหรือสีเขียวขี้ม้า

- ผลมีลักษณะกลมแบน มีสีน้ำตาลเข้มถึงสีดำ ขอบสีเดียวกับผืนไลเคน ไม่ยกนูนสูงขึ้นมากนักจึงไม่เห็นชัดเจน

การกระจาย

พบได้ทั่วไป แต่เนื่องจากมีขนาดเล็กและสีกลมกลืนกับไลเคนอื่นๆ โดยเฉพาะเมื่อขึ้นอยู่ในดงไฝพระอินทร์ จึงทำให้สังเกตได้ยาก

149060

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 2.17 ไลเคนชนิด *Rinodina* วงศ์ Physciaceae (ธิดามะกอกดำ) (มูลนิธิโลกสีเขียว, 2558)**

**5) หลังตุ๊กแก** ชนิด *Arthonia* วงศ์ Arthoniaceae

ลักษณะเด่น

- ไลเคนประเภทดวงหรือผง ผืนไลเคนมีสีขาวเทา มักมีรอยแตกระแหงดูคล้ายนาแห้ง
- ผลมีรูปร่างไม่แน่นอน ที่พบในกรุงเทพมักมีลักษณะคล้ายร่องหนองน้ำสีดำ น้ำตาลถึงแดงเข้ม ดูคล้ายฟันกรามอุดยา

การกระจาย

พบได้ทั่วไป บางครั้งจะพบใกล้ถนน

**รูปที่ 2.18 ไลเคนชนิด *Arthonia* วงศ์ Arthoniaceae (หลังตุ๊กแก) (มูลนิธิโลกสีเขียว, 2558)**

**6) กลุ่มโดรายากิ** ชนิด *Bacidia & Caloplaca* วงศ์ Bacidiaceae & Teloschistaceae

ลักษณะเด่น

- ไลเคนประเภทดวงหรือผง มีสีขาวอมเทา สีเขียวตองอ่อน ถึงสีเขียวเข้ม
- มักแตกหน่อเป็นฟองหรือผงแป้ง ทำให้ผิวของผืนไลเคนดูขรุขระ
- ผลอวบเป่ง มีสีครีม หรือสีน้ำตาลอ่อนถึงเข้ม
- *Bacidia* ตอนเป็นผลอ่อน รูปร่างกลมแบน และเห็นขอบสีอ่อนชัดเจน เมื่อแก่ขึ้นผลจะเป่งขึ้นเรื่อยๆ จนกลมนูน รูปร่างเบี้ยวคล้ายเห็ดหูหนู และไม่เห็นขอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ผล *Caloplaca* เห็นขอบสีอ่อนได้ตลอด ตั้งแต่ผลอ่อนถึงผลแก่

การกระจาย

สามารถพบขึ้นนอกเขตเมืองมากกว่าในเมือง

**รูปที่** 2.19 ไลเคนชนิด *Bacidia & Caloplaca* วงศ์ Bacidiaceae & Teloschistaceae **(โดรายากิ) (มูลนิธิโลกสีเขียว, 2558)**

7) **ไหทองโรยขมิ้น** ชนิด *Laurera benguelensis* วงศ์ Trypetheliaceae

ลักษณะเด่น

- ไลเคนประเภทดวงหรือผง ในสภาพดี ผืนไลเคนจะเป็นสีเขียวและมักมีฝุ่นสีเหลืองถึงส้มเหมือนผงขมิ้นโรยหน้า จนบางครั้งเห็นเป็นสีเหลืองส้มทั้งผืน แต่ในบริเวณที่มีมลภาวะผืนไลเคนมักเกิดการฟอกขาว

- มักออกผลจำนวนมากติดแน่นกันทั้งผืน ตัวผลดูคล้ายกระปุกหรือไหกระเทียมดองสีเหลือง มีรูหนึ่งรูตรงกลาง

การกระจาย

สามารถพบขึ้นนอกเขตเมืองมากกว่าในเมือง

**รูปที่** 2.20 ไลเคนชนิด *Laurera benguelensis* วงศ์ Trypetheliaceae **(ไหทองโรยขมิ้น) (มูลนิธิโลกสีเขียว, 2558)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**8) พริกไทยร้อยเม็ด** ชนิด *Trypethelium tropicum* วงศ์ Trypetheliaceae

ลักษณะเด่น

- ไลเคนประเภทดวงหรือผง มีสีเขียวถึงสีเขียวขี้ม้า ผิวเรียบมัน แต่บางครั้งอาจดูเป็นลักษณะย่น

- ออกผลสีดำด้านคล้ายเมล็ดพริกไทยจำนวนมาก กระจายเป็นกองๆ ตัวผลมักเชื่อมติดกัน แต่ยังเห็นผลเดี่ยวๆ แต่ละผลมีหนึ่งรู เมื่อสปอร์แตกจะดูคล้ายเมล็ดพริกไทย

การกระจาย

สามารถพบขึ้นนอกเขตเมืองมากกว่าในเมือง

**รูปที่ 2.21 ไลเคนชนิด *Trypethelium tropicum* วงศ์ Trypetheliaceae (พริกไทยร้อยเม็ด) (มูลนิธิโลกสีเขียว, 2558)**

**9) กลุ่มลายเส้นผลรวม** ชนิด *Glyphis & Sacographa* วงศ์ Graphidaceae

ลักษณะเด่น

- ไลเคนประเภทดวงหรือผง

- ผลหลายผลเชื่อมรวมเป็นก้อนเดียวกัน ดูเผินๆคล้ายขนมเม็ดแมงลัก เมื่อส่องใกล้ๆจะเห็นรูสปอร์หลายรู

การกระจาย

เป็นไลเคนวงศ์เดียวกันกับพวกลายเส้น แต่ละชนิดอาจมีความทนทานต่อมลภาวะอากาศต่างกัน จากการสังเกตในเบื้องต้นพวกสาคูถั่วดำ (*Glyphis*) มักจะทนมลภาวะได้ค่อนข้างดี บางครั้งพบขึ้นใกล้ถนน ในขณะที่บุ้งขนเทา (*Sacographa*) จะอ่อนไหวกว่าและพบได้ง่ายนอกเมือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก)

(ข)

**รูปที่** 2.22 ไลเคนชนิด (ก) *Glyphis* **(สาคูถั่วดำ) และ (ข)** *Sacographa* **(บุ้งขนเทา) (มูลนิธิโลกสีเขียว, 2558)**

10) **สาวน้อยกระโปรงบานบางกอก** ชนิด *Physcia dimidiate* วงศ์ Physciaceae

ลักษณะเด่น

- ใบขนาดเล็ก ขอบใบหยักละเอียด มีลักษณะแผ่พลิ้วบานเหมือนระบายชายกระโปรง
- ตัวใบเผยอขึ้นมา ไม่แนบติดกับวัตถุที่เกาะอย่างหัตถ์ทศกัณฑ์กุมน้ำแข็งหรือริ้วแพร
- อาจเห็นรากเทียมเป็นเส้นเดียวสีขาวใกล้ขอบใบ
- แตกหน่อเป็นฟองผงแป้งจำนวนมากตรงกลางผืนไลเคน ดูเหมือนดอกกะหล่ำ
- ไม่พบออกผล

การกระจาย

มักจะพบในบริเวณที่ค่อนข้างชื้น ไลเคนสกุลนี้ส่วนใหญ่ไม่ทนต่อมลภาวะ แต่ชนิดที่พบในกรุงเทพมหานครจะเป็นชนิดที่ค่อนข้างทนทาน บางครั้งจะพบขึ้นใกล้ถนนใหญ่

**รูปที่** 2.23 **ไลเคนชนิด** *Physcia dimidiate* **วงศ์** Physciaceae **(สาวน้อยกระโปรงบานบางกอก) (มูลนิธิโลกสีเขียว, 2558)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

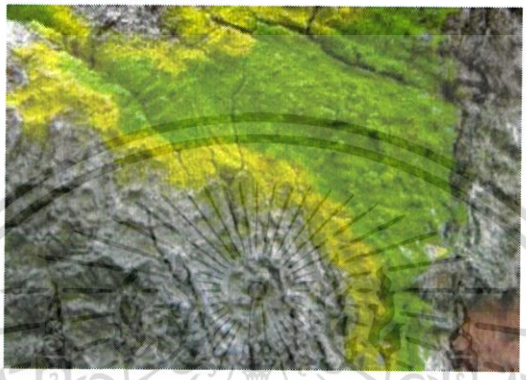
**11) แป้งมณโฑ** ชนิด *Chrysothrix* วงศ์ Chrysothricaceae

ลักษณะเด่น

- เป็นผงฝุ่นสีเขียวตองอ่อนสด บางครั้งมีสีเหลืองสด
- ไม่พบออกผล

การกระจาย

พบนอกเมืองมากกว่าในเมือง



**รูปที่** 2.24 ไลเคนชนิด *Chrysothrix* วงศ์ Chrysothricaceae (แป้งมณโฑ) (มูลนิธิโลกสีเขียว, 2558)

2.3.3 กลุ่มอากาศดี

**1) ผักกาดหน่อแท่ง** ชนิด *Parmotrema tinctorum* วงศ์ Parmeliaceae

ลักษณะเด่น

- ไลเคนประเภทใบขนาดใหญ่ มีสีเทาขาวหรือเขียวอมเทา ขอบใบโค้งมนคล้ายใบผักสลัดโอ๊คลีฟ
- ในเวลาที่แห้งหน้าใบของไลเคนจะมีสีเทา ส่วนในเวลาที่เปียกจะมีสีเขียว ใต้ใบมีสีน้ำตาลดำ
- แตกหน่อเป็นแท่งเล็กๆ ทั่วใบ
- ไม่พบออกผล

การกระจาย

พบได้ทั่วไปตามต้นไม้ สวน และป่าต่างๆ ถ้าสภาพอากาศดี มักพบขึ้นบนกิ่งไม้มากกว่าบริเวณลำต้นปัจจุบันไม่พบในเขตกรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่** 2.25 ไลเคนชนิด *Parmotrema tinctorum* วงศ์ Parmeliaceae (ผักกาดหน่อแท่ง) (มูลนิธิโลกสีเขียว, 2558)

2) **ผักกาดหน่อฟอง** ชนิด *Parmotrema praesorediosum* วงศ์ Parmeliaceae

ลักษณะเด่น

- ไลเคนประเภทใบขนาดใหญ่มีสีเทาขาวหรือเขียวอมเทา ขอบใบหยักเหมือนใบผักกาดหอม
- ในเวลาที่แห้งหน้าใบของไลเคนจะมีสีเทา ส่วนในเวลาที่เปียกจะมีสีเขียว ใต้ใบมีสีน้ำตาลดำ
- แตกหน่อเป็นฟองผงแป้งริมขอบใบ
- ไม่พบออกผล

การกระจาย

พบได้ทั่วไปตามต้นไม้ สวน และป่าต่างๆ ถ้าสภาพอากาศดี มักพบขึ้นบนกิ่งไม้มากกว่าบริเวณลำต้น ปัจจุบันไม่พบในเขตกรุงเทพมหานคร

**รูปที่** 2.26 ไลเคนชนิด *Parmotrema praesorediosum* วงศ์ Parmeliaceae (ผักกาดหน่อฟอง) (มูลนิธิโลกสีเขียว, 2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการประเมินคุณภาพอากาศโดยใช้ไลเคนที่มีการแบ่งกลุ่มตามความสามารถในการทนมลภาวะอากาศสามารถจำแนกกลุ่มได้ดังตารางที่ 2.2

**ตารางที่ 2.2 การประเมินคุณภาพอากาศโดยใช้ไลเคน**

| กลุ่มไลเคนที่พบ | คุณภาพอากาศ |
|---|---|
| พบกลุ่มอากาศดีทั่วไป : Fruticose และ/หรือ Squamulose | อากาศดี |
| พบกลุ่มทนทานมากที่สุด : Foliose | อากาศพอใช้ |
| พบกลุ่มทนทานสูงมากกว่ากลุ่มอื่น : Crustose > Foliose | อากาศแย่ |
| พบเฉพาะกลุ่มทนทานสูง : Crustose | อากาศแย่มาก |
| ไม่พบไลเคน | มีมลภาวะทางอากาศรุนแรง |

(ที่มา : มูลนิธิโลกสีเขียว, 2558)

## 2.4 ออกไซด์ของไนโตรเจน

ชนิดของออกไซด์ของไนโตรเจน ได้แก่ ไนตรัสออกไซด์ ($N_2O$), ไนตริกออกไซด์ (NO), ไนโตรเจนไดออกไซด์ ($NO_2$), ไดไนโตรเจนไดออกไซด์ ($N_2O_5$) และไนโตรเจนไตรออกไซด์ ($NO_3$) แต่ชนิดที่มักจะพบในบรรยากาศทั่วไปคือ ไนตรัสออกไซด์, ไนตริกออกไซด์ และไนโตรเจนออกไซด์ โดยเฉพาะไนตริกออกไซด์และไนโตรเจนออกไซด์ ซึ่งเกิดได้เองตามธรรมชาติ (Natural source) และจากการกระทำของมนุษย์ (Antropogenic source) นั้นพบว่าเป็นสารที่ว่องไวและจะทำปฏิกิริยาต่อในบรรยากาศและส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมในน้ำ อันก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพและความเป็นอยู่ของมนุษย์ (ศูนย์รวมตำราเรียนรามคำแหงบนโลกอินเทอร์เน็ตมหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2559)

**2.4.1 แหล่งและปฏิกิริยาของออกไซด์ของไนโตรเจน ($NO_x$)**

- **ไนตรัสออกไซด์ ($N_2O$)** เป็นก๊าซที่ว่องไวต่อปฏิกิริยาเกิดได้เองตามธรรมชาติโดยปฏิกิริยา Denitrification ของธาตุไนโตรเจนในรูปไนเทรตไอออนที่มีในดินที่มีออกซิเจนน้อย ดังสมการ

$$2NO_3^- + 2(CH_2O) + 2H_3O^+ \rightarrow N_2O + 2CO_2 + 5H_2O \qquad (2.25)$$

แล้วถูกปล่อยในชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ จากนั้นจะค่อยๆ เคลื่อนที่ต่อไปยังอากาศชั้นสตราโตสเฟียร์และเกิดโฟโตลิซิสต่อได้ที่ความสูงจากพื้นโลกมากกว่า 20 กิโลเมตร ได้เป็น 2 สมการต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$N_2O + h\nu \rightarrow NO + N \ (\lambda < 250\ nm) \qquad (2.26)$$

$$N_2O + h\nu \rightarrow N_2 + O \ (\lambda < 250\ nm) \qquad (2.27)$$

$N_2O$ สามารถที่จะเกิดปฏิกิริยาต่อกับอะตอมของออกซิเจนเกิดเป็นไนตริกออกไซด์ ดังสมการ

$$N_2O + O \rightarrow 2NO \qquad (2.28)$$

จากปฏิกิริยาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าไนตรัสออกไซด์จัดเป็นมลพิษปฐมภูมิโดยจะสามารถให้ไนตริกออกไซด์ที่เป็นสารมลพิษทุติยภูมิ แต่อย่างไรก็ตามปัจจุบันนักสิ่งแวดล้อมได้ให้ความสำคัญไนตรัสออกไซด์มากขึ้นเนื่องจากเป็นที่ทราบกันว่ามีผลต่อการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกด้วย เพราะสมบัติของตัวสารเองและเป็นออกไซด์ของไนโตรเจนที่มีความเข้มข้นสูงที่สุดในบรรยากาศ (0.3 ppm) โดยมีอัตราการปล่อยที่มีแนวโน้มในการเพิ่ม 0.3% ต่อปี

- **ไนตริกออกไซด์ (NO)** เป็นแก๊สที่ไม่มีสีและไม่เสถียรในบรรยากาศ จัดเป็นมลพิษทั้งประเภทปฐมภูมิและทุติยภูมิเกิดได้จากธรรมชาติและจากกิจกรรมมนุษย์ซึ่งมีการใช้เชื้อเพลิงในการเผาไหม้เพื่อใช้ในกระบวนการทางอุตสาหกรรม รวมถึงในเครื่องยนต์ต่างๆ กระบวนการเผาไหม้นี้เองที่ทำให้อุณหภูมิในบรรยากาศสูงขึ้น จึงเป็นเหตุให้แก๊สที่มีมากที่สุดในบรรยากาศ (79%) คือ ไนโตรเจนเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนในบรรยากาศ ดังสมการ

$$N_2 + O_2 \rightarrow 2NO \ (2000^{\circ}C) \qquad (2.29)$$

ลำดับประเภทเชื้อเพลิงที่ปล่อยไนตริกออกไซด์เรียงจากปริมาณมากไปน้อยได้ ดังนี้ ถ่านหิน > น้ำมันปิโตรเลียม > แก๊ส สำหรับจากธรรมชาติ นอกจากไนตรัสออกไซด์จะให้ไนตริกออกไซด์ พบว่า ฟ้าผ่าก็เป็นแหล่งกำเนิดหลักของไนตริกออกไซด์และเกิดปฏิกิริยาได้เหมือนกับการเผาไหม้เช่นกัน ไนตริกออกไซด์เป็นแก๊สที่ว่องไวจึงพบว่าหลังจากที่ถูกปล่อยในบรรยากาศได้ 4-6 วัน ก็จะถูกออกซิไดส์ต่อด้วยอะตอมของออกซิเจนหรือโอโซนแล้วให้ไนโตรเจนออกมาได้ ดังนี้

$$NO + O \text{ หรือ } O_3 \rightarrow NO_2 \qquad (2.30)$$

- **ไนโตรเจนไดออกไซด์ ($NO_2$)** เป็นแก๊สที่มีสีน้ำตาลปนแดงจัดเป็นมลพิษทั้งประเภทปฐมภูมิและทุติยภูมิ แหล่งที่มาจากทั้งธรรมชาติและการกระทำของมนุษย์ โดยพบว่าทั้งการเผาไหม้เชื้อเพลิงและจากฟ้าผ่าจะให้ไนโตรเจนไดออกไซด์ได้ ดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$N_2 + 2O_2 \rightarrow 2NO_2 \quad (2.31)$$

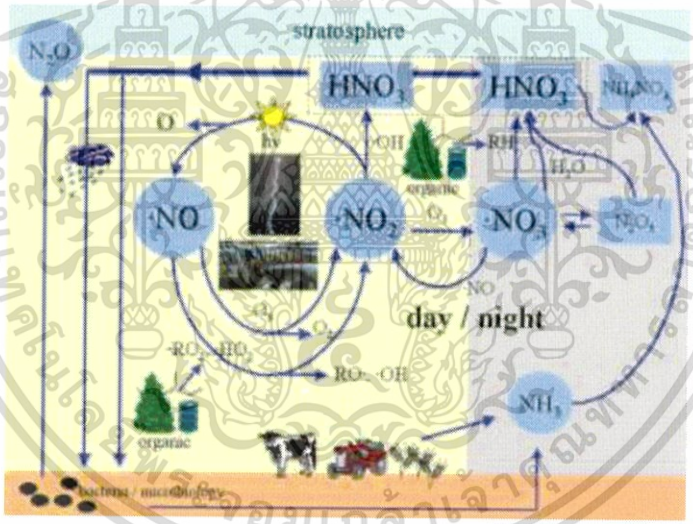
ไนโตรเจนไดออกไซด์จะให้กรดไนตริก โดยจะมีกลไกการเกิดในเวลากลางวันและกลางคืนที่ต่างกัน

**กลางวัน** $NO_2 + OH^{\circ} + M \rightarrow HNO_3 + M \quad (2.32)$

**กลางคืน** จะมีอนุมูลอิสระไนเตรทเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยและเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องจนได้เป็นกรดไนตริก ดังนี้

$$NO_3^{\circ} + NO_2 \leftrightarrow N_2O_5 \quad (2.33)$$

$$N_2O_5 + H_2O \rightarrow 2HNO_3 \quad (2.34)$$




รูปที่ 2.27 กลไกระหว่างไฮดรอกไซด์กับออกไซด์ของไนโตรเจน (Elmar, 2015)

กรดไนตริกจะถูกกำจัดให้ออกจากบรรยากาศได้ทั้งในรูปของเหลวหรือแห้งก็ได้ลงสู่พื้นโลก ในบางกรณีกรดไนตริกจะทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียซึ่งระเหยจากปัสสาวะของสัตว์และสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนได้เป็นสารประกอบแอมโมเนียไนเทรต ดังนี้

$$NH_3 + HNO_3 \rightarrow NH_4NO_3 \quad (2.35)$$

แอมโมเนียที่เกิดนี้จะถูกกำจัดจากบรรยากาศสู่พื้นโลกโดยอาจรวมตัวกับน้ำหรืออยู่ในรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอโรซอลที่เป็นของแข็ง

$NO_x$ โดยเฉพาะไนตริกออกไซด์เป็นสารเคมีเริ่มต้นหลักที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโฟโตเคมิคัลสม๊อกซึ่งก่อให้เกิดสารมัธยันต์ที่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพมนุษย์

สุดท้าย $NO_x$ จะกลายเป็นไนไทรต์หรือไนเทรตที่รวมกับอนุภาคมลพิษโดยเกิดผ่านบางปฏิกิริยาดังตัวอย่าง และแสดงดังรูปที่ 2.27

1. ออกซิเดชันโดยโอโซนคือ

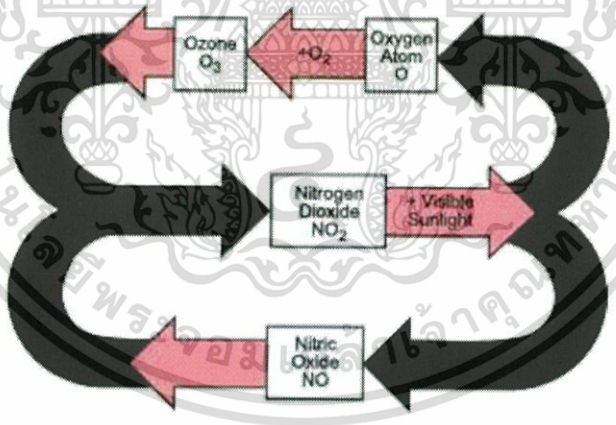
$$NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2 \quad (2.36)$$

$$NO_2 + O_3 \rightarrow NO_3 + O_2 \quad (3.37)$$

2. ปฏิกิริยากับแสง

$$NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2 + \Delta H \quad (2.38)$$

$$NO_2 + h\nu \rightarrow NO + O \quad (3.39)$$




**รูปที่ 2.28 ปฏิกิริยาระหว่างโอโซนกับออกไซด์ของไนโตรเจน (NIEHS, 2016)**

ปฏิกิริยาหลังจากนี้อาจเกิดได้ ดังนี้

$$3NO_2 + H_2O \rightarrow 2HNO_3 + NO \quad (2.40)$$

หรือ

$$2NO_2 + H_2O \rightarrow HNO_3 + HNO_2 \quad (2.41)$$

แต่พบว่าปฏิกิริยาที่ให้ $HNO_3$ เร็วที่สุดเกิด ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$N_2O_5 + H_2O \rightarrow 2HNO_3 \quad (2.42)$$

และอาจจะให้สารต่อเป็น

$$NH_3 + HNO_3 \rightarrow NH_4NO_3 \quad (2.43)$$

**2.4.2 ผลกระทบของไนโตรเจนออกไซด์ต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม** (กลุ่มพัฒนาการส่งเสริมสุขภาพและการอนามัยสิ่งแวดล้อม, 2558)

ผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจาก $NO_x$ นั้นมีได้หลายรูปแบบ เนื่องจากไนโตรเจนไดออกไซด์ มีสารประกอบหลายตัวที่อยู่ในกลุ่มของไนโตรเจนออกไซด์ ได้แก่ไนโตรเจนออกไซด์, กรดไนตริก, ไนตรัสออกไซด์, ไนตริก และไนตริกออกไซด์ สรุปผลต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม มีดังนี้

1. ก๊าซโอโซนในระดับพื้นดิน (Smog) เกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยาระหว่าง $NO_x$ กับสารระเหยอินทรีย์ (Volatile Organic Compounds หรือ VOCs) โดยมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ประชากรกลุ่มเสี่ยงต่อการรับผลกระทบ ได้แก่ เด็ก คนชราผู้ที่เป็นโรคปอดหรือหลอดลม เช่น โรคหอบหืดและผู้ที่ทำงานหรือออกกำลังกายนอกบ้าน ซึ่งเมื่อสัมผัสเป็นเวลานานๆ อยู่เป็นประจำ ก็จะทำให้มีการทำลายของเนื้อปอดทำให้การทำงานของปอดลดลง นอกจากนั้นโอโซนสามารถจะถูกพัดพาไปได้ไกลจากแหล่งกำเนิดมลพิษทำให้เกิดผลกับประชาชนหรือสิ่งแวดล้อมที่อยู่ห่างไกลออกไปได้ รวมถึงมีผลต่อการลดผลผลิตทางการเกษตรด้วย

2. ฝนกรด เกิดจาก $NO_x$ และ $SO_x$ สามารถที่จะทำปฏิกิริยากับสารอื่นในอากาศทำให้เกิดกรดและเมื่อตกลงมายังพื้นผิวโลกไม่ว่าจะเป็นฝน หมอก หิมะ หรืออนุภาคแห้งและบางทีสามารถที่จะถูกพาไปได้ไกลหลายร้อยไมล์ ฝนกรดจะทำให้เกิดการกัดกร่อนอาคารบ้านเรือน รถยนต์ อนุสาวรีย์หรือโบราณสถานต่างๆ และทำให้แหล่งน้ำต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นแม่น้ำ ทะเลสาบมีความเป็นกรดและไม่เหมาะต่อการดำรงชีวิตตามปรกติของพืชหรือสัตว์ที่อาศัยในแหล่งน้ำนั้น

3. ฝุ่นละอองขนาดเล็ก มีผลต่อระบบหายใจและทำลายเนื้อปอดและเป็นสาเหตุของการตายก่อนเวลาอันสมควรอนุภาคที่มีขนาดเล็กจะเข้าไปยังระบบทางเดินหายใจได้ลึกทำให้ผู้ที่มีโรคของระบบทางเดินหายใจอยู่แล้ว มีอาการแย่ลงจากเดิม เช่น ผู้ที่มีถุงลมโป่งพอง หลอดลมอักเสบ และทำให้ผู้ที่เป็นโรคหัวใจมีอาการแย่ลงจากเดิม

4. คุณภาพของแหล่งน้ำแย่ลง การที่มีปริมาณไนโตรเจนในน้ำสูงขึ้นโดยเฉพาะบริเวณชายฝั่งจะทำให้รบกวนสมดุลของสารอาหารต่างๆ ในแหล่งน้ำทำให้พืชน้ำบางชนิดเจริญเติบโตมากเกินไปจนเป็นเหตุให้เกิดการลดลงของปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ทำให้ลดจำนวนประชากรของปลาและหอย

5. การเปลี่ยนแปลงของดินฟ้าอากาศ ไนตรัสออกไซด์ ($N_2O$) ซึ่งอยู่ในตระกูลของไนโตรเจนออกไซด์เป็นสารที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาเรือนกระจก (Greenhouse effect) ถ้ามีการสะสมใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรยากาศในปริมาณที่มาก จะทำให้อุณหภูมิของโลกค่อยๆ สูงขึ้นซึ่งจะเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อมนุษย์ชาติ ทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้นและทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมากต่อพืชและสัตว์

6. เกิดสารเคมีที่เป็นพิษ $NO_x$ ทำปฏิกิริยากับสารต่างๆ โดยเฉพาะสารอินทรีย์หรืออาจจะเป็นโอโซนจะได้สารประกอบตัวใหม่ที่เป็นพิษซึ่งบางตัวเป็นสาเหตุของการผ่าเหล่าทางชีวภาพ (Biological mutation) โดยตัวอย่างของสารประกอบที่เกิดขึ้นที่เป็นพิษ เช่น nitrate radical nitroarenes และ nitrosamines

7. ลดทัศนวิสัยของการมองเห็น อนุภาคของไนเทรตและไนโตรเจนไดออกไซด์จะขัดขวางการผ่านของแสงอาทิตย์ ทำให้ทัศนวิสัยในการมองเห็นลดลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตเมืองหรือสวนสาธารณะต่างๆ

**2.4.3 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์**

สำหรับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์นั้น กรมควบคุมมลพิษได้กำหนดไว้ดังตารางที่ 2.3 และแปรผลคุณภาพอากาศดังตารางที่ 2.4

**ตารางที่ 2.3 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศโดยทั่วไป**

| ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเวลา | ค่ามาตรฐาน |
|---|---|
| 1 ชม. | ไม่เกิน 0.17 ppm (0.32 มก./ลบ.ม.) |
| 1 ปี | ไม่เกิน 0.03 ppm (0.057 มก./ลบ.ม.) |

(ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2559)

**ตารางที่ 2.4 มาตรฐานคุณภาพอากาศของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์**

| ความเข้มข้น (ppb) | คุณภาพอากาศ | แนวทางการป้องกันผลกระทบ |
|---|---|---|
| 0-85 | ดี | ไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ |
| 86-170 | ปานกลาง | ไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ |
| 171-600 | มีผลกระทบต่อสุขภาพ | ผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจควรหลีกเลี่ยงการออกกำลังกายภายนอกอาคารบุคคลทั่วไปโดยเฉพาะเด็กและผู้สูงอายุ ไม่ควรทำกิจกรรมภายนอกอาคารเป็นเวลานาน |
| 601-1,202 | มีผลกระทบต่อสุขภาพมาก | ผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจควรหลีกเลี่ยงกิจกรรมภายนอกอาคารบุคคลทั่วไปโดยเฉพาะ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.4 มาตรฐานคุณภาพอากาศของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (ต่อ)**

| ความเข้มข้น (ppb) | คุณภาพอากาศ | แนวทางการป้องกันผลกระทบ |
|---|---|---|
| | | เด็กและผู้สูงอายุ ควรจำกัดการออกกำลังกายภายนอกอาคาร |
| มากกว่า 1,202 | อันตราย | บุคคลทั่วไปควรหลีกเลี่ยงการออกกำลังภายนอกอาคาร สำหรับผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจควรอยู่ภายในอาคาร |

(ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2558)

## 2.5 ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur Dioxide : $SO_2$) เรียกชื่ออื่นว่า ซัลฟูรัส แอนไฮดราย (Sulfurous Anhydride) หรือ ซัลฟูรัส ออกไซด์ (Sulfurous Oxide) หรือ ซัลเฟอร์ ซุปเปอร์ออกไซด์ (Sulfur Superoxide) มีน้ำหนักโมเลกุล 60.06 กรัมต่อโมล มีจุดเดือด -75.5 (ที่ 101.3 kPa) มีจุดหลอมเหลวหรือจุดเยือกแข็ง -10.0 องศาเซลเซียส (ที่ 101.3 kPa) ความหนาแน่นเท่ากับ 1.46 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (ที่ -10.0 องศาเซลเซียส) ความสามารถในการละลายน้ำ 8.5% ที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นก๊าซไม่มีสี มีกลิ่นกรด ไม่ไวไฟที่ระดับความเข้มข้นสูงถึงระดับ 3 พีพีเอ็ม จะมีกลิ่นฉุนแสบจมูก การสันดาปเชื้อเพลิงเพื่อใช้พลังงานในการดำรงชีพของมวลมนุษย์ ซึ่งรวมถึงอุตสาหกรรมทำให้เกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และอนุภาคมลสาร กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมต่างๆ ก็เป็นแหล่งกำเนิดของมลพิษทั้งสองเช่นกัน ก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์และละอองกำมะถันก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ เช่น โรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง นอกจากนี้ก๊าซนี้ยังทำให้น้ำฝนที่ตกลงมามีสภาพความเป็นกรดมากขึ้น ซึ่งจะทำลายระบบนิเวศป่าไม้ แหล่งน้ำ สิ่งมีชีวิตต่างๆ รวมถึงการกัดกร่อนอาคารและโบราณสถานอีกด้วย (กองอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักอนามัย กทม., 2559)

ซัลเฟอร์ที่พบในบรรยากาศอยู่ในรูปสารประกอบ 3 ชนิด คือ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$), ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ($H_2S$) และซัลเฟต ($SO_4^{2-}$) ในรูปแอโรซอล ซึ่งทั้ง 3 ชนิด ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) มีความสำคัญที่สุด ปฏิกิริยาการเกิดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) ตามสมการ (2.1)

$$S + O_2 \rightarrow SO_2 \qquad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนในอากาศจะเป็นซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ ($SO_3$) และจะรวมตัวเป็นกรดกำมะถัน เมื่อมีความชื้นเพียงพอหากอยู่ร่วมกันกับอนุภาคมวลสารที่มีตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น แมงกานีส เหล็ก และวานาเดียม จะเกิดมีปฏิกิริยาเติมออกซิเจนเป็นซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ และเป็นกรดกำมะถันเช่นกัน ดังสมการ (2.2)

$$SO_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow SO_3 \qquad (2.2)$$

โดยปกติในบรรยากาศมีส่วนประกอบที่เป็นไอน้ำ หมอก เมฆ และฝน เมื่อก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ถูกปล่อยออกมาสู่บรรยากาศก็จะทำปฏิกิริยากับน้ำเกิดเป็นกรดซัลฟูริก ($H_2SO_4$) ซึ่งเป็นอันตรายมากกว่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เอง โดยเฉพาะสามารถทำให้วัตถุเกิดการผุกร่อนได้ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีครึ่งชีวิต (half-life) ประมาณ 3 วัน โดยทั่วไปจะถูกออกซิไดซ์เป็นก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ โดยออกซิเจนหรือโอโซน ($O_3$) และควบแน่นหรือตกสู่ในรูปของกรดซัลฟิวริกหรือซัลเฟต โดยปฏิกิริยาเคมีแสงในกากาศ และมีตัวเร่งปฏิกิริยาเช่น ฝุ่น เกิดการรวมตัวเป็นฝนกรด (Acid rain) ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ ป่าไม้ แหล่งน้ำ สิ่งมีชีวิตและมีฤทธิ์กัดกร่อนอาคารและสิ่งก่อสร้างต่างๆดังสมการ (2.3) และ (2.4)

$$2SO_2 + 2H_2O + O_2 \rightarrow 2H_2SO_4 \qquad (2.3)$$

$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4 \qquad (2.4)$$

**2.5.1 แหล่งกำเนิดของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์**

**แหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ**

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ได้จากแหล่งธรรมชาติ ได้แก่ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งเกิดจากการออกซิเดชันของไฮโดรเจนซัลไฟด์ ที่เกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟกับออกซิเจนหรือโอโซน โดยที่ฝุ่นหรือละอองน้ำเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นได้เร็วเมื่อเกิดปรากฏการณ์ของหมอกควันแสงเคมี (Photochemical smog) เพราะทั้งออกซิเจน, โอโซน และฝุ่นมีความเข้มข้นสูง ดังสมการ (2.5) และ (2.6)

$$H_2S + \frac{3}{2}O_2 \rightarrow SO_2 + H_2O \qquad (2.5)$$

$$H_2S + O_3 + P \rightarrow SO_2 + H_2O + P \qquad (2.6)$$

เมื่อ P คือ อนุภาค เช่น ฝุ่นหรือละอองน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**แหล่งกำเนิดจากการกระทำของมนุษย์**

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์อยู่ในกลุ่มของก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ ($SO_x$) ซึ่งเป็นออกไซด์ของกำมะถันหรือซัลเฟอร์ (S) อย่างหนึ่ง เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ่านหินหรือน้ำมันซึ่งมีกำมะถันหรือซัลเฟอร์เจือปนอยู่ ประมาณครึ่งหนึ่งของซัลเฟอร์ในถ่านหิน จะอยู่ในรูปของไพไรต์ ($FeS_2$) และอีกครึ่งหนึ่งจะอยู่ในรูปของสารอินทรีย์ การเผาไหม้ของไพไรต์เกิดเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีปฏิกิริยาดังสมการ (2.7)

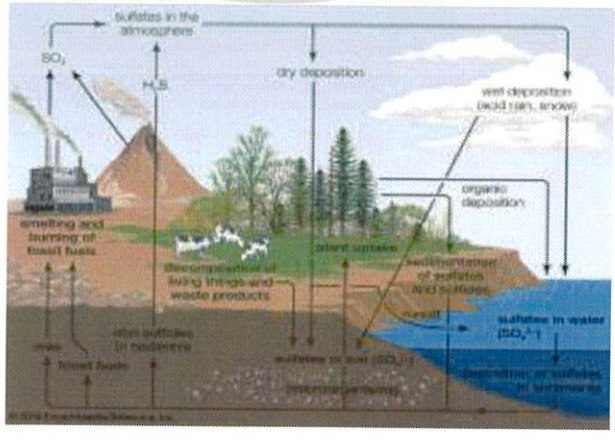
$$4FeS_2 + H_2O \rightarrow 2Fe_2O_3 + SO_2 \quad (2.7)$$

การเผาไหม้ของไพไรต์จะเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นส่วนใหญ่ อาจจะเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ขึ้นได้ แต่มีปริมาณเพียงเล็กน้อย ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับไอน้ำในอากาศแล้วเปลี่ยนเป็นกรดซัลฟูริก ดังสมการ (2.8)

$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4 \quad (2.8)$$

โรงงานอุตสาหกรรมที่ปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศในปริมาณสูง ได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องใช้น้ำมันปิโตรเลียม โรงงานอุตสาหกรรมถลุงสินแร่โลหะ โรงงานผลิตกระดาษ เป็นต้น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เกิดจากการกระทำของมนุษย์มากกว่าที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ

การปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศจากการเผาไหม้ขึ้นอยู่กับปริมาณของซัลเฟอร์ ซึ่งปรากฏอยู่ในเชื้อเพลิงแหล่งที่สำคัญอีกแหล่งหนึ่งในการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศ คือ อุตสาหกรรมถลุงโลหะ ซึ่งสินแร่บางชนิด เช่น สินแร่สังกะสีและทองแดงมักอยู่ในรูปของซัลไฟด์ ระหว่างการถลุงจะมีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ระบายออกมาด้วย และแหล่งที่น่าสนใจอีกแหล่งหนึ่ง คือ จากโรงงานผลิตกรดซัลฟิวริก




**รูปที่ 2.29 วัฏจักรซัลเฟอร์ (Sulfur Cycle) (ชนัฐกานต์, 2559)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.5.2 ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อม**

การปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มีความเข้มข้นสูง ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอย่างมาก ก๊าซนี้มีอันตรายต่อร่างกายมากยิ่งขึ้นเมื่อรวมตัวกับฝุ่น ซึ่งฝุ่นบางชนิดสามารถดูดซึมและละลายก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไว้ในตัว เช่น โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ละอองไอของเหล็ก เฟอรัส แมงกานีส วานาเดียม เป็นต้น ซึ่งรวมถึงผลกระทบต่อการเจ็บป่วยของระบบทางเดินหายใจ โรคปอด โรคเกี่ยวกับหลอดเลือดหัวใจ และผู้ที่ได้รับผลกระทบมากที่สุด คือ เด็ก คนชราและผู้ป่วยโรคหืด โรคเกี่ยวกับหลอดเลือดหัวใจหรือโรคปอด เช่น หลอดลมอักเสบ ถุงลมโป่งพอง

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นก๊าซที่มีกลิ่นเหม็น ทำให้ระบบทางเดินหายใจ เช่น จมูก ลำคอ อักเสบ ระคายเคือง ทั้งนี้เนื่องมาจากในน้ำมันเชื้อเพลิงรถยนต์มีกำมะถันปนอยู่ เมื่อเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จะมีก๊าซกำมะถันหลุดออกมาทางท่อไอเสียรถยนต์ ดังนั้นโรงกลั่นน้ำมันต้องกำจัดกำมะถันในน้ำมันดิบออกให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ ก๊าซนี้มีอันตรายต่อสุขภาพมากกว่าก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์เพราะเป็นตัวนำที่ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบหายใจ ทำให้สิ่งมีชีวิตเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจส่วนต้นในอัตราสูง ถ้าสูดเข้าไปเสมอๆทำให้เกิดหลอดลมอักเสบเรื้อรัง ถ้ามากทำให้ลิ้นไก่สั้นเกิดการเกร็งหดปิดทางเดินหายใจและตายทันที สำคัญที่สุดเป็นอันตรายต่อปอดในรายที่คนไข้เป็นโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจอยู่แล้ว จะมีอาการเพิ่มมากขึ้น เมื่อได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ขนาด 0.25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ขนาดที่ได้รับกลิ่นฉุน)

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เมื่ออยู่รวมกับฝุ่นและความชื้นจะมีผลต่อสุขภาพเพิ่มขึ้นมาก ได้มีการศึกษาผลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อร่างกายและก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์กับสัตว์ พบว่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีผลต่อระบบหายใจส่วนบน เมื่อระดับต่ำกว่า 20 พีพีเอ็ม ซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีผลเฉพาะเฉียบพลันแต่ไม่มีผลเรื้อรัง จากการศึกษากับสัตว์พบว่า การได้รับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ขนาดปานกลางและไม่ต่อเนื่อง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะไม่มีผลสะสมใดๆและจะต้องมีระดับจนถึง 1 พีพีเอ็ม จึงจะเกิดผลกับสุขภาพหรือให้ผลแตกต่างระหว่างคนปกติ

**ตารางที่ 2.5 ผลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อมนุษย์**

| ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ppm) | ผลที่เกิดขึ้น |
|---|---|
| 1500 (0.52) (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง) | เพิ่มอัตราการตาย |
| เท่ากับหรือมากกว่า 715 (0.25) (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง) | อาจเพิ่มอัตราการตายต่อวัน |
| 500 (0.19) (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง) | อาจเพิ่มอัตราการตาย |
| 300-500 (0.11-0.19) (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง) | เพิ่มอัตราป่วยเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลด้วยโรคทางเดินหายใจ เพิ่มอัตราการขาดงาน |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.5 ผลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อมนุษย์ (ต่อ)**

| ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ppm) | ผลที่เกิดขึ้น |
|---|---|
| 715 (0.25) (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง) | อัตราการป่วยของผู้มีอายุเกิน 54 ปี เพิ่มขึ้นโดยฉับพลัน |
| 600 (0.21) (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง) | ผู้ป่วยด้วยโรคปอดเรื้อรังอาจมีอาการรุนแรง |
| 105-265 (0.037-0.092) (ค่าเฉลี่ย 1 ปี) | มีอาการโรคทางเดินหายใจบ่อยครั้งขึ้นและอาจเกิดโรคปอด |
| 102 (0.046) (ค่าเฉลี่ย 1 ปี) | เป็นโรคทางเดินหายใจบ่อยครั้งขึ้นและอาการร้ายแรงขึ้น |
| 115 (0.040) (ค่าเฉลี่ย 1 ปี) | เพิ่มอัตราตายด้วยโรคหลอดลมอักเสบและมะเร็งปอด |
| ผลต่อการมองเห็น 286 (0.10) | การมองเห็นไกลลดลงประมาณ 5 ไมล์ |

(ที่มา : USHEW, 1962)

**2.5.3 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์**

ความเข้มข้นของปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในระดับต่างๆกัน ย่อมแสดงความเป็นอันตรายแตกต่างกันจึงมีการกำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

**ตารางที่ 2.6 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์**

| ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเวลา | ค่ามาตรฐาน |
|---|---|
| 1 ปี | ไม่เกิน 0.04 ส่วนในล้านส่วน (0.01 $mg/m^3$) |
| 24 ชั่วโมง | ไม่เกิน 0.12 ส่วนในล้านส่วน (0.30 $mg/m^3$) |
| 1 ชั่วโมง | ไม่เกิน 0.30 ส่วนในล้านส่วน (780 $\mu g/m^3$) |

(ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2559)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 ค่ามาตรฐานของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

| | ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง | | ค่าเฉลี่ย 10 นาที | เกณฑ์ในการกำหนดระดับ |
|---|---|---|---|---|
| | ($\mu g/m^3$) | ($mg/m^3$) | ($\mu g/m^3$) | |
| Interim Target 1 (IT1) | 125 | 0.125 | - | - |
| Interim Target 2 (IT2) | 50 | 0.050 | - | ค่าเป้าหมายระหว่างกลาง ใช้การควบคุมทั้งการปล่อยไอเสียจากรถยนต์และจากโรงงานอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้า ค่านี้เป็นค่าที่สมเหตุสมผลและสามารถทำได้จริงสำหรับประเทศที่กำลังพัฒนาที่สามารถที่จะบรรลุได้ในช่วงเวลา 1-2 ปี ซึ่งจะทำให้สุขภาพดีขึ้น และถ้าบรรลุเป้าหมายนี้แล้วให้พัฒนาต่อยอดไปสู่ระดับ AQG |
| Air Quality Guideline (AQG) | 20 | 0.020 | 500 | - |

(ที่มา : WHO Air Quality Guideline, 2005)

ค่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์ระยะยาว 1 ปีไม่จำเป็นต้องมี เนื่องจาก WHO ระบุว่าค่าระยะสั้นที่ 24 ชั่วโมง ถ้าสามารถควบคุมให้ต่ำได้ ค่า 1 ปีก็จะต่ำไปด้วย จึงไม่จำเป็นต้องกำหนดเนื่องจากการบรรลุตามค่า Guideline ในบางประเทศเป็นเรื่องที่ยาก จึงได้กำหนดขั้นบันไดของค่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่ IT1 และ IT2 (ตารางที่ 2.3) แนวทางการควบคุม คือ การควบคุมการปล่อยไอเสีย ทั้งจากท่อไอเสียรถยนต์หรือจากโรงงานอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้า จะทำให้สามารถลดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลงได้ด้วยต้นทุนที่ต่ำ ตามค่ามาตรฐานของประเทศไทยค่าเฉลี่ย 0.3 $mg/m^3$ แสดงว่ามีมาตรฐานเข้มงวดกว่าค่า IT2 ของ WHO (0.050 $mg/m^3$) แต่ยังมีค่าสูงกว่า AQG ที่ระบุว่าควรพัฒนาต่อยอดให้ประชากรมีสุขภาพดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.5.4 ข้อมูลระดับของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในกรุงเทพมหานคร

การติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศในกรุงเทพมหานคร แบ่งพื้นที่ตรวจวัดออกเป็น 2 พื้นที่ คือ พื้นที่ริมถนน และพื้นที่ทั่วไป นอกจากนี้ยังมีการตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบพาสสีพในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่นอีก 18 จุด ทำการตรวจวัดจุดละประมาณ 2 สัปดาห์ สำหรับผลการติดตามตรวจสอบปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของกรมควบคุมมลพิษ

**ตารางที่ 2.8 ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในกรุงเทพมหานคร ปี 2558**

| ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเวลา 1 ชั่วโมง | ช่วงค่าที่วัดได้ | ค่ามาตรฐาน | จำนวนครั้งที่เกินมาตรฐาน/จำนวนครั้งที่ตรวจวัด (ร้อยละ) | ค่าเฉลี่ย 1 ปี |
|---|---|---|---|---|
| **1) บริเวณพื้นที่ริมถนน** | | | | |
| $SO_2$ เฉลี่ย (ppb) | 0 – 23 | 300 | 0/15,258 (0) | 3 |
| **2) บริเวณพื้นที่ทั่วไป** | | | | |
| $SO_2$ เฉลี่ย (ppb) | 0 – 20 | 300 | 0/38,885 (0) | 2 |

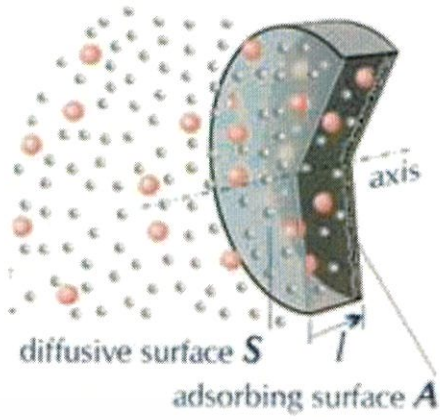
(ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2559)

## 2.6 วิธีเก็บตัวอย่างแบบพาสสีพ (Passive sampling) (สิทธิชัย, 2551)

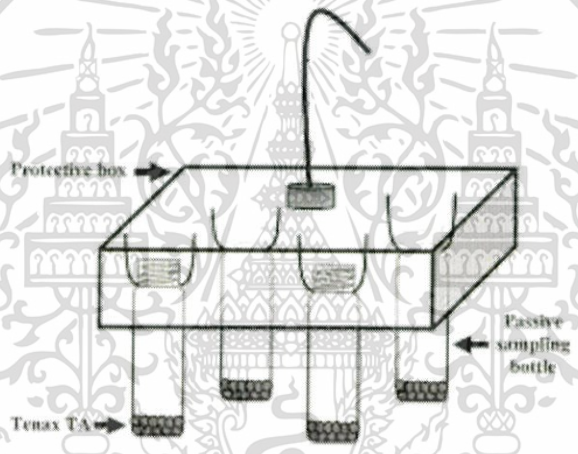
เป็นวิธีที่อาศัยการแพร่ (Diffusion) ของสารมลพิษในอากาศปนเปื้อนอยู่โดยก๊าซที่ต้องการศึกษาสามารถแพร่จากอากาศเข้าไปยังตัวดูดซับที่เหมาะสมแล้วนำตัวที่ดูดซับแล้วไปทำการสกัดแล้วจึงนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารที่ต้องการทราบความเข้มข้นได้

อุปกรณ์พาสสีพนี้มีราคาถูกกว่าเครื่องมือชนิดแอคทีฟมาก ขั้นตอนการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างไม่ยุ่งยาก สารเคมีที่ใช้หาได้ง่ายและมีราคาถูก รวมทั้งไม่ต้องใช้ไฟฟ้าในการเก็บตัวอย่าง อุปกรณ์นี้จึงมีราคาถูก ขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ใช้ติดตามตัวได้ สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้และสามารถนำไปใช้ตรวจวัดคุณภาพอากาศได้ในทุกสถานที่ เช่น ในชุมชน ในเมือง ในโรงงานอุตสาหกรรม ในชนบท ในป่า และสามารถใช้ติดตามคุณภาพอากาศได้พร้อมกันในหลายๆแห่งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.30 กลไกการแพร่ของอากาศ (Sigma-Aldrich, 2015)




รูปที่ 2.31 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบพาสสีพ (Chongdee, 2015)

### 2.6.1 หลักการ (Operating principles)

หลักการของการเก็บตัวอย่างแบบ passive diffusion ตาม (Gair, 1991) มีหลักการตาม Fick's law ดังสมการ

$$F = -D\frac{dc}{dx} \qquad (2.56)$$

เมื่อ F คือ ฟลักซ์ของมวลสาร (mol $cm^{-2}$ $s^{-1}$)

D คือ สัมประสิทธิ์การแพร่ของสาร (Diffusion coefficient) ($cm^{-2}$ $s^{-1}$)

c คือ ความเข้มข้นของสารมลพิษในหลอด (mol $cm^{-3}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.6.2 ข้อดีและข้อจำกัดของการเก็บตัวอย่างแบบพาสสีฟ**

จากการที่ได้มีผู้ทำการศึกษาวิจัยก่อนหน้านี้ ทำให้ทราบว่าการตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) ด้วยอุปกรณ์พาสสีฟ มีข้อดีและข้อจำกัด ดังนี้ (สมพร, 2548)

- ข้อดีของการเก็บตัวอย่างแบบพาสสีฟ

อุปกรณ์ที่ใช้มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา มีราคาถูก สามารถผลิตได้ง่ายและสะดวกในการติดตั้ง เหมาะสำหรับการตรวจวัดแบบบุคคล ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้หลายครั้ง ไม่ต้องใช้ปั๊มดูดอากาศเหมือนที่ใช้กับเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศแบบแอคทีฟ สามารถใช้ตรวจวัดมลสารได้ทั้งในระยะสั้นและระยะยาวและสามารถทำซ้ำได้หลายค่า

- ข้อจำกัดของการเก็บตัวอย่างแบบพาสสีฟ

ต้องใช้เวลาในการเก็บตัวอย่างค่อนข้างนานอยู่ในช่วงประมาณ 1 หรือ 2 อาทิตย์เป็นอย่างน้อย ไม่สามารถตรวจวัดความเข้มข้นสูงสุดของมลสารได้และผลการตรวจวัดอาจคลานเคลื่อน เนื่องจากปัจจัยต่างๆ เช่น ความเร็วลม อุณหภูมิ และความชื้น

ดังนั้นวิธีการเก็บตัวอย่างแบบพาสสีฟ จึงเป็นวิธีที่มีการทดลองและศึกษาเพื่อหาปริมาณก๊าซและสารระเหยต่างๆ หลายชนิด เนื่องจากเป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยากมาก มีราคาถูก อีกทั้งค่าใช้จ่ายในการทดลองต่ำ จึงมีการทดลองและพัฒนาวิธีการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของวิธีการเก็บตัวอย่างและเพื่อให้มีความสะดวกในการนำไปใช้ได้มากขึ้น

## 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

**2.7.1 สุธีรา พฤกษากร (2550)** ได้ติดตามตรวจสอบมลพิษทางอากาศโดยใช้ไลเคนเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพในเขตเทศบาล จังหวัดลำพูน และศึกษาความหลากหลายของไลเคนในนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ ตั้งแต่เดือนกันยายน พ.ศ. 2547 – เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2548 โดยแบ่งพื้นที่ทำการศึกษาในเขตเทศบาลเป็นตารางขนาด 500x500 ตารางเมตร จำนวน 30 ตาราง สุ่มเลือกต้นมะม่วง (*Magifera indica* Linn.) วัดเส้นรอบวงที่ตำแหน่งสูงจากพื้นดิน 150 เซนติเมตร ตารางละ 6 ต้น รวมทั้งหมด 180 ต้น นำกริดเฟรม (Grid frame) ขนาด 20x50 ตารางเซนติเมตร แบ่งเป็น 10 ช่องเล็ก ช่องละ 10x10 ตารางเซนติเมตร ทาบกับลำต้นมะม่วงโดยให้ขอบล่างของกริดเฟรมสูงจากระดับพื้นดิน 100 เซนติเมตร พบว่ามีไลเคนกลุ่มโฟลิโอส 3 สกุล ครัสโตส 7 สกุล และเลอโพส 1 สกุล นำความถี่ของจำนวนไลเคนที่พบมาคำนวณค่าดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Index: AQI) ในเขตเทศบาลจังหวัดลำพูน สามารถแบ่งได้เป็น 3 ลำดับชั้นคุณภาพอากาศ (Air Quality Class: AQC) คือ ชั้นที่ 1 มีดัชนีคุณภาพอากาศตั้งแต่ 0.0-7.4 บ่งชี้บริเวณที่มีมลพิษทางอากาศสูงมาก ซึ่งแสดงด้วยสีแดง พบ 7 ตาราง ชั้นที่ 2 มีดัชนีคุณภาพอากาศตั้งแต่ 7.5-14.8 บ่งชี้บริเวณที่มีมลพิษทางอากาศสูงถึงสูงมาก แสดงด้วยสีส้มแดง พบ 22 ตาราง และชั้นที่ 3 มีดัชนีคุณภาพอากาศเท่ากับ 14.9-22. บ่งชี้บริเวณที่มีมลพิษทางอากาศสูงแสดงด้วยสีส้ม พบว่าในเขตเทศบาลจังหวัดลำพูนนั้นมีมลพิษทางอากาศเกิดขึ้น

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.7.2 รำพรวน กันเจิม (2552)** ได้ทำการศึกษาความหลากหลายของไลเคนและตรวจวัดปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ - เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2552 ในพื้นที่ศึกษาขนาด 1x1 ตารางกิโลเมตร จำนวน 10 พื้นที่รอบโรงไฟฟ้า ทำการสำรวจความหลากหลายของไลเคนบนต้นมะม่วง (*Magifera indica* Linn.) จำนวน 10 ต้น ในแต่ละพื้นที่รวมทั้งหมด 100 ต้น โดยใช้กรอบสำรวจความถี่ขนาด 20x50 ตารางเซนติเมตร บันทึกชนิดและความถี่ของจำนวนไลเคนแต่ละชนิด เก็บเปลือกไม้เพื่อวัดค่าความเป็นกรด-ด่างและบันทึกข้อมูลทางกายภาพอื่นๆ ของต้นไม้ ทำการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อหาปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศในฤดูแล้งและฤดูฝน โดยใช้วิธีการเก็บตัวอย่างแบบพาสสีพ (Passive sampling technique) ชนิดหลอด ทำการตรวจวัดปริมาณโดยเทคนิคไอออนโครมาโทกราฟี ผลการศึกษาพบไลเคน 13 วงศ์ 24 สกุล 43 ชนิด ประกอบด้วยไลเคนกลุ่มโฟลิโอส จำนวน 5 สกุล 11 ชนิด และไลเคนกลุ่มครัสโตส จำนวน 19 สกุล 32 ชนิด โดยไลเคนส่วนใหญ่ที่พบอยู่ในสกุล *Dirinaria*, *Pyxine*, *Chrysothrix*, *Cryptothecia*, *Arthonia*, *Lecanographa*, *Laurera* และ *Hyperphyscia* ส่วนน้อยที่พบเป็นไลเคนที่อยู่ในสกุล *Buellia*, *Ocellularia* และ *Chapsa* มีไลเคนที่ไม่สามารถจัดจำแนกสกุลได้ 1 ตัวอย่าง ไลเคนชนิด *Dirinaria picta* และ *Pyxine cocoes* พบในทุกพื้นที่ศึกษา นอกจากนี้ยังพบว่า ไลเคนกลุ่มครัสโตสมีจำนวนชนิดมากกว่าไลเคนกลุ่มโฟลิโอสในทุกพื้นที่ศึกษา สำหรับปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบรรยากาศที่ตรวจวัดในฤดูแล้งและฤดูฝนมีค่าเท่ากับ 0.84-8.65 และ 0.51-1.72 ส่วนในพันล้านส่วนโดยปริมาตร ตามลำดับ การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความหลากหลายของไลเคนกับปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบรรยากาศในพื้นที่ศึกษา พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากผลการศึกษาครั้งนี้ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัดมีค่าต่ำ ไม่มีผลต่อความหลากหลายของไลเคนและความเป็นกรด-ด่างของเปลือกไม้ในพื้นที่ศึกษา นอกจากนี้ยังพบว่าไลเคนส่วนใหญ่มีแนวโน้มเจริญอยู่บนลำต้นของต้นมะม่วงในทิศทางที่มักหลีกหนีจากทิศที่หันเข้าสู่โรงไฟฟ้า

**2.7.3 เวชศาสตร์ พลเยี่ยม และคณะ (2552)** ได้ทำการสำรวจไลเคนมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความหลากหลายทางชีวภาพของไลเคนในเขตเมืองที่มีมลพิษทางอากาศสูงเพื่อจัดทำคู่มือศึกษาไลเคนในเขตเมือง และเพื่อใช้ไลเคนเป็นเครื่องมือชี้วัดคุณภาพสิ่งแวดล้อม โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างไลเคนจากสวนสาธารณะ 9 แห่ง คือ สวนหลวงร.9 สวนพระนคร สวนเสรีไทย สวนจตุจักร สวนสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ สวนเบญจสิริ สวนรมณีนาถ สวนลุมพินี และสวนธนบุรีรมย์ เก็บไลเคนได้ทั้งสิ้น 54 ตัวอย่าง จัดจำแนกตามหลักอนุกรมวิธาน ได้ 27 ชนิด 16 สกุล 9 วงศ์ ซึ่งครั้งนี้มีไลเคนที่สำรวจพบเพิ่มขึ้นจากในอดีตหลายชนิด โดยมีไลเคนอีกหลายชนิดยังระบุชื่อไม่ได้ ไลเคนที่พบแพร่กระจายได้ดีส่วนใหญ่เป็นพวกทนทานมลพิษทางอากาศสูง ได้แก่ *Pyxine cocoes*, *Anthracothecium subglobosum* และ *Trypethelium eluteriae* ส่วนกลุ่มทนทานปานกลางพบได้บางสวนเท่านั้น สวนสาธารณะที่พบชนิดไลเคนได้มากที่สุด คือ สวนธนบุรีรมย์ รองลงมา คือ สวนหลวงร.9 ซึ่งทั้งสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวนตั้งอยู่ในเขตใกล้ชานเมือง ปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจายของไลเคนในสวนต่างๆ ขึ้นอยู่กับภูมิอากาศ สมบัติของเปลือกไม้และมลพิษทางอากาศ การอยู่รอดของไลเคนในสวนสาธารณะอาจชี้วัดการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ รวมทั้งมนุษย์ ที่จำเป็นต้องติดตามเฝ้าระวังในระยะยาวต่อไป

**2.7.4 อมรรัตน์ พิทักษ์พงษ์ (2552)** ได้ทำการศึกษาการใช้ไลเคนเป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพในการตรวจวัดคุณภาพอากาศ บริเวณพื้นที่จังหวัดนครราชสีมาในปี 2552 โดยแผนที่ไลเคนในการจัดการคุณภาพอากาศและใช้การเก็บตัวอย่างแบบพาสสีพในการตรวจวัดคุณภาพอากาศปฐมภูมิ, ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยเทคนิคไอออนโครมาโทกราฟ พื้นที่ในการศึกษามีทั้งหมด 46 จุด (1x1 กิโลเมตร) และได้เก็บไลเคนจากต้นมะม่วงทั้งหมด 278 ต้น พบไลเคนทั้งหมด 29 ชนิด ซึ่งเป็นไลเคนชนิดครัสโตส 22 ชนิด และเป็นไลเคนชนิดโฟลิโอส 7 ชนิด ส่วนไลเคน 5 ชนิดที่พบมากที่สุด คือ *Hyperphyscia adglutinata*, *Pyxine cocoes*, *Physcia dimidiate*, *Lecanora leprosa* และ *Opegriiapha stirto* ในศูนย์กลางของเมืองจะพบน้อยกว่าพื้นที่ด้านนอก ทำการคำนวณดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Index: AQI) ซึ่งมีความแตกต่างกัน 4.7 ถึง 29.2 และทำการหาชั้นของคุณภาพอากาศ (Air Quality Class: AQC) โดยกำหนดจากไลเคนได้ 4 ระดับชั้น โดยใช้สีในการแบ่งของขอบเขตมลพิษอากาศ จากสมการของเพียร์สันแสดงให้เห็นดัชนีความหลากหลายของไลเคน (Lichen Diversity Index: LDI) มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($r = -0.446$, $p < 0.01$) และความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($r = -0.470$, $p < 0.01$) แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับพีเอชของเปลือกไม้ ($r = 0.144$, $p < 0.01$) พีเอชของเปลือกไม้มีค่าแตกต่างกัน 5.09 ถึง 5.62 ดัชนีความหลากหลายของไลเคนมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญไปยังเปลือกไม้ ($r = -0.004$, $p < 0.01$) สรุปได้ว่า ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีอิทธิพลกับความหลากหลายของไลเคนในเขตพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา

**2.7.5 ชุมพล สานแดง และคณะ (2554)** ได้ทำการศึกษาการใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้ทำการสำรวจชนิดพร้อมเก็บตัวอย่างไลเคนที่พบและตรวจวัดคุณภาพอากาศจำนวน 13 จุด ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2554 - เดือนมกราคม พ.ศ. 2555 ทำการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อหาปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ใช้วิธีการเก็บตัวอย่างแบบพาสสีพชนิดหลอด โดยแขวนหลอดเก็บตัวอย่างอากาศทิ้งไว้ 15 วัน นำไปวิเคราะห์หาปริมาณโดยเทคนิคไอออนโครมาโทกราฟพร้อมตรวจวัดข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่เกี่ยวข้อง ผลการศึกษาพบไลเคนทั้งหมด 4 วงศ์ 7 สกุล และ 7 ชนิด ได้แก่ *Chrysothrix xanthina*, *Graphis* sp., *Lecanora* sp., *Dirinaria* sp., *Hyperphyscia* sp., *Pycnidia* sp., และ *Pyxine cocoes* ชนิดที่พบมากที่สุดคือ *Pyxine cocoes* และ *Dirinaria* sp. และปริมาณของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในแต่ละพื้นที่ที่ทำการศึกษา พบว่า เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2554, เดือนธันวาคม พ.ศ. 2554 และเดือนมกราคม พ.ศ. 2555 ค่าที่วัดได้อยู่ในช่วง 2.211-7.970, 4.173-12.654 และ 2.933-12.356 $ppb_v$ ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ ANOVA พบว่า ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p > 0.05$) โดยจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก็บตัวอย่างคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและประตูทางเข้า-ออกสถาบันฯ ฝั่งถนนมอเตอร์เวย์มีปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงสุด ผลที่ได้จากการใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศและตรวจวัดปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สรุปได้ว่า ในบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังคุณภาพอากาศอยู่ในระดับพอใช้

**2.7.6 จันทร์พิมพ์ สังขนารอด และคณะ (2555)** ได้ทำการศึกษาการใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศบริเวณสวนสาธารณะลาดกระบัง (สวนพระนคร) ได้ทำการสำรวจชนิดพร้อมเก็บตัวอย่างไลเคนที่พบและตรวจวัดคุณภาพอากาศจำนวน 12 จุด ระหว่างเดือนกรกฎาคม-เดือนกันยายน พ.ศ. 2555 ทำการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อหาปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ใช้วิธีการเก็บตัวอย่างแบบพาสสีพชนิดหลอด โดยแขวนหลอดเก็บตัวอย่างอากาศทิ้งไว้ 15 วัน นำไปวิเคราะห์หาปริมาณโดยเทคนิคไอออนโครมาโทกราฟ พร้อมตรวจวัดข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่เกี่ยวข้อง ผลการศึกษาพบไลเคนทั้งหมด 2 วงศ์ 3 สกุล และ 3 ชนิด ได้แก่ *Buellia* sp., *Pyxine cocoes* และ *Graphis* sp. ชนิดที่พบมากที่สุด คือ *Pyxine cocoes* ในแต่ละพื้นที่ที่ทำการศึกษา พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณความเข้มข้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ช่วงเดือนกรกฎาคม - เดือนกันยายน พ.ศ. 2555 ทั้ง 12 จุดเก็บตัวอย่าง อยู่ในช่วง 2.755-8.099 และ 3.890-11.262 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ ANOVA พบว่าปริมาณของ $SO_2$ และ $NO_2$ ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p > 0.05$) ผลที่ได้จากการใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศ สรุปได้ว่า บริเวณสวนสาธารณะลาดกระบัง (สวนพระนคร) มีคุณภาพอากาศพอใช้

**2.7.7 พล งามสวัสดิ์วงศ์ และคณะ (2558)** ได้ทำการศึกษาการใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ได้ทำการสำรวจชนิดพร้อมเก็บตัวอย่างไลเคนที่พบและตรวจวัดคุณภาพอากาศจำนวน 10 จุด ระหว่างเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2558 – เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ทำการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อหาปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ใช้วิธีการเก็บตัวอย่างแบบพาสสีพชนิดหลอด โดยแขวนหลอดเก็บตัวอย่างอากาศทิ้งไว้ 10 วัน นำไปวิเคราะห์หาปริมาณโดยเทคนิคไอออนโครมาโทกราฟ พร้อมตรวจวัดข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่เกี่ยวข้อง ผลการศึกษาพบไลเคนทั้งหมด 5 วงศ์ 10 สกุล 10 ชนิด ได้แก่ *Chrysothrix xanthine, Graphis* sp., *Lecanora* sp., *Trypethelium eluteriae, Dirinaria* sp., *Hyperphyscia* sp., *Pycnidia* sp., *Pyxine cocoes, Pyxine dimidiate, Amandinea extunate* ชนิดที่พบมากที่สุด คือ *Pyxine cocoes* ในแต่ละพื้นที่ที่ทำการศึกษา พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณความเข้มข้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ช่วงเดือนสิงหาคม - เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่าง อยู่ในช่วง 1.39-60.50 และ 10.94-97.97 $ppb_v$ ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ ANOVA พบว่าปริมาณของ $SO_2$ และ $NO_2$ ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p > 0.05$) ผลที่ได้จากการใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศ สรุปได้ว่า บริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ มีคุณภาพอากาศพอใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.8 Lindsay Seed *et al.*, (2013) ได้ทำการศึกษารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไลเคนกับมลพิษทางอากาศและสภาพภูมิอากาศ โดยทำการสำรวจชนิดของไลเคนทั้ง 9 ชนิด ได้แก่ *Usnea* spp., *Evernia* sp., *Hypogymnia* spp., *Melanelixia* spp., *Flavoparmelia* spp., *Parmelia* spp., *Xanthoria* sp, *Xanthoria* sp และ *Physcia* spp. บนต้นไม้ผลัดใบทั้งหมด 19,344 ต้นและศึกษาความสัมพันธ์โดยการใช้สมการถดถอยเชิงเส้นและ ANCOVA ของไลเคน *Quercus* spp.กับมลพิษทางอากาศ, สภาพภูมิอากาศและสถานที่ตั้งซึ่งจากการศึกษาพบว่า ชนิดของไลเคนและปริมาณไนโตรเจนและซัลเฟอร์ที่มีในลำต้นและใบมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นการใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศ ถือเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพที่ดี ซึ่งเหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการชี้วัดคุณภาพอากาศในระดับท้องถิ่นได้อย่างเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# วิธีการดำเนินงานวิจัย

## 3.1 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง

เนื่องจากการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไลเคนกับปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ($NO_2$) ที่มีอยู่ในบรรยากาศบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ จึงกำหนดจุดเก็บตัวอย่างอากาศในบริเวณเดียวกันกับบริเวณที่สำรวจพบไลเคน โดยการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างอากาศอ้างอิงมาจากงานวิจัยของพล งามสวัสดิ์วงศ์ และคณะ (2558) ดังแสดงในตารางที่ 3.1

**ตารางที่ 3.1 จุดเก็บตัวอย่างและสำรวจพบไลเคน**

| จุดที่ | สถานที่เก็บตัวอย่าง | ชื่อต้นไม้ | สภาพแวดล้อม | พิกัดทางภูมิศาสตร์ |
|---|---|---|---|---|
| S1 | ถนนเส้นไปบางนา-ตราด | ต้นมะฮอกกานี | บริเวณริมถนนเส้นที่ออกจากสนามบินไปบางนา-ตราดและเรียบเส้นรันเวย์ | 13° 43.754' N 100° 46.915' E รนก.12 m |
| S2 | ลานจอดรถระยะยาว | ต้นราชพฤกษ์ | บริเวณติดริมถนนทางเข้าลานจอดรถระยะยาวมีต้นไม้เรียบติดกับถนน | 13° 43.812' N 100° 46.85' E รนก.13 m |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 3.1 จุดเก็บตัวอย่างและสำรวจพบไลเคน (ต่อ)**

| จุดที่ | สถานที่เก็บตัวอย่าง | ชื่อต้นไม้ | สภาพแวดล้อม | พิกัดทางภูมิศาสตร์ |
|---|---|---|---|---|
| S3 | คลังสินค้าและภาษีอากร | ต้นราชพฤกษ์ | บริเวณทางลงจากอาคารผู้โดยสารขาเข้าติดอยู่ด้านหน้าคลังสินค้าและภาษีอากรและเป็นเส้นถนนออกไปอ่อนนุช | 13° 43.470' N 100° 46.514' E รนก.1 m |
| S4 | ครัวการบินไทย | ต้นนนทรี | บริเวณหน้าตึกครัวการบินไทยติดกับถนนมีรถวิ่งเข้าออกตลอดเพื่อขนส่งอาหาร | 13° 43.555' N 100° 46.978' E รนก.2 m |
| S5 | Novotel (โรงแรมโนโวเทลสุวรรณภูมิ) | ต้นประดู่ป่า | บริเวณหน้าโรงแรมโนโวเทลติดถนนและอยู่ตรงข้ามลานจอดรถผู้โดยสารขาออก | 13° 43.766' N 100° 46.749' E รนก.8 m |

**หมายเหตุ** รนก. = ระดับน้ำทะเลปานกลาง (Mean sea level : MSL)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.1.1 ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมรอบบริเวณที่ศึกษาและเก็บตัวอย่างอากาศ**

โดยสภาพพื้นที่บริเวณโดยรอบจุดที่ทำการศึกษาและเก็บตัวอย่างอากาศจะกล่าวถึงความหนาแน่นของอาคารสิ่งปลูกสร้างโดยรอบจุดที่ทำการศึกษาทั้ง 5 จุดสามารถจำแนกได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1. **ความหนาแน่นของอาคารสูง** : พื้นที่ที่มีความหนาแน่นของอาคารและสิ่งปลูกสร้างที่สูงมาก เป็นประเภทอาคารพาณิชย์ สำนักงาน อาคารเรียน เป็นต้น ได้แก่ จุดเก็บตัวอย่างที่ 5 Novotel (โรงแรมโนโวเทล)

2. **ความหนาแน่นของอาคารค่อนข้างต่ำ** : พื้นที่ที่มีความหนาแน่นของอาคารและสิ่งปลูกสร้างค่อนข้างต่ำเป็นสิ่งปลูกสร้างประเภทอาคารสูง แต่มีพื้นที่โล่งด้านข้างเล็กน้อย ซึ่งเป็นอาคารและสิ่งปลูกสร้างชั้นเดียว บ้านพัก โรงเก็บของ เป็นต้น ได้แก่ จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 คลังสินค้าและภาษีอากร และจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 ฝ่ายครัวการบิน บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน)

3. **พื้นที่เปิด** : พื้นที่ที่ไม่มีอาคารและสิ่งปลูกสร้างเลยหรือพื้นที่ที่มีสิ่งก่อสร้างที่มีความหนาแน่นต่ำมาก เป็นพื้นที่เปิดโล่ง เช่น สวนสาธารณะ สวนหย่อม ลานกีฬา ลานจอดรถระยะยาว เป็นต้น ได้แก่ จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ถนนเส้นบางนา-ตราดและจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ลานจอดรถระยะยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.1 จุดเก็บตัวอย่างและสำรวจไลเคน

## 3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

1) หลอดเก็บตัวอย่างอากาศพอลีเอทีลีน (Polyethylene: PE) ขนาด 5 เซนติเมตร x 2.8 เซนติเมตร

2) กล่องพลาสติกบรรจุหลอดเก็บตัวอย่างอากาศ ขนาด กว้าง 14 เซนติเมตร x ยาว 24 เซนติเมตร x สูง 12 เซนติเมตร

3) แผ่นกรองเซลลูโลส (Filter Paper) ยี่ห้อ ADVANTEC 5B เส้นผ่านศูนย์กลาง 70 มิลลิเมตร

4) เครื่องไอออนโครมาโทกราฟ (Ion Chromatograph) รุ่น DX 600 ยี่ห้อ Metrohm

5) เครื่องอัลตราโซนิค (Ultrasonic) รุ่น 136 H บริษัท Fisher Scientific Worldwild

6) เครื่องทำน้ำบริสุทธิ์สูง (Ultrapure OrganaxCatridge) รุ่น Millipak-40

7) เครื่อง GPS map 60 GARMIN

8) เครื่องวัดความเข้มแสง (Lux/Fc Light Meter) รุ่น TM-204 ยี่ห้อ TENMARS

9) เดซิเคเตอร์รุ่น DN200 ยี่ห้อ VAKUUMFEST

10) ตู้อบ รุ่น UN 55 ยี่ห้อ MEMMERT

11) เครื่องวัดพีเอช (pH Meter) รุ่น 860 ยี่ห้อ Consort

12) แผ่นกรองที่มีรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร ยี่ห้อ CNW Technologies

13) ไมโครปิเปตขนาด 1000 ไมโครลิตร

14) ถุงซิปพลาสติก

15) ปากคีบสแตนเลส

16) โกร่งบดสาร

17) มีดแบบพกพา

18) ตลับเมตรชนิดสายวัดผ้า

19) เครื่องแก้วสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการ

## 3.3 สารเคมี

1) สารละลายไตรเอทาโนลามีน (Triethanolamine : TEA) เกรดวิเคราะห์ (AR grade) ยี่ห้อ CARLO ERBA

2) สารละลายมาตรฐานซัลเฟต ($SO_4^{2-}$) เข้มข้น 1000 พีพีเอ็ม เกรดวิเคราะห์ (AR grade) ยี่ห้อ MEARK

3) สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ($Na_2CO_3$) เกรดวิเคราะห์ (AR grade) ยี่ห้อ CARLO ERBA

4) สารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) เกรดวิเคราะห์ (AR grade) ยี่ห้อ CARLO ERBA

5) อะซิโตน (acetone) ยี่ห้อ Fisher Scientific

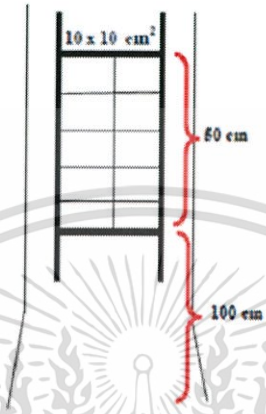
6) น้ำความบริสุทธิ์สูง (Ultrapure water)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.4 วิธีการทดลอง (อมรรัตน์, 2552)

### 3.4.1 การสำรวจไลเคนในจุดเก็บตัวอย่าง

โดยการใช้กริดเฟรม (Grid frame) ขนาด 20 เซนติเมตร x 50 เซนติเมตร ซึ่งแบ่งเป็น 10 ตาราง ขนาด 10 เซนติเมตร x 10 เซนติเมตร ทาบลงบนลำต้นของต้นไม้ในจุดเก็บตัวอย่างที่ระดับความสูงจากขอบบนของกริดเฟรม 150 เซนติเมตร เหนือระดับพื้นดิน โดยพื้นที่ในการสำรวจไลเคน คือ 10 เมตร x 10 เมตร รอบจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด




**รูปที่** 3.2 ตำแหน่งของกริดเฟรมสำหรับสำรวจไลเคน (Verein Deutscher Ingenieure, 1995)

### 3.4.2 การเตรียมอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างอากาศ

1. ตัดกระดาษกรองเซลลูโลสขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร (ADVENTEC) เป็นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.0 เซนติเมตร แช่ในน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง (Ultrapure water) วางในอ่างอัลตราโซนิคเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วแช่ทิ้งไว้ในน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง เป็นเวลา 1 คืน จากนั้นอบแห้งที่ 103 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วเก็บใส่ถุงซิปพลาสติก นำไปใส่ในเดซิเคเตอร์

2. นำหลอดเก็บตัวอย่างอากาศพอลีเอทีลีนแช่ในน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง ตั้งในอ่างอัลตราโซนิคเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำมาออกมาผึ่งไว้ให้แห้ง

### 3.4.3 การเตรียมตัวกลางดูดซับ

1. การเตรียม 20% TEA ในน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง
   - ปิเปต TEA 20 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร
   - เติมน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง 20 มิลลิลิตร ลงไป เขย่าให้เข้ากัน
   - ปรับปริมาตรด้วยน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง จนถึงขีดบอกปริมาตร

2. นำกระดาษกรองที่เตรียมไว้มาบรรจุลงหลอดเก็บตัวอย่างอากาศ ปิเปต 20% TEA ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ลงบนกระดาษกรอง

3. ปิดหลอดเก็บตัวอย่างอากาศด้วยพาราฟิล์ม เก็บอุปกรณ์ที่เตรียมเรียบร้อยแล้วลงในถุงซิปพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.4 การติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบพาสสีพ

นำหลอดเก็บตัวอย่างอากาศที่เป็นพลาสติกชนิดพอลีเอทีลีนรูปทรงกระบอกขนาด 5 เซนติเมตร x 2.8 เซนติเมตร ที่ผ่านการล้างด้วยน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูงมาเรียบร้อยแล้ว ภายในหลอดบรรจุกระดาษกรองชุบด้วย 20% TEA ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวดูดซับ ส่วนกล่องบรรจุหลอดเก็บตัวอย่างอากาศ เป็นกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า ไม่มีฝาปิด กว้าง 14 เซนติเมตร x ยาว 24 เซนติเมตร x สูง 12 เซนติเมตร เมื่อจะนำไปใช้งานจะนำหลอดเก็บตัวอย่างที่เตรียมไว้ มาติดตั้งที่ด้านทั้งสามด้านภายในกล่องและหนึ่งด้านสำหรับแบลงค์ (Blank) สำหรับด้านบนของกล่องจะถูกเจาะรูผูกติดกับเส้นลวดแล้วนำไปผูกติดกับบริเวณที่จะทำการศึกษา โดยแขวนอุปกรณ์ดังกล่าวสูงจากพื้นดินประมาณ 1.50 เมตร โดยวางจุดละ 3 ซ้ำ ทั้ง 5 จุดเก็บตัวอย่างและขณะติดตั้งได้ทำทริปแบลงค์ (Trip Blank) โดยในหลอดเก็บตัวอย่างบรรจุกระดาษกรองชุบ 20% TEA ปิดพาราฟิล์มนำไปด้วยขณะทำการติดตั้ง

**รูปที่ 3.3 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบพาสสีพ**

เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมงหลังจากติดตั้งอุปกรณ์แล้ว ทำการเก็บหลอดเก็บตัวอย่างอากาศและปิดปากหลอดเก็บตัวอย่างอากาศด้วยพาราฟิล์ม นำหลอดบรรจุลงถุงซิปพลาสติกและเก็บรักษาตัวอย่างในตู้แช่เย็นเพื่อรอนำไปวิเคราะห์ต่อไป

โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 8 ครั้ง ดังนี้

| | | | |
|---|---|---|---|
| ครั้งที่ 1 | 19 | มกราคม | 2559 |
| ครั้งที่ 2 | 27 | มกราคม | 2559 |
| ครั้งที่ 3 | 1 | กุมภาพันธ์ | 2559 |
| ครั้งที่ 4 | 15 | กุมภาพันธ์ | 2559 |
| ครั้งที่ 5 | 23 | กุมภาพันธ์ | 2559 |
| ครั้งที่ 6 | 1 | มีนาคม | 2559 |
| ครั้งที่ 7 | 14 | มีนาคม | 2559 |
| ครั้งที่ 8 | 21 | มีนาคม | 2559 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.4.5 การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์**

1. ปิเปตน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง จำนวน 4 มิลลิลิตร ลงในหลอดเก็บตัวอย่าง เขย่าเป็นครั้งคราว คราวละ 2-3 ครั้ง สกัดในอ่างอัลตราโซนิคเป็นเวลา15 นาที

2. กรองด้วยแผ่นกรองที่มีรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร ใส่ลงในภาชนะพลาสติกขนาดเล็กสำหรับฉีดเข้าเครื่องไอออนโครมาโทกราฟ

3. ทำแบลงค์ โดยการเตรียมหลอดพาสสีพที่ไม่เปิดรับสัมผัสอากาศและทำเช่นเดียวกับการเตรียมตัวอย่าง

4. นำสารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้ฉีดเข้าเครื่องไอออนโครมาโทรกราฟ โดยตัวอย่างที่เตรียมไว้ต้องทำการวิเคราะห์ทันที

**3.4.6 การทำกราฟมาตรฐาน**

1. ปิเปตสารละลายมาตรฐานซัลเฟตเข้มข้น 1000 พีพีเอ็ม ทำการเจือจาง 10 เท่า โดยปิเปตสารละลายมาตรฐานซัลเฟตปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง จนถึงขีดบอกปริมาตรจะได้สารละลายมาตรฐานซัลเฟตเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม

2. เตรียมสารละลายมาตรฐานซัลเฟตเข้มข้น 0.5 1.0 3.0 5.0 10.0 และ 15.0 พีพีเอ็ม จากสารละลายมาตรฐานซัลเฟตเข้มข้น 100 พีพีเอ็มที่เตรียมได้ ดังตารางที่ 3.2

**ตารางที่ 3.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐานซัลเฟต**

| ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานซัลเฟต ($SO_4^{2-}$) (ppm) | ปริมาตรสารละลายซัลเฟตที่ใช้ (µL) |
|---|---|
| 0.5 | 50 |
| 1.0 | 100 |
| 3.0 | 300 |
| 5.0 | 500 |
| 10.0 | 100 |
| 15.0 | 150 |

3. เตรียมสารลายมาตรฐานไนเทรต 0.5 1.0 3.0 5.0 10.0 และ 15.0 พีพีเอ็ม จากสารละลายมาตรฐานไนเทรตเข้มข้น 100 พีพีเอ็มที่เตรียมได้ดังตารางที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 เตรียมสารละลายมาตรฐานไนเทรต

| ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนเทรต ($NO_3^-$) (ppm) | ปริมาตรสารละลายไนเทรตที่ใช้ (µL) |
|---|---|
| 0.5 | 50 |
| 1.0 | 100 |
| 3.0 | 300 |
| 5.0 | 500 |
| 10.0 | 100 |
| 15.0 | 150 |

4. ปิเปตสารละลายดังตาราง ลงในขวดวัดปริมาตร ขนาด 10 มิลลิลิตร จำนวน 7 ขวด

5. ปรับปริมาตรด้วยน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง จนถึงขีดบอกปริมาตร

6. กรองด้วยแผ่นกรองที่มีรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร ใส่ลงในภาชนะพลาสติกขนาดเล็กสำหรับฉีดเข้าเครื่องไอออนโครมาโทกราฟ

7. ฉีดเข้าเครื่องไอออนโครมาโทกราฟ เพื่อทำกราฟมาตรฐาน

**3.4.7 การวิเคราะห์ซัลเฟตไอออน ($SO_4^{2-}$) โดยเครื่องไอออนโครมาโทกราฟ**

การเตรียมสารละลายวัฏภาคเคลื่อนที่ (Mobile Phase Eluent) สำหรับการวิเคราะห์แอนไอออน มีดังต่อไปนี้

1. เตรียมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ($Na_2CO_3$) กับโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) ที่มีความเข้มข้น 3.2 และ 1.0 มิลลิโมลาร์ (mM) โดยชั่ง $Na_2CO_3$ และ $NaHCO_3$ มา 0.6783 กรัม และ 0.1680 กรัม ตามลำดับ ละลายด้วยน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง ประมาณ 80 – 100 มิลลิลิตร

2. เติมอะซีโตน จำนวน 100 มิลลิลิตร เพื่อป้องกันการเติบโตของแบคทีเรีย ปรับปริมาตรด้วยน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง จนได้ 2 ลิตรในขวดวัดปริมาตร ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน

3. นำสารละลายที่ได้ไปไล่ก๊าซในอ่างอัลตราโซนิคนาน 30 นาที

4. นำมากรองโดยใช้กระดาษกรองที่มีขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร ด้วยเครื่องกรองสุญญากาศแบบลดความดัน

5. นำมาแช่ในอ่างอัลตราโซนิคเป็นเวลา 5 นาทีอีกครั้งเพื่อไล่ก๊าซออกไป

**3.4.8 การทำความสะอาดเครื่องแก้ว**

1. ล้างเครื่องแก้วด้วยน้ำประปา น้ำยาล้างเครื่องแก้ว และน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง

2. เติมกรดไนตริกที่ความเข้มข้น 20% w/w (AR Grade) ลงไปในเครื่องแก้วและแช่ไว้เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ส่วนเครื่องแก้วที่ไม่สามารถกักเก็บกรดไนตริกได้ เช่น ปิเปต ให้แช่ไว้ในบีกเกอร์และกระบอกตวง 1000 มิลลิลิตรที่มีกรดไนตริกความเข้มข้นเท่ากัน

3. นำเครื่องแก้วที่แช่เสร็จแล้วมาทำการล้างด้วยน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง 3 ครั้ง ผึ่งหรืออบให้แห้งเก็บเครื่องแก้วไว้ในอุปกรณ์ป้องกันฝุ่นจากสิ่งแวดล้อมภายนอก เช่น ใส่ถุงซิปพลาสติกปิดสนิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.4.9 การวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง**

**3.4.9.1 วัดเส้นรอบวงของต้นไม้**

วัดเส้นรอบวงของต้นไม้ที่สำรวจพบไลเคน (จุดเดียวกับบริเวณที่แขวนกล่องเก็บตัวอย่างอากาศ) ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ที่ระดับความสูง 1.50 เมตรเหนือพื้นดิน โดยใช้ตลับเมตรชนิดสายวัดผ้า

**3.4.9.2 ค่าพีเอชของเปลือกไม้** (พล และคณะ, 2558)

เก็บเปลือกไม้จากจุดเก็บตัวอย่างอากาศที่มีระยะห่างจากไลเคน 2-3 มิลลิเมตร และมีความสูงจากจุดเก็บเปลือกไม้ถึงพื้นดิน 1.50 เมตร โดยใช้มีดแบบพกพา เก็บรักษาไว้ในถุงซิปพลาสติก จากนั้นนำไปบดด้วยโกร่งบดสารให้มีความละเอียดพอประมาณ นำตัวอย่างของเปลือกไม้ที่บดแล้วมา 1 กรัม แช่ในน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง 15 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้ววัดค่าพีเอชของตัวอย่างเปลือกไม้ด้วยเครื่องวัดพีเอช

**3.4.9.3 วัดค่าความเข้มของแสง**

วัดค่าความเข้มของแสงในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ในช่วงเวลาเช้า กลางวัน และเย็น ด้วยเครื่องวัดความเข้มแสง แล้วนำมาหาค่าความเข้มของแสงเฉลี่ยในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างต่อวัน

**3.4.9.4 อุณหภูมิ**

จากข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาในสถานีอุตุนิยมวิทยาสนามบินสุวรรณภูมิ จังหวัดสมุทรปราการ

**3.4.9.5 ความชื้นสัมพันธ์**

จากข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาในสถานีอุตุนิยมวิทยาสนามบินสุวรรณภูมิ จังหวัดสมุทรปราการ

**3.4.9.6 ปริมาณน้ำฝน**

จากข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาในสถานีอุตุนิยมวิทยาสนามบินสุวรรณภูมิ จังหวัดสมุทรปราการ

**3.4.10 การวิเคราะห์ข้อมูล**

**3.4.10.1 การคำนวณหาความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์** (อมรรัตน์, 2552)

โดยนำตัวอย่างที่ได้จากการเก็บตัวอย่างอากาศแบบพาสสีพมาทำการวัดความเข้มข้นโดยเครื่องไอออนโครมาโทรกราฟี คำนวณหาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) จากซัลเฟต ($SO_4^{2-}$) จากสูตรดังต่อไปนี้

$$Q = X\ (ppm) \times \text{ปริมาตรสารที่ใช้สกัด}\ (ml) \times \frac{MW\ SO_2}{MW\ SO_4^{2-}}$$

คำนวณหาความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในหน่วย $\mu g/m^3$

$$C\ (\mu g/m^3) = \frac{[Q\ x\ L]}{[(\pi r^2)\ x\ t\ x\ D]}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ Q = ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (µg)
L = ความยาวของหลอดเก็บตัวอย่าง (m)
r = รัศมีของหลอดเก็บตัวอย่าง (m)
t = ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง (s)
D = ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ในอากาศโดยรอบ ($SO_2$ = 0.0000127 $m^2/s$)

ทำการเปลี่ยนหน่วยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จาก µg/$m^3$ เป็น ppb หรือ $ppb_v$ จากสมการ

$$ppb_v = \frac{\frac{\mu g}{m^3} x\ molecular\ volume\ (L)}{molecular\ weight}$$

เมื่อ molecular volume $= \frac{22.41\ x\ (273.15 + 25)}{273.15}\ x\ \frac{101.3}{101.3}$

$= 24.46$ L/mol

เมื่อ P = ความดันบรรยากาศ 1 atm = 101.3 kPa

**3.4.10.2 การคำนวณหาความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์**

โดยนำตัวอย่างที่ได้จากการเก็บตัวอย่างอากาศแบบพาสสีพมาทำการวัดความเข้มข้นโดยเครื่องไอออนโครมาโทรกราฟี คำนวณหาปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ ($NO_2$) จากไนเทรต ($NO_3^-$) จากสูตรดังต่อไปนี้

$$Q = X\ (ppm)\ x\ \text{ปริมาตรสารที่ใช้สกัด (ml)}\ x\ \frac{MW\ NO_2}{MW\ NO_3^-}$$

คำนวณหาความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในหน่วย µg/$m^3$

$$C\ (\mu g/m^3) = \frac{[Q\ x\ L]}{[(\pi r^2)\ x\ t\ x\ D]}$$

เมื่อ Q = ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ (µg)
L = ความยาวของหลอดเก็บตัวอย่าง (m)
r = รัศมีของหลอดเก็บตัวอย่าง (m)
t = ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง (s)
D = ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ในอากาศโดยรอบ ($NO_2$ = 0.0000154 $m^2/s$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการเปลี่ยนหน่วยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จาก $\mu g/m^3$ เป็น ppb หรือ $ppb_v$ จากสมการ

$$ppb_v = \frac{\frac{\mu g}{m^3} \, x \, molecular \; volume \; (L)}{molecular \; weight}$$

เมื่อ molecular volume $= \frac{22.41 \, x \, (273.15 + 25)}{273.15} \, x \, \frac{101.3}{101.3}$

$= 24.46$ L/mol

เมื่อ P = ความดันบรรยากาศ 1 atm = 101.3 kPa

**3.4.10.3 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์กับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป**

เพื่อให้ทราบคุณภาพอากาศในบริเวณที่เก็บตัวอย่างอากาศมีค่าเกินมาตรฐานหรือไม่

**3.4.10.4 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง**

ทำการเปรียบเทียบทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS โดยวิธี One Way ANOVA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การศึกษาประกอบด้วยการเก็บรวบรวมตัวอย่างของไลเคนที่พบจากบริเวณที่ทำการศึกษา และการวัดปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศจากจุดเก็บตัวอย่าง 5 จุดบริเวณโดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิโดยมีระยะเวลาการเก็บตัวอย่างอากาศ 3 เดือน คือ เดือนมกราคม เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2559 ซึ่งผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

## 4.1 การศึกษาชนิดปริมาณของไลเคนและปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

### 4.1.1 ชนิดของไลเคน

จากการศึกษาชนิดของไลเคนบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิพบไลเคนทั้งหมด 6 วงศ์ (Family) 9 สกุล (Genus) 9 ชนิด (Species) ซึ่งไลเคนที่พบมากที่สุด คือ สิวหัวช้างจิ๋ว *(Anthracothecium eluteriae)* ชนิดของไลเคนที่พบทั้งหมดแสดงในตารางที่ 4.1

**ตารางที่ 4.1 รายชื่อชนิดของไลเคนที่พบทั้งหมด**

| Thallus type (รูปแบบการเจริญเติบโต) | Family (วงศ์) | Genus (สกุล) | Species (ชนิด) |
|---|---|---|---|
| Crustose | Graphidaceae | Graphis | *Graphis* sp. |
| | Lecanoraceae | Lecanora | *Lecanora* sp. |
| | Trypetheliaceae | Trypethelium | *Trypethlium eluteriae* |
| | Arthoniaceae | Arthonia | *Arthonia* sp. |
| | Physciaceae | Amandinea | *Amandinea extunata* |
| | | Rinodina | *Rinodina* sp. |
| | Pyrenulaceae | Anthracothecium | *Anthracothecium eluteriae* |
| Foliose | Physciaceae | Pyxine | *Pyxine cocoes* |
| | | Physcia | *Physcia dimidiate* |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.2 ชนิดของไลเคนที่พบในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด

| Species | จุดเก็บตัวอย่างที่ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| *Graphis* sp. | ✓ | | | | |
| *Lecanora* sp. | ✓ | ✓ | | | |
| *Trypethlium eluteriae* | | | | | ✓ |
| *Arthonia sp.* | | ✓ | | | |
| *Amandinea extunata* | | ✓ | | | |
| *Rinodina* sp. | ✓ | | | | ✓ |
| *Anthracothecium eluteriae* | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| *Pyxine cocoes* | | ✓ | | | |
| *Physcia dimidiate* | ✓ | ✓ | | | |
| **ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ย 24 ชม. ($ppb_v$)** | 17.37 | 14.84 | 13.17 | 19.93 | 17.74 |
| **ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ย 24 ชม. ($ppb_v$)** | 39.35 | 43.22 | 39.87 | 47.20 | 38.21 |

จากตารางที่ 2.2 การประเมินคุณภาพอากาศโดยใช้ไลเคนและงานวิจัยของกัณฑรีย์ บุญประกอบ (2550) แสดงให้เห็นว่า คุณภาพอากาศที่ทำการศึกษาในบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิอยู่ในระดับพอใช้

ตารางที่ 4.3 ปริมาณไลเคนที่พบในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด (ในหน่วย Thallus)

| Species | จุดเก็บตัวอย่างที่ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| *Graphis* sp. | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| *Lecanora* sp. | 6 | 30 | 0 | 0 | 0 |
| *Trypethlium eluteriae* | 0 | 0 | 0 | 0 | 143 |
| *Arthonia sp.* | 0 | 17 | 0 | 0 | 0 |
| *Amandinea extunata* | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 |
| *Rinaria* sp. | 1 | 0 | 0 | 0 | 21 |
| *Anthracothecium eluteriae* | 341 | 321 | 254 | 259 | 8 |
| *Pyxine cocoes* | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 |
| *Physcia dimidiate* | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 356 | 383 | 254 | 259 | 172 |

**ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบชนิดของไลเคน**

| จุดเก็บตัวอย่างที่ | ชนิดของไลเคน | |
|---|---|---|
| | งานวิจัยของพล งามสวัสดิ์วงศ์ และคณะ | งานวิจัยนี้ |
| S1 | - *Trypethelium eluteriae* (พริกไทยร้อยเม็ด)<br>- *Dirinaria sp.* (ริ้วแพร)<br>- *Pyxine cocoes* (หัตถ์ทศกัณฑ์กุมน้ำแข็ง) | - *Graphis* sp. (ลายเส้น)<br>- *Lecanora* sp. (ร้อยเหรียญ)<br>- *Rinodina* sp. (ธิดามะกอกดำ)<br>- *Physcia dimidiate* (สาวน้อยกระโปรงบานบางกอก) |
| S2 | - *Chrysothrix xanthima* (แป้งมณโฑ)<br>- *Trypethelium eluteriae* (พริกไทยร้อยเม็ด)<br>- *Pyxine cocoes* (หัตถ์ทศกัณฑ์กุมน้ำแข็ง)<br>- *Physcia dimidiate* (สาวน้อยกระโปรงบานบางกอก) | - *Lecanora* sp. (ร้อยเหรียญ)<br>- *Arthonia sp.* (หลังตุ๊กแก)<br>- *Amandinea extunate* (ไฝพระอินทร์)<br>- *Pyxine cocoes* (หัตถ์ทศกัณฑ์กุมน้ำแข็ง)<br>- *Physcia dimidiate* (สาวน้อยกระโปรงบานบางกอก) |
| S3 | - *Graphis* sp. (ลายเส้น)<br>- *Trypethelium eluteriae* (พริกไทยร้อยเม็ด)<br>- *Hyperphyscia* sp.<br>- *Pyxine cocoes* (หัตถ์ทศกัณฑ์กุมน้ำแข็ง)<br>- *Physcia dimidiate* (สาวน้อยกระโปรงบานบางกอก)<br>- *Amandinea extunate* (ไฝพระอินทร์) | - *Anthracothecium eluteriae* (สิวหัวช้างจิ๋ว) |

**ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบชนิดของไลเคน (ต่อ)**

| จุดเก็บตัวอย่างที่ | ชนิดของไลเคน | |
|---|---|---|
| | งานวิจัยของพล งามสวัสดิ์วงศ์ และคณะ | งานวิจัยนี้ |
| S4 | - *Trypethelium eluteriae* (พริกไทยร้อยเม็ด)<br>- *Pyxine cocoes* (หัตถ์ทศกัณฑ์กุมน้ำแข็ง) | - *Anthracothecium eluteriae* (สิวหัวช้างจิ๋ว) |
| S5 | - *Graphis* sp. (ลายเส้น)<br>- *Lecanora* sp. (ร้อยเหรียญ)<br>- *Dirinaria sp.* (ริ้วแพร)<br>- *Hyperphyscia* sp.<br>- *Pycnidia sp.*<br>- *Pyxine cocoes* (หัตถ์ทศกัณฑ์กุมน้ำแข็ง)<br>- *Physcia dimidiate* (สาวน้อยกระโปรงบานบางกอก)<br>- *Amandinea extunate* (ไฝพระอินทร์) | - *Trypethelium eluteriae* (พริกไทยร้อยเม็ด)<br>- *Rinodina* sp. (ธิดามะกอกดำ) |

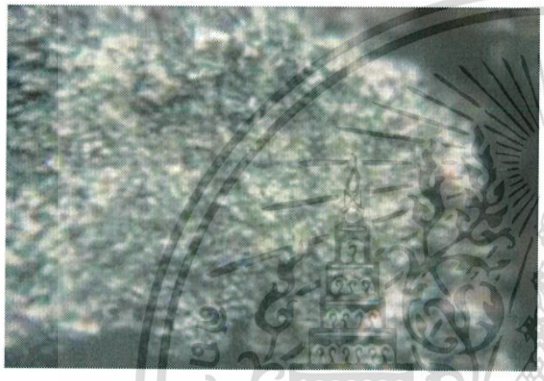
จากตารางที่ 4.4 จากงานวิจัยของพล งามสวัสดิ์วงศ์ และคณะ (2558) แสดงให้เห็นว่า จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ลานจอดรถระยะยาว พบไลเคนชนิดเดียวกัน คือ *Pyxine cocoes* (หัตถ์ทศกัณฑ์กุมน้ำแข็ง) และ *Physcia dimidiate* (สาวน้อยกระโปรงบานบางกอก) เนื่องจากไลเคนทั้งสองชนิดนี้เป็นกลุ่มทนทานสูงและกลุ่มทนทาน ตามลำดับ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของไลเคน จึงยังพบไลเคนทั้งสองในการวิจัยนี้ในจุดเก็บตัวอย่างเดียวกัน

ตารางที่ 4.5 ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

| ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซ | จุดเก็บตัวอย่างที่ | | | | | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| $SO_2$ ($mg/m^3$) | | | | | | |
| - เดือนมกราคม 2559 | 0.0711 | 0.0596 | 0.0431 | 0.0749 | 0.0724 | |
| - เดือนกุมภาพันธ์ 2559 | 0.0256 | 0.0312 | 0.0327 | 0.0508 | 0.0415 | |
| - เดือนมีนาคม 2559 | 0.0386 | 0.0257 | 0.0272 | 0.0309 | 0.0254 | |
| เฉลี่ย | 0.0451 | 0.0388 | 0.0343 | 0.0522 | 0.0464 | 0.0434 |
| $SO_2$ ($ppb_v$) | | | | | | |
| - เดือนมกราคม 2559 | 27.1771 | 22.7645 | 16.6304 | 28.6351 | 27.6768 | |
| - เดือนกุมภาพันธ์ 2559 | 9.7630 | 11.9169 | 12.4951 | 19.4002 | 15.8548 | |
| - เดือนมีนาคม 2559 | 15.1587 | 9.8296 | 10.3748 | 11.7629 | 9.6875 | |
| เฉลี่ย | 17.3663 | 14.8370 | 13.1668 | 19.9327 | 17.7397 | 16.6085 |
| $NO_2$ ($ppb_v$) | | | | | | |
| - เดือนมกราคม 2559 | 46.9022 | 46.1947 | 40.5131 | 51.9256 | 44.7183 | |
| - เดือนกุมภาพันธ์ 2559 | 31.7174 | 50.7968 | 51.4282 | 54.4566 | 46.2994 | |
| - เดือนมีนาคม 2559 | 39.4328 | 32.6804 | 27.6613 | 35.2160 | 23.6162 | |
| เฉลี่ย | 39.3508 | 43.2240 | 39.8675 | 47.1994 | 38.2113 | 41.5706 |

*Graphis* sp.

*Lecanora* sp.



*Trypethlium eluteriae*

*Arthonia* sp.

*Amandinea extunata*

*Rinodina* sp.

**รูปที่ 4.1 ชนิดของไลเคนที่พบทั้งหมด**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*Anthracothecium eluteriae*

*Pyxine cocoes*

*Physcia dimidiate*

**รูปที่ 4.1 ชนิดของไลเคนที่พบทั้งหมด (ต่อ)**

## 4.2 พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดไลเคนรอบบริเวณที่ทำการศึกษาและเก็บตัวอย่าง

พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดไลเคนรอบบริเวณที่ทำการศึกษาคาดว่าเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของไลเคนและชนิดของไลเคนที่เกิดขึ้นในบริเวณที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย 7 พารามิเตอร์ ได้แก่ ลักษณะของเปลือกไม้, เส้นรอบวงของต้นไม้, พีเอชของเปลือกไม้, ความเข้มแสง, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.6 พารามิเตอร์ที่วัดได้กับบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง**

| พารามิเตอร์ | ช่วงที่เหมาะสม | จุดเก็บตัวอย่าง | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ลักษณะเปลือกไม้ | ขรุขระ | ขรุขระ | ขรุขระ | ขรุขระ | เรียบ | ขรุขระ |
| เส้นรอบวงต้นไม้ (cm) | - | 73 | 47 | 59.5 | 77.8 | 95 |
| พีเอชเปลือกไม้ | 4 ถึง 6 | 5.74 | 7.10 | 6.72 | 6.94 | 6.28 |
| ความเข้มแสง (Lux) | $5.8x10^5$ ถึง $1.5x10^6$ | $6.22x10^4$ | $5.66x10^4$ | $5.47x10^4$ | $5.97x10^4$ | $5.53x10^4$ |
| $SO_2$ ($ppb_v$) | 0 ถึง 120 | 17.37 | 14.84 | 13.17 | 19.93 | 17.74 |
| $NO_2$ ($ppb_v$) | 0 ถึง 170 | 39.35 | 43.22 | 39.87 | 47.20 | 38.21 |

จากตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบพารามิเตอร์ที่วัดได้กับจุดเก็บตัวอย่างบริเวณท่าอากาศสุวรรณภูมิ แสดงให้เห็นว่า จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 คลังสินค้าและภาษีอากร และจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 ครัวการบินไทย พบไลเคนชนิดเดียวกัน คือ *Anthracothecium eluteriae* หรือสิวหัวช้างจิ๋ว (ตาร 4.2) เนื่องจากค่าพีเอชของเปลือกไม้มีความเหมาะสมต่อไลเคนชนิดนี้ ส่วนจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ถนนบางนา-ตราด และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ลานจอดรถระยะยาว มีชนิดของไลเคนที่หลากหลาย (ตาราง 4.2) เนื่องจากลักษณะของเปลือกไม้เหมาะสมต่อการเกิดของไลเคน จากงานวิจัยของพล งามสวัสดิ์วงศ์ และคณะ (2558) ซึ่งทำการศึกษาในช่วงเดือนสิงหาคม-ตุลาคม 2558 พบว่า มีความหลากหลายของไลเคนในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างมากกว่า เนื่องจากมีปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่ช่วยส่งเสริมต่อการเกิดของไลเคน เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณน้ำฝน เป็นต้น นอกจากนี้เส้นรอบวงของต้นไม้ยังมีผลต่อจำนวนของไลเคนที่พบ เมื่อทำการสำรวจในช่วงระยะเวลาที่ห่างกันบริเวณต้นไม้ต้นเดียวกัน ซึ่งสังเกตได้จากจุดพิกัดทางภูมิศาสตร์ ส่วนปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มีความแตกต่างกัน เนื่องจากจำนวนชั่วโมงในการเก็บตัวอย่างไม่เท่ากัน

### 4.2.1 ลักษณะของเปลือกไม้

ตามที่สำรวจลักษณะของเปลือกไม้ในบริเวณพื้นที่ศึกษาและพบไลเคนเจริญเติบโต สามารถจำแนกได้ 3 กลุ่ม ดังนี้

1. ผิวเรียบ: เปลือกไม้มีลักษณะเรียบและบาง ไม่มีรอยแตกลึกของผิวเปลือกไม้ เช่น ประดู่บ้าน ทรงบาดาล

2. ผิวค่อนข้างเรียบสม่ำเสมอ: เปลือกไม้มีลักษณะค่อนข้างเรียบและหนา มีรอยแตกของผิวเปลือกไม้อย่างสม่ำเสมอ เช่น หมาก ชงโค

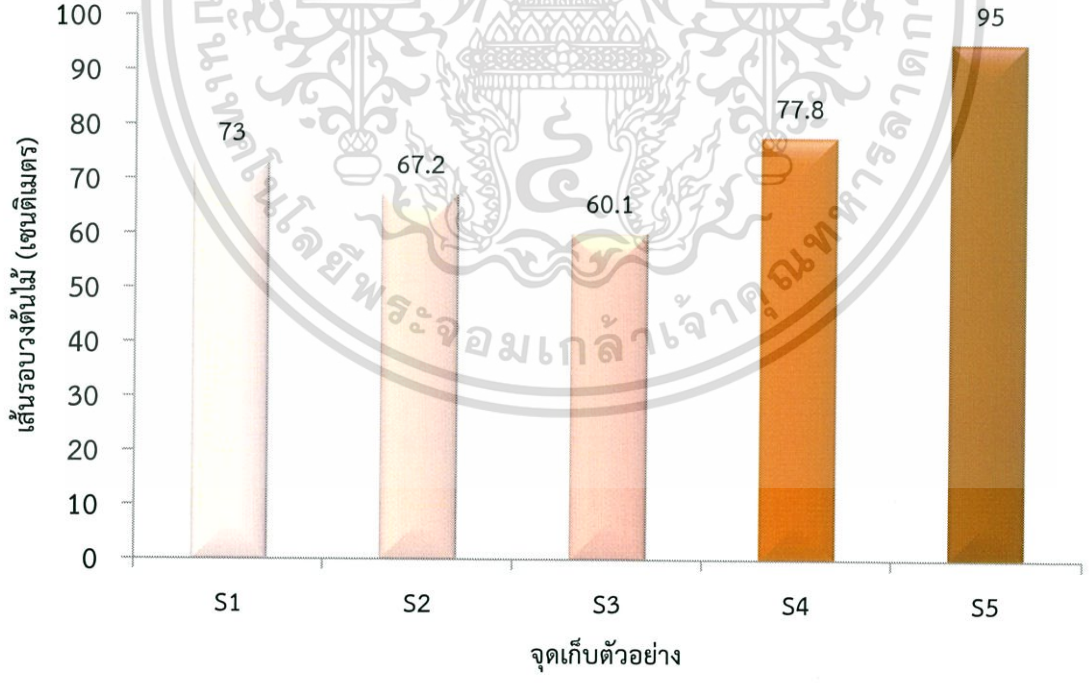
3. ผิวขรุขระ: เปลือกไม้มีลักษณะหยาบ ขรุขระและหนา มีรอยแตกของผิวเปลือกไม้ขนาดใหญ่และลึก เช่น มะฮอกกานี ประดู่ป่า

โดยลักษณะพื้นที่ผิวของเปลือกไม้ที่มีความขรุขระหรือมีรอยแตก การสร้างโคโลนีของไลเคนจะสร้างได้ง่ายกว่าพื้นที่ผิวเรียบ (Brodon, 1973)

### 4.2.2 เส้นรอบวงของต้นไม้

ทำการวัดเส้นรอบวงของต้นไม้ที่พบไลเคนที่ระดับความสูง 1.50 เมตรจากระดับเหนือพื้นดิน ซึ่งเป็นความสูงเดียวกับที่ทำการแขวนกล่องเก็บตัวอย่างอากาศ จากการศึกษาพบว่า ต้นไม้ในบริเวณที่ศึกษามีขนาดของเส้นรอบวงแตกต่างกัน สรุปได้ว่า เส้นรอบวงของต้นไม้ไม่มีผลต่อชนิดและการเจริญเติบโตของไลเคนจากงานวิจัยของ Angel Zambrano Garcia *et al.* (2000) ดังรูปที่ 4.2

จากงานวิจัยต่อเนื่องของพล งามสวัสดิ์วงศ์ และคณะ (2558) พบว่า เส้นรอบวงของต้นไม้เพิ่มขึ้น แต่ชนิดของไลเคนลดลง เนื่องจากมีความแตกต่างของช่วงฤดูกาล




**รูปที่ 4.2 เส้นรอบวงของต้นไม้ในบริเวณจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.2.3 พีเอชของเปลือกไม้

ตามที่ได้ทำการทดสอบค่าพีเอชของเปลือกไม้จากจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 5 จุด โดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ พบว่า ค่าพีเอชอยู่ในช่วง 5.74 - 7.10 บริเวณศึกษาที่มีค่าพีเอชเฉลี่ยของเปลือกไม้ต่ำสุดคือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ถนนบางนา-ตราด (5.74) และบริเวณที่มีค่าพีเอชเฉลี่ยของเปลือกไม้สูงสุดคือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ลานจอดรถระยะยาว (7.10) ดังรูปที่ 4.3

จากหน่วยวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง (2559) กล่าวว่า ค่าพีเอชของเปลือกไม้มีผลต่อการเจริญเติบโตของไลเคน และค่าพีเอชของเปลือกไม้ที่เหมาะสมอยู่ในสภาวะกรดช่วง 4 – 6 ซึ่งค่าพีเอชของเปลือกไม้ที่ได้จากศึกษาพบว่า ไม่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไลเคน ซึ่งจากงานวิจัยต่อเนื่องของพล งามสวัสดิ์วงศ์ และคณะ (2558) พบว่า พีเอชของเปลือกไม้เพิ่มขึ้นเนื่องจากเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น สารอินทรีย์ในเปลือกไม้ลดลง เพราะไลเคนนำสารอาหารไปใช้ทำให้พีเอชของเปลือกไม้ลดลง

**รูปที่ 4.3 ค่าพีเอชของเปลือกไม้ในบริเวณจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด**

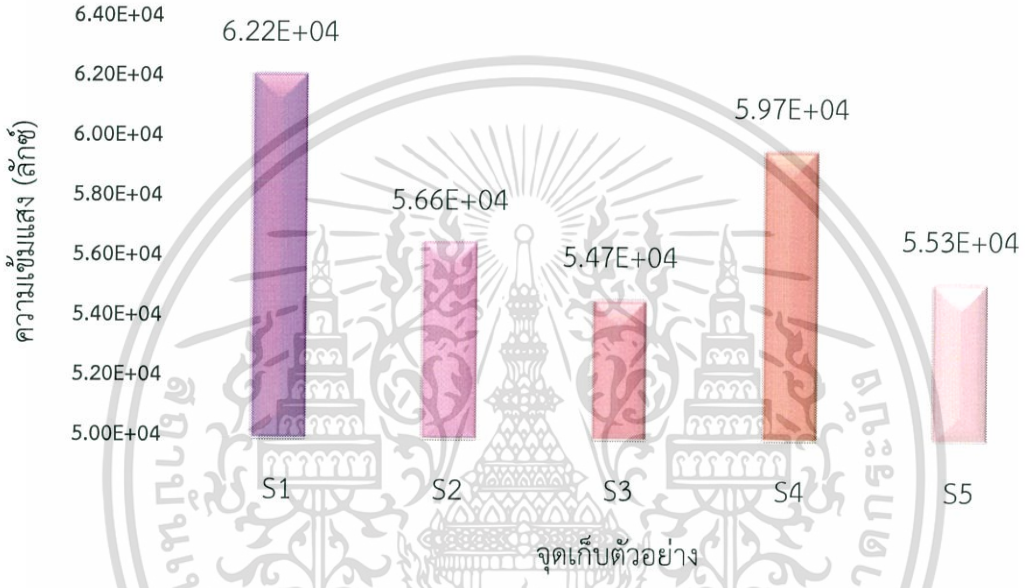
### 4.2.4 ความเข้มแสง (Light intensity)

จากการศึกษาความเข้มแสงด้วยเครื่อง Lux/Fc light meter ระยะเวลาระหว่างเดือนมกราคม – เดือนมีนาคม พ.ศ. 2559 ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ความเข้มแสงเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 5.77 $x10^4$ ลักซ์ พบว่า บริเวณที่มีค่าความเข้มแสงสูงสุด คือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ถนนบางนา-ตราด (6.22 x $10^4$ ลักซ์) และบริเวณที่มีค่าความเข้มแสงต่ำสุด คือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 คลังสินค้า (5.47x $10^4$ ลักซ์) ดังรูปที่ 4.4

จากหน่วยวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง (2559) กล่าวว่า ความเข้มแสงเป็นปัจจัยที่สำคัญมาก บริเวณที่มีไลเคนเจริญเติบโตจะสัมพันธ์กับความเข้มแสง เพราะแสงเป็นตัวสำคัญที่ไลเคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะใช้ในการสังเคราะห์แสง เมื่อไลเคนได้รับแสงที่เหมาะสมจะทำให้เกิดกระบวนการสังเคราะห์แสงขึ้นได้ ถ้าความเข้มแสงต่ำจะทำให้เกิดการสังเคราะห์แสงได้น้อยหรือไม่เกิดการสังเคราะห์แสงทำให้ไลเคนมีคลอโรฟิลล์ที่น้อยลง มีสีที่ซีด และตายในที่สุดเมื่อไม่เกิดการสังเคราะห์แสง และความเข้มแสงที่เหมาะสมอยู่ในช่วง $5.8x10^5$ – $1.5x10^6$ ลักซ์ ซึ่งค่าความเข้มแสงในช่วงทำการเก็บตัวอย่างที่ได้จากศึกษาพบว่า ไม่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไลเคน ซึ่งจากงานวิจัยต่อเนื่องของพสงามสวัสดิ์วงศ์ และคณะ (2558) พบว่า ค่าความเข้มแสงมีค่ามากขึ้น เนื่องจากความแตกต่างของสภาพอากาศในช่วงทำการเก็บตัวอย่าง




**รูปที่ 4.4 ความเข้มแสงเฉลี่ยระหว่างจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด**

### 4.2.5 อุณหภูมิ (Temperature)

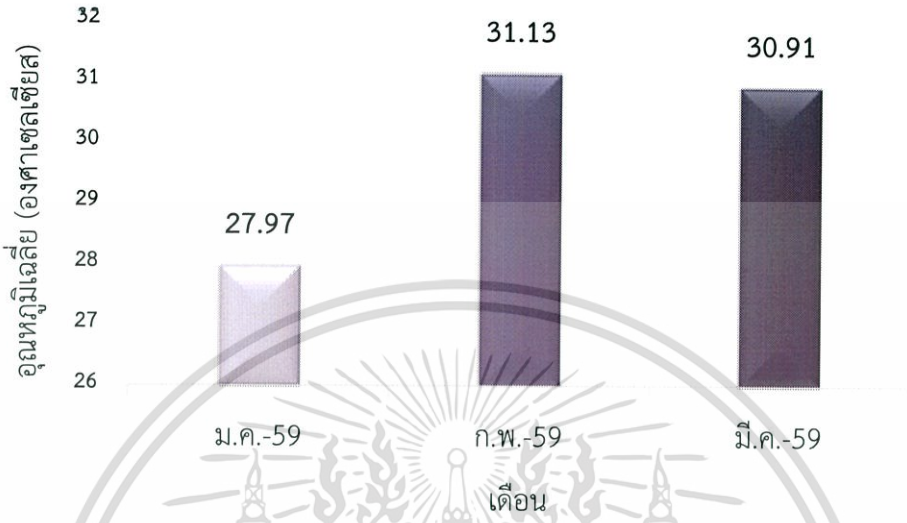
จากข้อมูลอุณหภูมิของกรมอุตุนิยมวิทยา สถานีอุตุนิยมวิทยาสนามบินสุวรรณภูมิ จังหวัดสมุทรปราการ ในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษาทั้ง 3 เดือน คือ เดือนมกราคม เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2559 มีอุณหภูมิเฉลี่ยของแต่ละเดือน ดังนี้

- เดือนมกราคม พ.ศ. 2559 อุณหภูมิเฉลี่ย 27.97 องศาเซลเซียส
- เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 อุณหภูมิเฉลี่ย 31.13 องศาเซลเซียส
- เดือนมีนาคม พ.ศ. 2559 อุณหภูมิเฉลี่ย 30.91 องศาเซลเซียส

จากหน่วยวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง (2559) กล่าวว่า อุณหภูมิมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมีในสิ่งมีชีวิต ซึ่งอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 15-30 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่สูงและต่ำกว่านี้ จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของไลเคนแต่อาจจะไม่ใช่ปัจจัยวิกฤตที่มีอิทธิพลต่อการเกิดขึ้นของไลเคนโดยตรง เนื่องจากอุณหภูมิที่วัดได้อยู่ในช่วงที่สิ่งมีชีวิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั่วๆไปสามารถเติบโตได้ ซึ่งค่าอุณหภูมิที่ได้จากศึกษาพบว่า ไม่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไลเคน ซึ่งจากงานวิจัยต่อเนื่องของพล งามสวัสดิ์วงศ์ และคณะ (2558) พบว่า อุณหภูมิมีค่าน้อยลง เนื่องจากในฤดูฝนมีอุณหภูมิต่ำกว่าฤดูร้อน



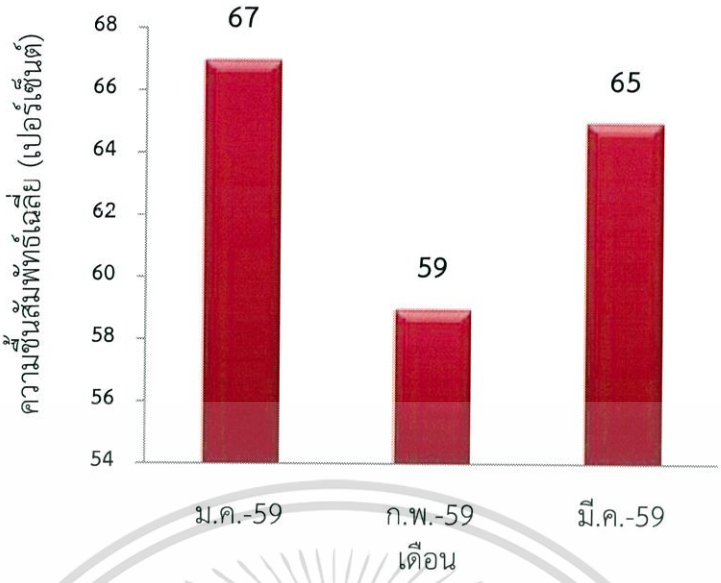

**รูปที่ 4.5 อุณหภูมิเฉลี่ยของเดือนมกราคม เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2559**

### 4.2.6 ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity)

จากข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ของกรมอุตุนิยมวิทยา สถานีอุตุนิยมวิทยาสนามบินสุวรรณภูมิ จังหวัดสมุทรปราการ ในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษาทั้ง 3 เดือน คือ เดือนมกราคม เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2559 มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ดังนี้ 67%, 59% และ 65% ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.6

จากหน่วยงานวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง (2559) กล่าวว่า เนื่องจากไลเคนไม่มีชั้นคิวติเคิล ซึ่งทำหน้าที่ในการป้องกันการสูญเสียน้ำและความชื้นในทัลลัส จึงสมดุลกับความชื้นในบรรยากาศ ถ้าความชื้นในบรรยากาศสูงถึงจุดอิ่มตัวทำให้ทัลลัสของไลเคนดูดซับน้ำในบรรยากาศไว้ได้ เมื่อได้รับแสงแดดจึงเกิดกระบวนการการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยกระบวนการนี้สิ้นสุดลงเมื่อน้ำหมดไปจากทัลลัส ดังนั้นการที่มีความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้ไลเคนดำรงชีวิตอยู่ได้ ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 68 - 81% ซึ่งค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ได้จากศึกษาพบว่า ไม่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไลเคน ซึ่งจากงานวิจัยต่อเนื่องของพล งามสวัสดิ์วงศ์ และคณะ (2558) พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น เนื่องจากฤดูฝนส่งผลต่อความชื้นสัมพัทธ์ทำให้มีค่าเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.6 ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของเดือนมกราคม เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2559**

4.2.7 ปริมาณน้ำฝน (Rain)

จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา สถานีอุตุนิยมวิทยาสนามบินสุวรรณภูมิ จังหวัดสมุทรปราการ ในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษาทั้ง 3 เดือน คือ เดือนมกราคม เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2559 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ดังนี้ 10.5 ml, 1.4 ml และไม่มีฝน ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.7 จากงานวิจัยของ หนูเดือน เมืองแสน และคณะ (2556) กล่าวว่า ปริมาณน้ำฝนมีผลต่อการเจริญเติบโตของไลเคน

จากงานวิจัยต่อเนื่องของพล งามสวัสดิ์วงศ์ และคณะ (2558) พบว่า ปริมาณน้ำฝนมีความแตกต่างกัน เนื่องจากสภาพอากาศมีความแปรปรวนส่งผลต่อปริมาณน้ำฝน

**รูปที่ 4.7 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของเดือนมกราคม เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2559**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมรอบบริเวณที่ศึกษาและเก็บตัวอย่างอากาศสรุปได้ว่า สภาพพื้นที่บริเวณโดยรอบซึ่งเป็นพื้นที่เปิดโล่ง พื้นที่ที่มีตึกหนาแน่นและไม่มีตึกหนาแน่นไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไลเคนในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ไลเคนสามารถเจริญเติบโตอยู่บนเปลือกไม้ที่มีลักษณะผิวเรียบ ผิวขรุขระและผิวเรียบค่อนข้างสม่ำเสมอ จากงานวิจัยของหน่วยวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง (2559) ค่าพีเอชที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของไลเคนอยู่ในช่วง 4-6 ซึ่งจากการศึกษาจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด มีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 5.74 - 7.10 พบว่า ค่าพีเอชใกล้เคียงกับค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไลเคน

ส่วนปริมาณความเข้มแสง อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ มีผลอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตและความสมบูรณ์ของไลเคน เนื่องจากไลเคนเป็นพืชที่มีความอ่อนไหวต่อความเข้มแสง อุณหภูมิ และปริมาณความชื้นในอากาศมาก จากงานวิจัยของหน่วยงานวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง (2559) ช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไลเคนเป็นดังนี้ ปริมาณความเข้มแสงเฉลี่ยอยู่ในช่วง $5.8x10^5$ – $1.5x10^6$ ลักซ์ อุณหภูมิเฉลี่ย 15 -30 องศาเซลเซียส และจากงานวิจัยของสำนักงานความหลากหลายทางชีวภาพ (2555) ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยต้องมากกว่า 80% จึงเหมะสมต่อการเจริญเติบโตของไลเคน จากข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาของกรมอุตุนิยมวิทยา สถานีอุตุนิยมวิทยาสนามบินสุวรรณภูมิ จังหวัดสมุทรปราการ พบว่ามีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 30±1.76 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 63.67±4.16% ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 5.77 x $10^4$ ±0.32 ลักซ์ และมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 5.95±5.70 มิลลิลิตร ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่า สภาวะทางสิ่งแวดล้อมในจุดเก็บตัวอย่างมีความเหมะสมในระดับพอใช้ต่อการเจริญเติบโตของไลเคน ซึ่งไลเคนส่วนใหญ่ที่พบเป็นไลเคนจำพวกกลุ่มทนทานและกลุ่มทนทานสูง (มูลนิธิโลกสีเขียว, 2552) ที่พบได้ทั่วไปทั้งในและนอกเขตเมือง บางครั้งพบขึ้นใกล้กับถนนที่มีการจราจรหนาแน่น ซึ่งมีความทนทานต่อมลพิษได้มากกว่าไลเคนชนิดอื่นๆ

## 4.3 การหาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศด้วยวิธีพาสสีพ

การหาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ โดยวิธีการเก็บอากาศแบบพาสสีพจากจุดเก็บตัวอย่าง 5 จุดโดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ตัวอย่างที่เก็บรวบรวมมาจากหลอดเก็บตัวอย่าง 3 หลอดที่บรรจุอยู่ในกล่องบรรจุหลอดเก็บตัวอย่าง (4 หลอดเก็บตัวอย่างต่อพื้นที่เก็บหนึ่งจุด) แขวนหลอดเก็บตัวอย่างทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง นำตัวอย่างมาสกัดและวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยเครื่องไอออนโครมาโทกราฟ

การวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในพื้นที่ที่ศึกษาในแต่ละเดือนเป็นเวลา 3 เดือน คือ เดือนมกราคม เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2559 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในช่วงของการวัด (ดังภาคผนวก ค และ ง) คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**เดือนมกราคม** พ.ศ. 2559 มีค่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์อยู่ในช่วง 16.6304 – 28.6351 ส่วนในพันล้านส่วนโดยปริมาตร ($ppb_v$) หรืออยู่ในช่วง 0.0431 – 0.0749 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($mg/m^3$) จุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่ำสุด คือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 คลังสินค้าและภาษีอากร (16.6304± 2.1505 $ppb_v$/0.0435 $mg/m^3$± 0.0057) และจุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงสุด คือ จุดเก็บตัวอย่าง 4 ครัวการบินไทย (28.6351 ± 0.3913 $ppb_v$/0.0749 $mg/m^3$± 0.0099)

**เดือนกุมภาพันธ์** พ.ศ. 2559 มีค่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์อยู่ในช่วง 9.7630 – 19.4002 ส่วนในพันล้านส่วนโดยปริมาตร ($ppb_v$) หรืออยู่ในช่วง 0.0256 – 0.0508 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($mg/m^3$) จุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่ำสุด คือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ถนนบางนา – ตราด (9.7629 ± 5.2608 $ppb_v$/0.0256$mg/m^3$ ± 0.0138) และจุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงสุด คือ จุดเก็บตัวอย่าง 4 ครัวการบินไทย (19.4002 ± 14.7969 $ppb_v$/0.0470 $mg/m^3$±0.0409)

**เดือนมีนาคม** พ.ศ. 2559 มีค่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์อยู่ในช่วง 9.6875 – 15.1587 ส่วนในพันล้านส่วนโดยปริมาตร ($ppb_v$) หรืออยู่ในช่วง 0.0254 – 0.0386 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($mg/m^3$) จุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่ำสุด คือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 5 โรงแรมโนโวเทล (9.6875 ± 8.7486 $ppb_v$/0.0254 $mg/m^3$±0.0229) และจุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงสุด คือ จุดเก็บตัวอย่าง 1 ถนนบางนา – ตราด (15.1589 ± 15.7265 $ppb_v$/0.0393 $mg/m^3$±0.0415) ดังรูปที่ 4.8 และ รูปที่ 4.9

## 4.4 การหาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศด้วยวิธีพาสสีพ

การหาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศ โดยวิธีการเก็บอากาศแบบพาสสีพจากจุดเก็บตัวอย่าง 5 จุดโดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ตัวอย่างที่เก็บรวบรวมมาจากหลอดเก็บตัวอย่าง 3 หลอดที่บรรจุอยู่ในกล่องบรรจุหลอดเก็บตัวอย่าง (4 หลอดเก็บตัวอย่างต่อพื้นที่เก็บหนึ่งจุด) แขวนหลอดเก็บตัวอย่างทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง นำตัวอย่างมาสกัดและวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยเครื่องไอออนโครมาโทกราฟ

การวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในพื้นที่ที่ศึกษาในแต่ละเดือนเป็นเวลา 3 เดือน คือ เดือนมกราคม เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2559 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในช่วงของการวัด (ดังภาคผนวก ค และ จ) คือ

**เดือนมกราคม** พ.ศ. 2559 มีค่าความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์อยู่ในช่วง 40.5131 – 51.9256 ส่วนในพันล้านส่วนโดยปริมาตร ($ppb_v$) จุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ต่ำสุด คือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 คลังสินค้าและภาษีอากร (40.5131 ± 21.3386 $ppb_v$) และจุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์สูงสุด คือ จุดเก็บตัวอย่าง 4 ครัวการบินไทย (51.9256 ± 26.2178 $ppb_v$)

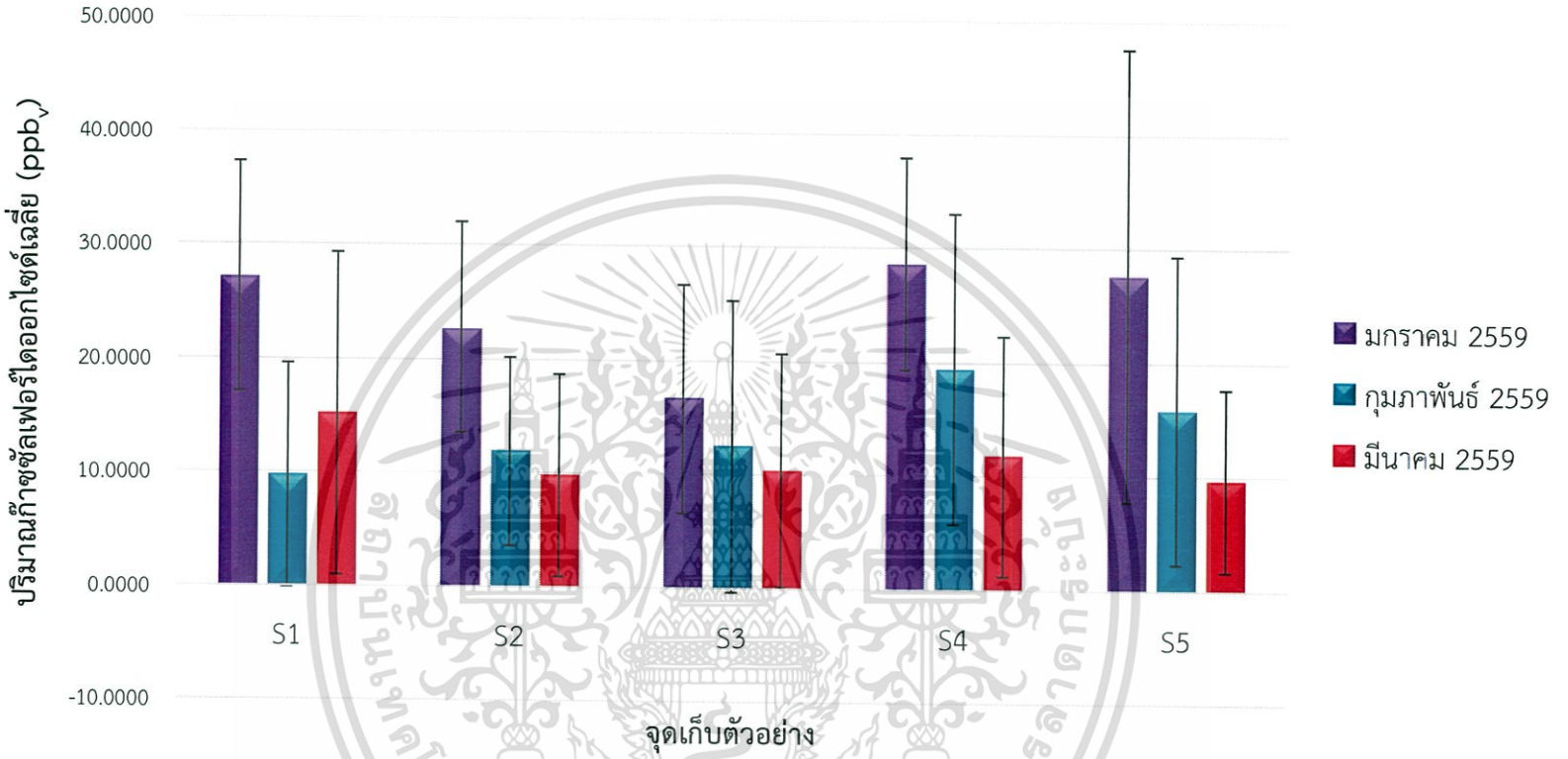
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**เดือนกุมภาพันธ์** พ.ศ. 2559 มีค่าความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์อยู่ในช่วง 31.7174 – 54.4566 ส่วนในพันล้านส่วนโดยปริมาตร ($ppb_v$) จุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ต่ำสุด คือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ถนนบางนา – ตราด (31.7174 ± 3.5007 $ppb_v$) และจุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์สูงสุด คือ จุดเก็บตัวอย่าง 4 ศรีการบินไทย (54.4566 ± 10.4722 $ppb_v$)

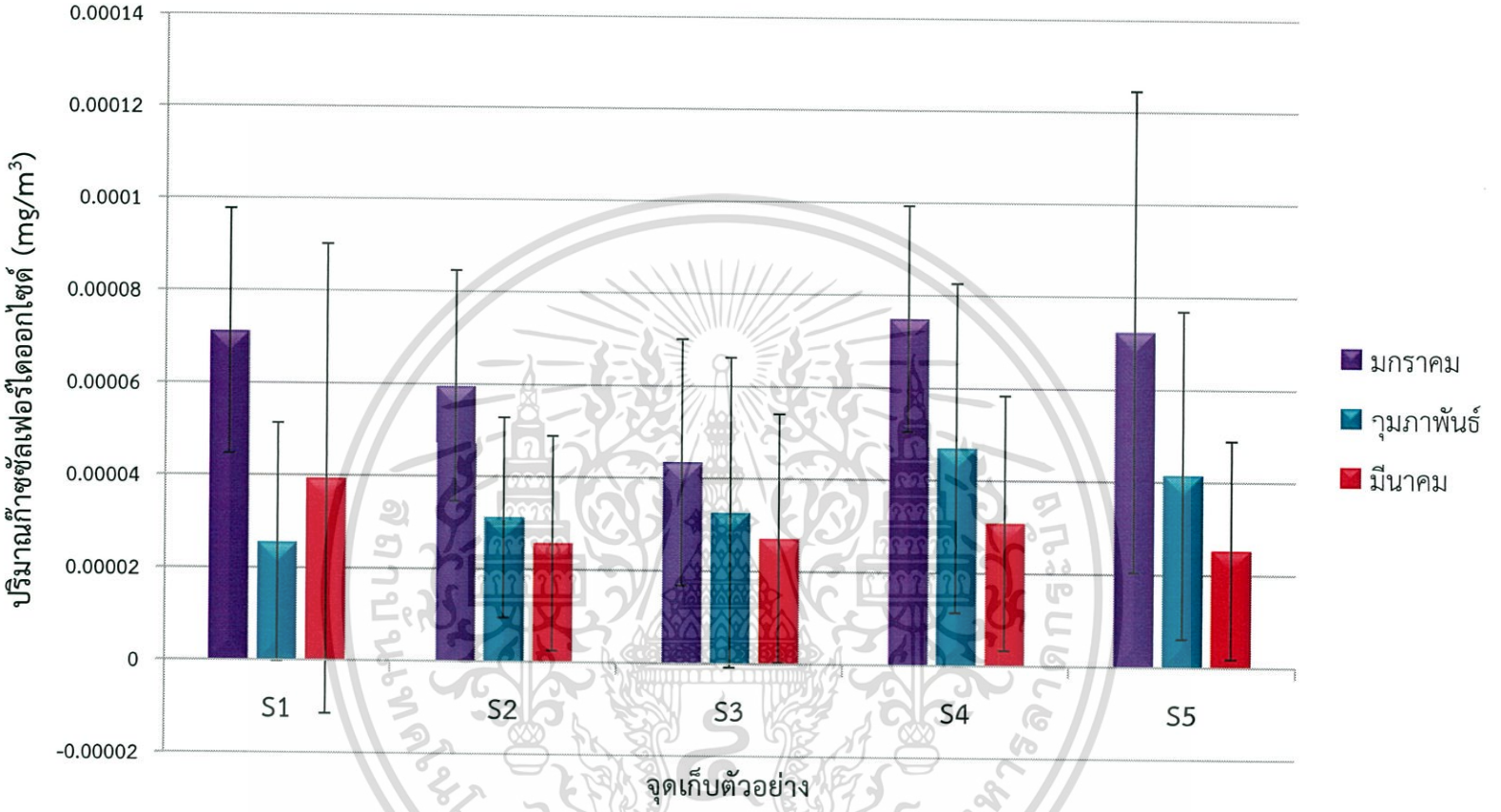
**เดือนมีนาคม** พ.ศ. 2559 มีค่าความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์อยู่ในช่วง 23.6162 – 39.4328 ส่วนในพันล้านส่วนโดยปริมาตร ($ppb_v$) จุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ต่ำสุด คือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 5 โรงแรมโนโวเทล (23.6162 ± 5.8264 $ppb_v$) และจุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์สูงสุด คือ จุดเก็บตัวอย่าง 1 ถนนบางนา – ตราด (39.4332 ± 19.2371 $ppb_v$) ดังรูปที่ 4.10

เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศบริเวณสวนสาธารณะลาดกระบัง ของงานวิจัย จันทร์พิมพ์ สังขนารอด และคณะ (2555) ซึ่งอยู่ในพื้นที่ที่ใกล้กัน พบว่าบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิมีปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มากกว่า เพราะว่า มีการจราจรหนาแน่น มีการคมนาคมขนส่งตลอดเวลา และมีการขนส่งวัตถุดิบอาหารป้อนเข้าสู่ท่าอากาศยานตลอดทั้งวัน โดยมีถนนสายหลักมี 4 ช่องทางจาราจร ทำให้มีสารมลพิษปล่อยออกมาได้มาก

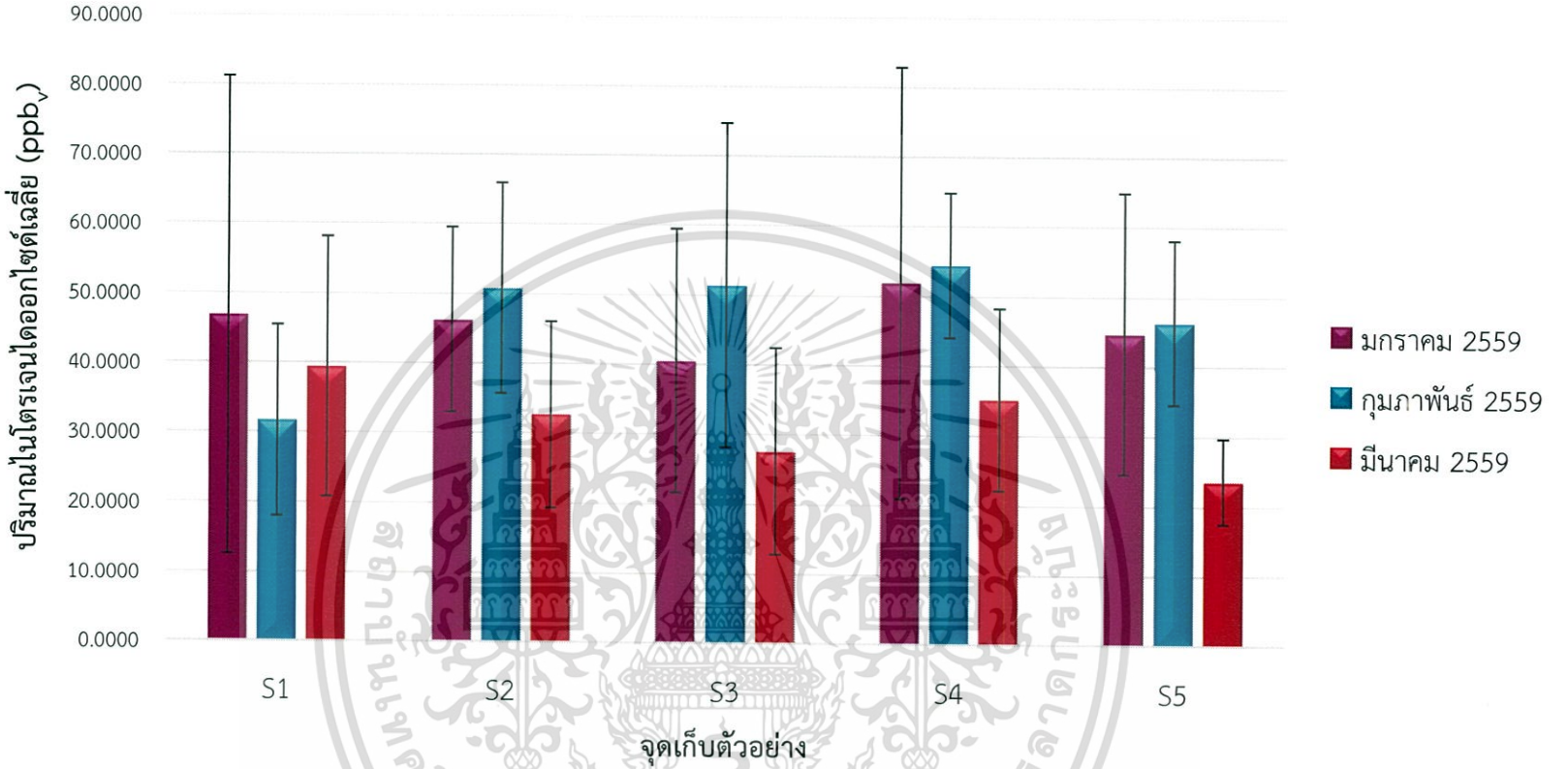
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.8 ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppb$_v$) เฉลี่ยของจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุดในเดือนมกราคม เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2559**




**รูปที่ 4.9 ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($mg/m^3$) เฉลี่ยของจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุดในเดือนมกราคม เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2559**




**รูปที่ 4.10 ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยของจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุดในเดือนมกราคม เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2559**

## 4.5 การเปรียบเทียบไลเคนที่พบกับปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

เมื่อทำการนำชนิดและจำนวนไลเคนมาเปรียบเทียบกับปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ เพื่อประเมินคุณภาพอากาศของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิดังตารางที่ 4.2 สามารถบอกได้ว่า

จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 ฝ่ายครัวการบิน ในเชิงปริมาณ พบปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มาก เนื่องจากอยู่ติดกับถนน 4 ช่องจราจร มีการจราจรที่หนาแน่น มีการขนส่งอาหารเข้า-ออกตลอดเวลา พบไลเคนกลุ่มทนทานสูงได้แก่ *Anthracothecium eluteriae* สามารถสรุปได้ว่า สภาพอากาศค่อนข้างแย่ จุดเก็บที่ 3 คลังสินค้าและภาษีอากร พบปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์น้อย เนื่องจากอยู่ติดถนนในช่องทางจารจรที่ไม่มีการจราจรที่หนาแน่น พบไลเคนในกลุ่มทนทานสูง ได้แก่ *Anthracothecium eluteriae* สามารถสรุปได้ว่า สภาพอากาศค่อนข้างแย่

จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 ฝ่ายครัวการบิน ในเชิงปริมาณ พบปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มาก เนื่องจากอยู่ติดกับถนน 4 ช่องจราจร มีการจราจรที่หนาแน่น มีการขนส่งอาหารเข้า-ออกตลอดเวลา พบไลเคนกลุ่มทนทานสูงได้แก่ *Anthracothecium eluteriae* (สิวหัวช้างจิ๋ว) สามารถสรุปได้ว่า สภาพอากาศค่อนข้างแย่ ส่วนจุดเก็บที่ 5 โรงแรมโนโวเทล พบปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์น้อย เนื่องจากอยู่ติดกับถนนที่การจราจรไม่หนาแน่น พบไลเคนในกลุ่มทนทานสูงและกลุ่มทนทานได้แก่ *Trypethlium eluteriae* (พริกไทยร้อยเม็ด), *Rinaria* sp. (ธิดามะกอกดำ) และ *Anthracothecium eluteriae* สามารถสรุปได้ว่าสภาพอากาศพอใช้

## 4.6 การเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์กับมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป

เมื่อนำปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์กับมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป เพื่อประเมินคุณภาพอากาศของเพื่อประเมินคุณภาพอากาศของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิดังตารางที่ 4.4 สามารถบอกได้ว่า

จุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุดที่ทำการเก็บตัวอย่างอากาศเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.0434 $mg/m^3$ มีค่าไม่เกิน 0.30 $mg/m^3$ (0.12 ppm) ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเวลา 24 ชั่วโมง และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีความเข้มข้นเฉลี่ย 16.6085 $ppb_v$ อยู่ในช่วงความเข้มข้น 0-25 $ppb_v$ สามารถสรุปได้ว่า คุณภาพอากาศดี ซึ่งไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ

จุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุดที่ทำการเก็บตัวอย่างอากาศเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มีความเข้มข้นเฉลี่ย 41.5706 $ppb_v$ อยู่ในช่วงความเข้มข้น 0-85 $ppb_v$ สามารถสรุปได้ว่า คุณภาพอากาศดี ซึ่งไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.7 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด

ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด โดยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) Version 22 วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยวิธี ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงค่าดังตารางที่ 4.7-4.8

**ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง**

Duncan[a]

| satation | N | Subset for alpha = 0.05 |
|---|---|---|
| | | 1 |
| 3 | 8 | 12.7338 |
| 2 | 8 | 13.8461 |
| 1 | 8 | 16.1400 |
| 5 | 8 | 16.4976 |
| 4 | 8 | 18.8554 |
| Sig. | | .331 |

Mean for groups in homogeneous subsets are displayed

**ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด**

| จุดเก็บตัวอย่าง | $SO_2$ (ppbv) |
|---|---|
| 3 | $12.7338^a \pm 6.2685$ |
| 2 | $13.8461^a \pm 4.7755$ |
| 1 | $16.1400^a \pm 6.2999$ |
| 5 | $16.4976^a \pm 7.6406$ |
| 4 | $18.8554^a \pm 6.7665$ |

**หมายเหตุ** a แสดงกลุ่มของจุดเก็บตัวอย่างที่มีนัยสำคัญกับปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ชุดของข้อมูลที่มีตัวอักษรเดียวกันไม่ได้แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ (one way ANOVA, $p < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางการวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุดด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สามารถจัดกลุ่มของจุดเก็บตัวอย่างที่มีนัยสำคัญกับปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้ 1 กลุ่ม ซึ่งแสดงว่าจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด มีปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

## 4.8 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด

ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด โดยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) Version 22 วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยวิธี ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงค่าดังตารางที่ 4.9-4.10

**ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง**

Duncan[a]

| satation | N | Subset for alpha = 0.05 |
|---|---|---|
| | | 1 |
| 5 | 8 | 37.3991 |
| 1 | 8 | 38.4069 |
| 3 | 8 | 39.7869 |
| 2 | 8 | 42.8527 |
| 4 | 8 | 46.6086 |
| Sig. | | .330 |

Mean for groups in homogeneous subsets are displayed

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.10 การวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด**

| จุดเก็บตัวอย่าง | $NO_2$ (ppbv) |
|---|---|
| 5 | $37.3991^{a} \pm 11.4163$ |
| 1 | $38.4069^{a} \pm 4.1571$ |
| 3 | $39.7869^{a} \pm 4.3354$ |
| 2 | $42.8527^{a} \pm 8.3743$ |
| 4 | $46.6086^{a} \pm 8.9200$ |

**หมายเหตุ** a แสดงกลุ่มของจุดเก็บตัวอย่างที่มีนัยสำคัญกับปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ชุดของข้อมูลที่มีตัวอักษรเดียวกันไม่ได้แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ (one way ANOVA, $p < 0.05$)

จากตารางการวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุดด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สามารถจัดกลุ่มของจุดเก็บตัวอย่างที่มีนัยสำคัญกับปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ได้ 1 กลุ่ม ซึ่งแสดงว่าจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด มีปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลงานวิจัย

จากการศึกษาการใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ สามารถสรุปได้ดังนี้

### 5.1.1 การศึกษาชนิดของไลเคนและปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

พบชนิดของไลเคนบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ 6 วงศ์ (Family) 9 สกุล (Genus) 9 ชนิด (Species) ชนิดไลเคนที่พบ คือ *Graphis* sp., *Lecanora* sp., *Trypethlium eluteriae*, *Arthonia* sp., *Pyxinecocoes*, *Amandinea extunata*, *Rinaria* sp., *Physcia dimidiate*, *Anthracothecium eluteriae* ไลเคนชนิดที่พบมากที่สุด คือ *Anthracothecium eluteriae* มีปริมาณทั้งหมด 1183 Thallus ชนิดของไลเคนที่พบทั้งหมดจัดอยู่ในกลุ่ม Foliose และ Crustose ซึ่งเป็นไลเคนชนิดที่มีความทนทานและทนทานสูง ตามลำดับ

จากการศึกษาพีเอชของเปลือกไม้ ความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน ได้ผลการศึกษาดังนี้ ค่าพีเอชของเปลือกไม้อยู่ในช่วง 5.74-7.10 ความเข้มแสงเฉลี่ย $5.47 \times 10^{4}$ - $6.22 \times 10^{4}$ ลักซ์ อุณหภูมิเฉลี่ย 27.97-31.13 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1.4-10.5 มิลลิลิตร และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 59–67 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อชนิด ปริมาณ และการเจริญเติบโตของไลเคนที่พบในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด

### 5.1.2 การหาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศด้วยวิธีพาสสีฟ

ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศโดยใช้วิธีการเก็บตัวอย่างอากาศแบบพาสสีฟ บริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ จากจุดเก็บตัวอย่าง 5 จุด เป็นระยะเวลา 3 เดือน คือ เดือนมกราคม เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2559 สามารถสรุปได้ว่า

จากค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ของกรมควบคุมมลพิษ (2554) กำหนดไว้ เมื่อนำค่าปริมาณของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ทั้ง 3 เดือนที่ตรวจวัดมาเทียบกับค่ามาตรฐาน พบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเวลา 24 ชั่วโมง และความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มีค่าอยู่ในเกณฑ์ของค่ามาตรฐานตามที่กำหนดไว้ซึ่งแสดงว่าไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์

### 5.1.3 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด

จากการศึกษาการใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ในเชิงปริมาณ พบว่า ในเดือนมกราคมและเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 ครัวการบินไทย มีปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มากกว่าจุดเก็บตัวอย่างอื่นๆ แต่ในเชิงสถิติ พบว่า ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไดออกไซด์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ชนิดของไลเคนที่พบ คือ *Anthracothecium eluteriae* ซึ่งเป็นไลเคนกลุ่มทนทานสูง (มูลนิธิโลกสีเขียว, 2554) จากตารางที่ 2.2 แสดงให้เห็นว่าคุณภาพอากาศโดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมินั้น มีคุณภาพอากาศอยู่ในระดับพอใช้

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1) การเก็บตัวอย่างอากาศและการสำรวจไลเคน ควรเพิ่มจุดเก็บตัวอย่างเพื่อให้ได้ผลการศึกษาที่ชัดเจนมากขึ้น

2) การวัดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง เช่น ปริมาณน้ำฝน และความชื้นสัมพันธ์ ควรทำการเก็บตัวอย่าง ณ บริเวณนั้นเพื่อให้ได้ค่าแม่นยำ

3) การเก็บตัวอย่างอากาศและการสำรวจไลเคนควรทำให้ครบทั้ง 3 ฤดู เพื่อให้ได้ผลที่ชัดเจนมากขึ้น

4) การเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อนำมาวิเคราะห์หาความเข้มข้มของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยวิธีแบบพาสสีพ ควรทำควบคู่กับวิธีการเก็บอากาศแบบแอคทีฟเพื่อทดสอบความถูกต้องของผลการทดลองที่ได้

5) ในการเก็บตัวอย่างอากาศแบบพาสสีพเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศทั่วไป ควรทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อมลพิษทางอากาศเสียก่อน

6) ในการทดลองควรทำการเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน, ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์, ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์, ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และโอโซน เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศ (AQI)

7) ควรปรับเปลี่ยนวิธีการวัดพีเอชของเปลือกไม้ โดยใช้วิธีจากงานวิจัยของหนูเดือน เมืองแสน และคณะ (2556)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2552. **ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศโดยทั่วไป**. [Online]. Available : http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_airsnd01.html. เข้าถึงเมื่อวันที่ 1 เม.ย. 2559.

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2552. **มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์**. [Online]. Available : http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_airsnd01.html. เข้าถึงเมื่อวันที่ 1 เม.ย. 2559.

กรมควบคุมมลพิษ. 2559. **ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในกรุงเทพมหานคร ปี 2558.** [Online]. Available : http://aqnis.pcd.go.th/data/57. เข้าถึงเมื่อวันที่ 1 เม.ย. 2559.

กรมควบคุมมลพิษ. 2555. **มาตรฐานคุณภาพอากาศของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ($NO_2$).** [Online]. Available : http://aqmthai.com/aqi_info.php. เข้าถึงเมื่อวันที่ 31 ธ.ค. 2558.

กรมป่าไม้, สำนักงานความหลากหลายทางชีวภาพด้านป่าไม้. **ไลเคน.** [Online]. Available : http://biodiversity.forest.go.th/index.php?option=com_doflichen&id=52&view=showone&Itemid=53. เข้าถึงเมื่อวันที่ 1 เม.ย. 2559.

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2559. **สรุปลักษณะอากาศรายวัน.** [Online]. Available : http://www.tmd.go.th/climate/climate.php. เข้าถึงเมื่อวันที่ 1 เม.ย. 2559.

กรองแก้ว ทิพยศักดิ์, กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ และสุวรรณี จรรณยาพูน. 2557. **ปฏิบัติการเคมีสิ่งแวดล้อมสำหรับดินและอากาศ.** กรุงเทพฯ : โครงการตำรา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 164 หน้า.

กลุ่มพัฒนาการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม. **ผลกระทบของไนโตรเจนออกไซด์ต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม**. [Online]. Available : http://hpe4.anami.moph.go.th/hia/nox.php. เข้าถึงเมื่อวันที่ 20 ธ.ค. 2558.

กองอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักอนามัย กรุงเทพมหานคร. 2542. **ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์.** [Online]. Available : https://web.ku.ac.th/schoolnet/snet6/envi3/monpit-a/sul.htm. เข้าถึงเมื่อวันที่ 1 เม.ย. 2559.

กัณฑรีย์ บุญประกอบ. 2544. **บทความปริทัศน์งานวิจัยด้านความหลากหลายทางชีวภาพในประเทศไทย.** ชีวปริทรรศน์. 3(3) ฉบับพิเศษ จุลินทรีย์ของประเทศไทย : 66-77.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กัณฑรีย์ บุญประกอบ. 2550. **ไลเคนแห่งเกาะแสมสารจากยอดเขาถึงชายทะเล.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 136 หน้า.

จันทร์พิมพ์ สังขนารอด, พรพรรณ เลิศกิจมั่นคง และสิธยา หงษ์อุดร. 2555. **การใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศบริเวณสวนสาธารณะลาดกระบัง (สวนพระนคร).** วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม). สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 139 หน้า.

จิระศักดิ์ วิชาสวัสดิ์. 2549. **เอกสารประกอบคำสอนวิชาปฐพีศาสตร์เบื้องต้น เรื่อง จุลินทรีย์ในดิน.** สาขาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วิทยาเขตชุมพร. 3 หน้า.

ชนัฐกานต์ อมรวรสิน. **วัฏจักรของซัลเฟอร์.** [Online]. Available : http://www.student.chula.ac.th/~54373077/s.html. เข้าถึงเมื่อวันที่ 31 มี.ค. 2559.

ชุมพล สานแดง, โชติกา ลอยทวินันท์ และปริญญา ตาอินทร์. 2554, **การใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดอากาศบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.** วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม). สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 101 หน้า.

บุญยืน กวินเสกสรร. 2557. **ตรวจสอบคุณภาพอากาศด้วย "ไลเคน".** [Online]. Available : http://wqm.pcd.go.th/water/images/domestic/journal/2557/lichen57.pdf. เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 ก.พ. 2559.

พล งามสวัสดิ์วงศ์, เมธาวดี เข็มทอง และหทัยรัตน์ ชนะขำ. 2558. **การใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ.** วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม). สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 128 หน้า.

มูลนิธิโลกสีเขียว. **คู่มือฉบับทดสอบนักสืบสายลม สำรวจไลเคนกรุงเทพ.** [Online]. Available : http://www.greenworld.or.th/sites/default/files/airdetectivedraft.pdf. เข้าถึงเมื่อวันที่ 31 ธ.ค. 2558.

รอบคอบ รอบด้าน. 2554. **มลพิษอากาศ.** [Online]. Available : http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?bookID=2102&read=true&count=true. เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 ก.พ. 2559.

รำพรวน กันเจิม. 2552. **ความหลากหลายของไลเคนและการติดตามตรวจสอบปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ปี พ.ศ. 2552.** วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ชีววิทยา). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 98 หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไลเคนบ้านเรา. 2553. **คลังรูปภาพไลเคน.** [Online]. Available : http://www.thaigoodview.com/library/contest2553/type1/science03/19/lichen/gallery.html. เข้าถึงเมื่อวันที่ 31 มี.ค. 2559.

วนิดา จีนศาสตร์. 2551. **มลพิษอากาศและการจัดการคุณภาพอากาศ.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เวชศาสตร์ พลเยี่ยม, รุ่งอรุณ ถนอมจิตร และคณะ. 2552. **ไลเคนในสวนสาธารณะกรุงเทพมหานครและการชี้วัดคุณภาพสิ่งแวดล้อม Lichens in the Public Parks in Bangkok and Their Indication of Environmental Quality.** เอกสารการประชุมวิชาการและวิจัย ประจำปี 2552 (RURC 2009). หน้า 51-63.

ศูนย์รวมตำราเรียนรามคำแหงบนโลกอินเทอร์เน็ตมหาวิทยาลัยรามคำแหง. **อากาศและมลพิษทางอากาศ.** [Online]. Available : e-book.ram.edu/e-book/c/CM103(50)/CM103-15(50).pdf. เข้าถึงเมื่อวันที่ 31 มี.ค. 2559.

สมพร จันทระ. 2548. **การหาปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศโดยใช้การเก็บตัวอย่างแบบแพสสีฟ.** รายงานฉบับสมบูรณ์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 24 หน้า.

สุธีรา พฤกษากร. 2550. **การใช้ไลเคนเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพเพื่อการติดตามตรวจสอบมลพิษทางอากาศในจังหวัดลำพูน ปี พ.ศ. 2547.** วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ชีววิทยา). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 135 หน้า.

เสถียร ดามาพงษ์. 2553. **ไลเคนดัชนีคุณภาพอากาศ.** [Online]. Available : http://www.sahavicha.com/?name=knowledge&file=readknowledge&id=2281. เข้าถึงเมื่อวันที่ 1 เม.ย. 2559.

หน่วยวิจัยไลเคน ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง. **ไลเคน.** [Online]. Available : http://joomlas.ru.ac.th/lichen/index.php/lichen/identify. เข้าถึงเมื่อวันที่ 31 มี.ค. 2559.

อมรรัตน์ พิทักษ์พงษ์. 2552. **การใช้ไลเคนเพื่อเป็นดัชนีในการเฝ้าระวังคุณภาพสิ่งแวดล้อมในเขตเทศบาลนครราชสีมาและสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช.** วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ชีววิทยาสิ่งแวดล้อม). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 237 หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Armstrong W.P. 2004. ***Ramalinaleptocarpha.*** [Online]. Available : http://waynesword.palomar.edu/pljan98c.htm. Accessed date April 1, 2016.

Boonpragob, K. and Pangpet, K. 2004. **Preliminary observations on the growth of Transplanted lichens Parmotrematinctorum In four ecosystems at KhaoYai National Park.** 31st Congress on Science and Technology of Thailand at Suranaree University of Technology. 18-20 October 2005. 160 p.

Brodo, I.M. 1973. **The lichens.** The lichen genus Coccotrema in North America. Bryologist. 76 : 260-270.

Chongdee Thammakhet. **Passive Samplers.** [Online]. Available : http://www.thaiscience.info/Article%20for%20ThaiScience/Article/4/Ts-4%20cost%20effective%20passive%20sampling%20device%20for%20volatile%20organic%20compounds%20monitoring.pdf. Accessed date December 7, 2015.

Cruz, L.P.S. *et al*. 2005. **Laboratory Validation of a Passive Sampler for $SO_2$ Atmospheric Monitoring.** Journal of the Brazilian chemical Society. Brazil.Vol.16 (Issue 1). 50-57 p.

Elmar Uherek. **OH and the nitrogen oxide cycle.** [Online]. Available : http://www.hydrodrive.co.in/ENERGISING%20MOLECULAR%20COMPOSITIONS.html . Accessed date December 15, 2015.

Gair, A.J. Penkett, S.A. and Oyola, P. 1991. **Development of a simple passive technique for the determination of nitrogen dioxide in remote continental locations.** Atmospheric Environment. Past A. GeneralTopics.Vol.25 (Issue 9). 1927-1939 p.

Jiri Bohdal. **Foliose.** [Online]. Available : http://www.naturephoto-cz.com/tube-lichen-photo-1610.html. Accessed date April 1, 2016.

Lindsay Seed, Pat Wolseley, Laura Gosling, Linda Davies and Sally A. **Modelling relationships between lichen bioindicators, air quality and climate on a national scale: Results from the UK OPAL air survey.** Environmental Pollution. 182(2013) : 437-447.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

New Brunswick Museum. **Lichen *Cladonia***. [Online]. Available : http://website.nbm-mnb.ca/mycologywebpages/NaturalHistoryOfFungi/AlgalMutualisms.html. Accessed date April 1, 2016.

NIEHS. **Ozone production from $NO_x$ pollutants.** [Online]. Available : http://science.howstuffworks.com/environmental/green-science/ozone-pollution.html. Accessed date April 1, 2016.

Sigma-Aldrich. **Diffusion of air**. [Online]. Available : http://www.sigmaaldrich.com/analytical-chromatography/air-monitoring/passive-sampling.html. Accessed date December 6, 2015.

Silverside A.J. 2013. ***Lecidellaelaeochoma.*** [Online]. Available : http://www.lichens.lastdragon.org/Lecidella_elaeochroma.html. Accessed date April 1, 2016.

USHEW. 1962. **Division of Air Pollution**. Washington.

Verin Deutscher Ingenieure. 1995. **Measurement and evaluation of phytotoxic effect of ambient air pollution (immisstions) with lichen**. Mapping of Lichens for Assessment of the Air Quality. 942 p.

WHO. 2005. Air Quality Guideline.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก

**ไอออนโครมาโทกราฟี (Ion Chromatograph, IC)** เป็นรูปแบบหนึ่งของลิควิดโครมาโทกราฟีสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography, HPLC) สามารถแยกและหาปริมาณไอออนอนินทรีย์ การแยกกรดและเบส สารประกอบอินทรีย์ ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำและละลายน้ำได้ กล่าวได้ว่าเทคนิคของไอออนโครมาโทกราฟี คือ เทคนิคของการใช้ ion-exchange column ที่เหมาะสมกับตัวอย่างแต่ละชนิด มีชื่อเรียกอีกว่า HPLC (ชูติมา, 2546)

การใช้เทคนิคและวิธีการทางไอออนโครมาโทกราฟีมีข้อดีกว่าวิธีอื่น ดังนี้

- Speed
- Sensitivity
- Selectivity
- Simultaneous detection
- Stability of separation column

ไอออนอนินทรีย์ที่สามารถวิเคราะห์ได้โดยวิธีไอออนโครมาโทกราฟี ถูกจัดแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ไอออนบวก (cation) และไอออนลบ (anion) ดังนี้

1) ไอออนบวก ได้แก่ ไอออนของกลุ่มธาตุต่อไปนี้

1.1 ธาตุกลุ่ม 8 คือ ธาตุที่มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนวงนอกสุดอยู่ใน s-orbital แบ่งได้เป็นธาตุ 2 ชนิด คือ หมู่ธาตุ IAโลหะอัลคาไลน์ ได้แก่ $Li^+$, $Na^+$, $K^+$ และธาตุหมู่ IIA โลหะอัลคาไลน์เอิร์ท ได้แก่ $Ca^{2+}$, $Ba^{2+}$, $Mg^{2+}$ เป็นต้น สามารถแยกวิเคราะห์โดยใช้ cation exchange column แล้วตรวจวัดด้วย conductivity detector

1.2 ธาตุกลุ่ม d คือธาตุที่มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนวงนอกสุดอยู่ใน d-orbital ธาตุกลุ่มนี้เรียกว่า ธาตุทรานซิชัน ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นโลหะหนัก ได้แก่ $Cu^{2+}$, $Fe^{2+}$, $Co^{2+}$, $Zn^{2+}$, $Cd^{2+}$, $Pb^{2+}$, $Mn^{2+}$ เป็นต้น สามารถวิเคราะห์แยกได้โดยใช้ resin ที่มีหมู่ฟังก์ชันนอลผสมกันระหว่าง แคดไอออนและไอออน ควบคู่กับการตรวจวัดด้วย UV detector โดยใช้เทคนิคของ post column derivatization

2) ไอออนลบ แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

2.1 กลุ่มฮาโลเจน ธาตุกลุ่มนี้จะอยู่ในรูปของแอนไอออนที่มีประจุ -1 ได้แก่ $F^-$, $Cl^-$, $Br^-$, $I^-$

2.2 กลุ่มของไอออนลบที่เกิดจากการรวมตัวของธาตุทั้งสองชนิด ได้แก่ $PO_4^{3-}$, $SO_4^{2-}$, $NO^{2-}$, $NO_3$, ClO, CN, $SCN^-$, $C_2O_4$

กลุ่มของไอออนลบ สามารถวิเคราะห์แยกได้โดยใช้ anion exchange column ควบคู่กับการวัดด้วย conductivity detector

**เทคนิคไอออนโครมาโทกราฟีโดยการใช้ conductivity detector แบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ**

**1. Non-suppressed IC Method** ใช้คอลัมน์สำหรับแยกที่มีประจุต่ำเพียงคอลัมน์เดียว เทคนิคนี้ตัวชะต้องมี low background conductivity เช่น ในการแยกพวกแอนไอออน ตัวชะต้องเป็นพวก Aromatic anion, Benzoate, Phthalate ซึ่งมี low conductivity

**2. Suppressed IC Method** ใช้คอลัมน์ 2 ชนิด คือ คอลัมน์สำหรับแยกกับคอลัมน์ทำหน้าที่เป็นซัพเพรสเซอร์ต่อกันแบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตัวอย่างการแยกไอออนโดยใช้ระบบ suppress conductivity detector**

คอลัมน์สำหรับแยก จะบรรจุเรซินหรือสารแลกเปลี่ยนแอนไอออนความจุต่ำ ทำหน้าที่แยกแอนไอออนออกจากกัน โดยใช้สารละลายผสมเจือจาง $Na_2CO_3$ และ $NaHCO_3$ หรือ NaOH เป็นเฟสเคลื่อนที่หรือตัวชะ

คอลัมน์ที่ทำหน้าที่ซัพเพรสเซอร์ จะบรรจุเรซินหรือสารแลกเปลี่ยนแคทไอออนที่อยู่ในรูปของไฮโดรเจนไอออนความจุสูง ทำหน้าที่บดบังอิทธิพลของตัวชะไว้โดยกลไกของการแลกเปลี่ยนไอออน โดยการทำให้ตัวชะอยู่ในรูปของกรดคาร์บอนิกหรือน้ำ ซึ่งมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำมาก เมื่อเทียบกับแอนไอออนที่ออกจากคอลัมน์เข้าสู่ระบบตรวจวัดสัญญาณในรูปของกรด ซึ่งมีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่า สำหรับการแยกโดยใช้คอลัมน์คู่นั้นจะมีค่าสูงกว่าการใช้ระบบคอลัมน์เดี่ยว

**ตัวอย่าง** เมื่อต้องการวิเคราะห์แอนไอออน $A^-$ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในคอลัมน์ เมื่อเรซินที่ใช้ คือ R-Cl มีขั้นตอนดังนี้

1. exchange

$$R\text{-}Cl^- + NaA \longleftrightarrow R\text{-}A^- + Na^+ + Cl^-$$
$$(R\text{-}OH^-)$$

2. elute

$$R\text{-}A^- + NaOH \longleftrightarrow R\text{-}OH^- + Na^+ + A^-$$

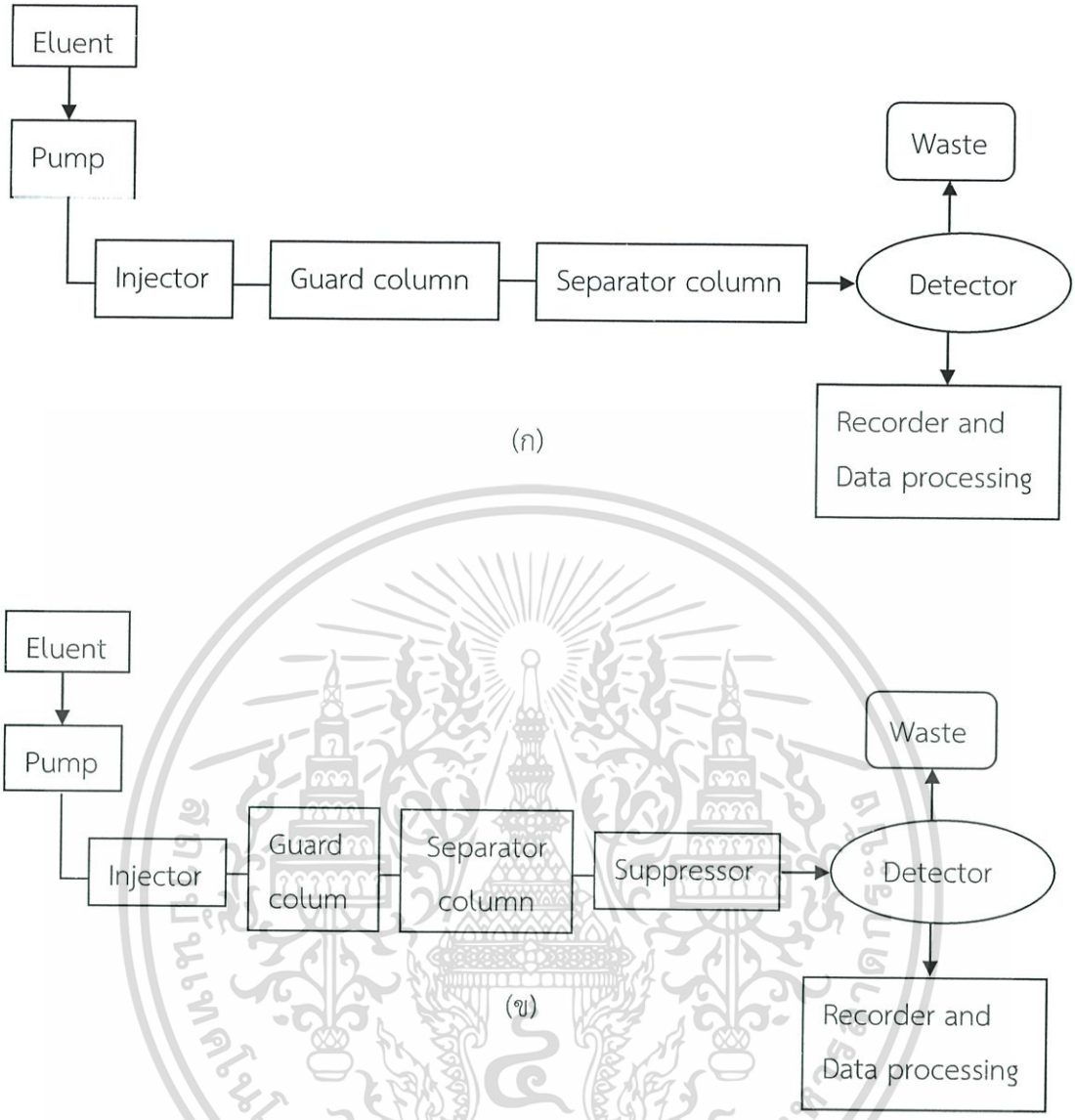
3. suppress

$$R\text{-}H^+ + NaOH \longleftrightarrow R\text{-}Na + H_2O$$
$$R\text{-}H^+ + Na^+A^- \longleftrightarrow R\text{-}Na + H^+ + A^-$$

เมื่อ $A^-$ ได้แก่ $NO_3^-$ หรือ $Br^-$

$$R\text{-}H^+ + NaNO_3 \longleftrightarrow R\text{-}Na^+ + H^+ + NO_3^-$$
$$R\text{-}H^+ + NaBr \longleftrightarrow R\text{-}Na^+ + H^+ + Br^-$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ ก.1 ส่วนประกอบของเครื่องมือไอออนโครมาโทกราฟี**

(ก) Non-suppressed IC

(ข) Suppressed IC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ก.1 สภาวะของเครื่องไอออนโครมาโทกราฟที่ใช้**

| ระบบทำงาน | เงื่อนไขในการวิเคราะห์ |
|---|---|
| Eluent | 3.2 mM$Na_2CO_3$ / 1.0 mM$NaHCO_3$ |
| Column | METROSEP A SUPP 5-150 |
| Column size | 4.0 x 150 mm |
| Flow rate | 0.70 mL/min |
| Sample volume | 20.0 µL |
| Analysis time | 14 minute |
| Dilution | 1.00 |
| Temperature | 35.0 °c |

**ส่วนประกอบของเครื่องไอออนโครมาโทกราฟี**

1. ขวดพร้อมสารละลายวัฏภาคเคลื่อนที่สำหรับแคทไอออน (Eluent or Mobile phase for Cation)

2. ขวดพร้อมสารละลายวัฏภาคเคลื่อนที่สำหรับแอนไอออน (Eluent or Mobile phase for Anion)

3. ปั๊มสำหรับสารละลายวัฏภาคเคลื่อนที่ (709 IC pump) สำหรับแยกแคทไอออนให้ใช้อัตราการไหล 1.00 มล. ต่อนาที และสำหรับแยกแอนไอออนให้อัตราการไหล 0.70 มล. ต่อนาที

4. หน่วยติดต่อประมวลผลทุกหน่วยย่อย (762 IC Interface)

5. ตู้ภายในบรรจุคอลัมน์สำหรับแยกแคทไอออน (METROSEP 2_150 ขนาด 4.0×250 มม.) และคอลัมน์สำหรับแยกแอนไอออน (METROSEP ASUPPS_150 ขนาด 4.0×250 มม.)

6. เครื่องตรวจวัดสัญญาณการนำไฟฟ้า สำหรับแยกแคทไอออนและแอนไอออน (Conductivity detector, 732 IC detector)

7. หน่วยซัพเพรสเซอร์ (753 IC Suppressor)

8. เครื่องตรวจวัดสัญญาณ (791 VA Detector)

9. หน่วยสำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเทคนิคไดอะไลซิส (812 Valve unit)

**การเตรียมตัวอย่าง และการเตรียมสารละลายวัฏภาคเคลื่อนที่ สำหรับชะ (Sample Preparation and Mobile phase for Elution)**

1. สารละลายตัวอย่าง ต้องผ่านการกรองโดยใช้แผ่นกรองเมมเบรน ขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร เพื่อป้องกันการอุดตันภายในคอลัมน์ ทำให้ความดันภายในคอลัมน์อาจเกินขีดความสามารถที่คอลัมน์ทนได้

2. การเตรียมสารละลายวัฏภาคเคลื่อนที่ (Mobile Phase Eluent) สำหรับการวิเคราะห์แอนไอออน

- การเตรียมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ($Na_2CO_3$) กับโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) ที่มีความเข้มข้น 3.2 และ 1.0 มิลลิโมลาร์ (mM) โดยชั่ง $Na_2CO_3$ และ $NaHCO_3$ มา 0.6783 กรัม และ 0.1680 กรัม ตามลำดับ ละลายด้วยน้ำความบริสุทธิ์สูง (Ultrapure water) ประมาณ 80-100 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เติมอะซิโตน จำนวน 100 มิลลิลิตร เพื่อป้องกันการเติบโตของแบคทีเรีย ปรับปริมาตรด้วยน้ำความบริสุทธิ์สูง จนได้ 2 ลิตร ในขวดวัดปริมาตร ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน

- นำสารละลายที่ได้ไปไล่ก๊าซในอ่างอัลตราโซนิคนาน30 นาที

- นำมากรองโดยใช้กระดาษกรองที่มีขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตรด้วยเครื่องกรองสุญญากาศแบบถดความดัน

- นำมาแช่ในอ่างอัลตราโซนิคนาน5 นาทีอีกครั้งเพื่อไล่ก๊าซออกไป

- นำไปใส่บนถาดรองในชุดเครื่องไอออนโครมาโทกราฟี ทำการไล่ก๊าซออกจากภายในเส้นท่อทุกครั้งที่ทำการเปลี่ยนสารละลายวัฏภาคเคลื่อนที่

- อายุการใช้งานของสารชะ 2-4 สัปดาห์ หรือจนเกินการเคลื่อนของเวลาในการแยกสารมาตรฐาน ($R_f$) เปลี่ยนเกิน 5% โดยปกติควรมีค่าการนำไฟฟ้าไม่เกิน 17 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร

3. การเตรียมสารละลายกรดซัลฟิวริก มิลลิโมลาร์สำหรับซัพเพรสเซอร์

ปิเปตกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (Concentrated Sulfuric acid) 4.42 มิลลิลิตร ลงในน้ำความบริสุทธิ์สูง ปริมาตร 1 ลิตร ในขวดวัดปริมาตร ผสมสารให้เป็นเนื้อเดียวกัน บรรจุลงในขวดเพื่อใช้ในการซัพเพรสสารละลายวัฏภาคเคลื่อนที่ให้มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำสุด เพื่อลดค่าสัญญาณรบกวนที่มีผลต่อค่าสัญญาณของไอออนที่ทำการวิเคราะห์ ใช้เฉพาะการวิเคราะห์แอนไอออน

**การดูแลรักษาคอลัมน์ไอออนโครมาโทกราฟ**

1. ใช้คอลัมน์ให้มีความดันไม่เกินค่าที่ระบุไว้ได้สูงสุดในคุณลักษณะของคอลัมน์

2. การเก็บคอลัมน์เมื่อไม่ได้ใช้งานถ้าในช่วงระยะเวลาสั้นๆให้เก็บไว้ในสารละลายที่ใช้ชะ (Eluent) พร้อมทั้งปิดจุกสนิท (Plug) แต่ที่เป็นระยะยาวให้คอลัมน์ด้วยสารละลายที่เหมาะสมในการเก็บก่อนอย่างน้อย 10 นาทีการเลือกสารละลายต้องดูจากคำแนะนำของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดของคอลัมน์แล้วจึงทำการถอดคอลัมน์และปิดจุกให้สนิท

3. การล้างในการทำความสะอาดคอลัมน์เมื่อโครมาโทแกรมที่ได้มีพีคที่ผิดปกติและไม่สามารถจำแนกชนิดได้ว่าเป็นสารใด แสดงว่ามีสิ่งสกปรกติดค้างในคอลัมน์ แบ่งชนิดของสารตกค้างได้เป็น 3 พวกคือชนิดที่ละลายในกรดละลายในเบสและละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ต้องเลือกสารละลายที่ใช้ทำความสะอาดให้เหมาะสมเช่นกัน เช่น การล้างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นเป็น 10 เท่าของสารละลายที่ใช้ชะคอลัมน์ ถ้ามีไอออนของโลหะติดอยู่อาจใช้กรดไฮโดรคลอริก 1-3 โมลาร์ในการล้างหรือกรดที่ใช้คีเลต (Chelating agent) เช่น กรดออกซาลิก หรือใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น อะซีโตนผสมน้ำตามอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับพวกที่ตกค้างเป็นสารไม่มีขั้วและไม่ชอบน้ำ (Nonionic and Hydrophobic)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ข

Report date: 2/16/2016 10:45:40 PM
Printed by: Chemistry

Ident: Trip Blank16-02-59
Analysis from: 2/16/2016 10:31:24 PM
File: _2016-02-16_ Last save: 2/16/2016 10:43:24 PM
Modified!
Method: std Anion NO3 SO4 Use Last save: 2/16/2016 1
Run operator: Chemistry
Analysis number: 6137

SAMPLE: Bongkoch
:
Vial number: 1
Volume: 20.0 µL
Dilution: 1.00
Amount: 1.0000

COLUMN: METROSEP A SUPP 5 - 150 (6.1006.520)
Size: 4.0 x 150 mm
Number:
Part.size: 5.0 µm

ELUENT: 3.2 mM Na2CO3
1.0 mM NaHCO3

Flow: 0.70 mL/min
Temperature: 35.0°C
Pressure: 10.3 MPa

Quantitation method: Custom

| No | Retention min | Height mV | Area mV*sec | Conc. mg/L | Name |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2.56 | -4.34 | -86.260 | 0.000 | |

This report has been created by IC Net
METROHM LTD

**รูปที่ ข.1 โครมาโทแกรม Trip Blank**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CALIBRATION OF COMPONENT sulphate

Method: std Anion NO3 SO4 Pranee 9-10-58.mtw
Equation: Q = 0.146079·A
RSD: 4.481 %
Correlation coefficient: 0.999176

K3 = 0 K2 = 0 K1 = 0.146079 K0 = 0
Base: Area
Ref.channel: ch3
ISTD: waterpeak
Formula: Linear through zero
Weight: 1

| Level | Height | Area | Conc. | Vol/Dil | Retention | Used | File |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2.298 | 47.37 | 0.5 | 20 | 7.794 | Yes | Z9111353.CHW |
| 2 | 7.648 | 156.9 | 1 | 20 | 7.794 | Yes | Z9111417.CHW |
| 3 | 20.56 | 439.8 | 3 | 20 | 7.794 | Yes | Z9111444.CHW |
| 4 | 33.68 | 739.6 | 5 | 20 | 7.794 | Yes | Z9111507.CHW |
| 5 | 61.38 | 1384 | 10 | 20 | 7.794 | Yes | Z9111529.CHW |
| 6 | 84.67 | 2016 | 15 | 20 | 7.794 | Yes | Z9111555.CHW |

**รูปที่ ข.2 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานซัลเฟต**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CALIBRATION OF COMPONENT nitrate

Method: std Anion NO3 SO4 Pranee 9-10-58.mtw
Equation: Q = 0.37876·A
RSD: 2.683 %
Correlation coefficient: 0.999931

K3 = 0 K2 = 0 K1 = 0.37876 K0 = 0
Base: Area
Ref.channel: ch3
ISTD: waterpeak
Formula: Linear through zero
Weight: 1

| Level | Height | Area | Conc. | Vol/Dil | Retention | Used | File |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.027 | 15.96 | 0.5 | 20 | 5.369 | Yes | Z9111353.CHW |
| 2 | 3.144 | 49.22 | 1 | 20 | 5.369 | Yes | Z9111417.CHW |
| 3 | 9.425 | 146.1 | 3 | 20 | 5.369 | Yes | Z9111444.CHW |
| 4 | 16.26 | 258.1 | 5 | 20 | 5.369 | Yes | Z9111507.CHW |
| 5 | 33.78 | 530.1 | 10 | 20 | 5.369 | Yes | Z9111529.CHW |
| 6 | 51.39 | 795.3 | 15 | 20 | 5.369 | Yes | Z9111555.CHW |

**รูปที่ ข.3 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานไนเทรต**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report date: 2/24/2016 12:54:15 PM
Printed by: Chemistry

Ident: bangna 1.3 24-02-59
Analysis from: 2/24/2016 12:25:37 PM
File: _2016-02-24_ Last save: 2/24/2016 12:37:37 PM

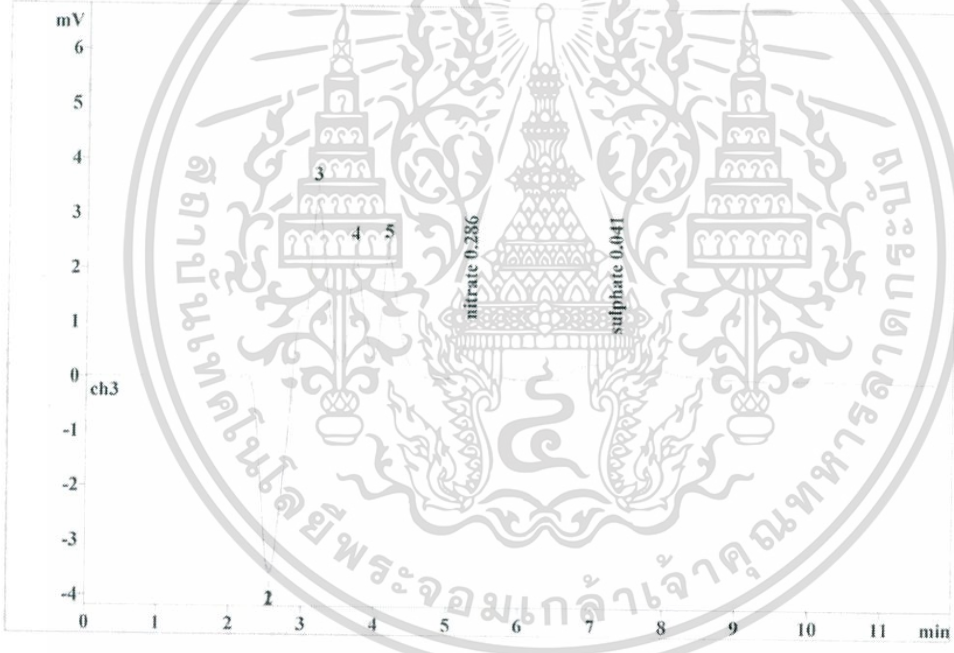
Method: std Anion NO3 SO4 Use Last save: 2/24/2016 1
Run operator: Chemistry
Analysis number: 6266

SAMPLE: Bongkoch
:
Vial number: 1
Volume: 20.0 µL
Dilution: 1.00
Amount: 1.0000

COLUMN: METROSEP A SUPP 5 - 150 (6.1006.520)
Size: 4.0 x 150 mm
Number:
Part.size: 5.0 µm

ELUENT: 3.2 mM Na2CO3
1.0 mM NaHCO3

Flow: 0.70 mL/min
Temperature: 35.0°C
Pressure: 10.4 MPa




Quantitation method: Custom

| No | Retention min | Height mV | Area mV*sec | Conc. mg/L | Name |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2.56 | -3.59 | -31.492 | 0.000 | |
| 2 | 2.56 | -3.59 | -30.003 | 0.000 | |
| 3 | 3.19 | 3.27 | 52.698 | 0.000 | |
| 4 | 3.71 | 2.19 | 31.743 | 0.000 | |
| 5 | 4.17 | 2.24 | 36.692 | 0.000 | |
| 6 | 5.31 | 0.83 | 15.225 | 0.286 | nitrate |
| 7 | 7.31 | 0.34 | 5.662 | 0.041 | sulphate |
| 7 | 12.00 | 16.05 | 203.515 | 0.328 | |

**รูปที่ ข.4 ตัวอย่างโครมาโทแกรม ณ จุดเก็บตัวอย่าง ถนนบางนาตราดของสารละลายมาตรฐานแอนไอออน 2 ชนิดที่วิเคราะห์โดยเครื่องไอออนโครมาโทกราฟ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ค

**ตารางที่ ค.1 การคำนวณหาความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) ในอากาศ**

| No. | $[SO_4^{2-}]_{ion\ chromatograph}$ X(ppm) | $[SO_2]$ Q (µg) | L (m) | C ($\mu g/m^3$) | $[SO_2]$ $ppb_v$ | Average ($ppb_v$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| S1/1 | 0.321 | 0.856 | 0.05 | 63.3464 | 24.2102 | |
| S1/2 | 0.402 | 1.072 | 0.05 | 79.3310 | 30.3193 | |
| S1/3 | 0.231 | 0.616 | 0.05 | 45.5857 | 17.4223 | 23.9829 |

โดยกำหนดค่า

L = $5 \times 10^{-2}$ m

$\pi r^2$ = $6.1575 \times 10^{-4}$ $m^2$

เมื่อ r คือ รัศมีของหลอดเก็บตัวอย่างอากาศ (m)

t = 86400 s (1วัน)

D = 0.0000127 $m^2/s$

เมื่อ D คือ ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ $SO_2$ ในอากาศโดยรอบ

Molecular volume (MO) = 24.46 L

มวลโมเลกุลของ $SO_2$ (MW $SO_2$) = 64 g/mol

มวลโมเลกุลของ $SO_4^{2-}$ (MW $SO_4^{2-}$) = 96 g/ion

$\frac{MW\ SO_2}{MW\ SO_4^{2-}}$ = 0.666666667

**การคำนวณหาปริมาณของซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากซัลเฟต ($SO_4^{2-}$)** (อมรรัตน์, 2552)

$[SO_2]$ X = 0.321 ppm = 0.321 mg/L = 0.321 µg/mL

Q (µg) = X (ppm) x ปริมาตรสารที่ใช้สกัด (ml) x $\frac{MW\ SO_2}{MW\ SO_4^{2-}}$

= $0.321 \frac{\mu g}{ml} \times 4\ ml \times \frac{64}{96}$

= 0.856 µg ของ $SO_2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) ในหน่วย $\mu g/m^3$

$$C\ (\mu g/m^3) = \frac{[Q \times L]}{[(\pi r)^2 \times t \times D]}$$

$$= \frac{0.856 \times 0.05}{6.1575 \times 10^{-4} \times 86400 \times 0.0000127}$$

$$= 63.3464\ \mu g/m^3$$

ทำการเปลี่ยนหน่วยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จาก $\mu g/m^3$ เป็น ppb หรือ $ppb_v$ หาได้จากสมการ

$$ppb_v = \frac{\frac{\mu g}{m^3} \times \text{molecular volume (L)}}{\text{molecular weight}}$$

เมื่อ molecular volume $= \frac{22.41 \times (273.15+25)}{273.15} = 24.46$ L/mol

เมื่อ P = ความดันบรรยากาศ 1 atm = 101.3 kPa

ดังนั้นความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) ($ppb_v$)

$$SO_2\ (ppb_v) = \frac{63.3464\ \frac{\mu g}{m^3} \times 24.46\ \text{L/mol}}{64\ \text{g/mol}}$$

$$= 24.2102\ ppb_v$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 การคำนวณหาความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ($NO_2$) ในอากาศ

| No. | $[NO_3^-]_{ion\ chromatograph}$ X(ppm) | $[NO_2]$ Q (µg) | L (m) | C ($\mu g/m^3$) | $[NO_2]$ $ppb_v$ | Average ($ppb_v$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| S1/1 | 0.203 | 0.6025 | 0.05 | 36.7695 | 19.5518 | |
| S1/2 | 0.475 | 1.4097 | 0.05 | 86.0316 | 45.7464 | |
| S1/3 | 0.217 | 0.644 | 0.05 | 39.3022 | 20.8985 | 28.7322 |

โดยกำหนดค่า

L = $5 \times 10^{-2}$ m

$\pi r^2$ = $6.1575 \times 10^{-4}$ $m^2$

เมื่อ r คือ รัศมีของหลอดเก็บตัวอย่างอากาศ (m)

t = 86400 s (1วัน)

D = 0.0000154 $m^2/s$

เมื่อ D คือ ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ $NO_2$ ในอากาศโดยรอบ

Molecular volume (MO) = 24.46 L

มวลโมเลกุลของ$NO_2$ (MW $NO_2$) = 46 g/mol

มวลโมเลกุลของ$NO_3^-$ (MW $NO_3^-$) = 62 g/ion

$\frac{MW\ NO_2}{MW\ NO_3^-}$ = 0.74193548

**การคำนวณหาปริมาณของไนโตรเจนไดออกไซด์จากไนเทรต ($NO_3^-$)** (อมรรัตน์, 2552)

$[NO_2]$ X = 0.203 ppm = 0.203 mg/L = 0.203 µg/mL

Q (µg) = X (ppm) x ปริมาตรสารที่ใช้สกัด (ml) x $\frac{MW\ NO_2}{MW\ NO_3^-}$

= $0.203 \frac{\mu g}{ml} \times 4\ ml \times \frac{46}{62}$

= 0.6025 µg ของ $NO_2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) ในหน่วย $\mu g/m^3$

$$C\ (\mu g/m^3) = \frac{[Q \times L]}{[(\pi r)^2 \times t \times D]}$$

$$= \frac{0.6025 \times 0.05}{6.1575 \times 10^{-4} \times 86400 \times 0.0000154}$$

$$= 36.7695\ \mu g/m^3$$

ทำการเปลี่ยนหน่วยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จาก $\mu g/m^3$ เป็น ppb หรือ $ppb_v$ หาได้จากสมการ

$$ppb_v = \frac{\frac{\mu g}{m^3} \times \text{molecular volume (L)}}{\text{molecular weight}}$$

เมื่อ molecular volume $= \frac{22.41 \times (273.15+25)}{273.15} = 24.46$ L/mol

เมื่อ P = ความดันบรรยากาศ 1 atm = 101.3 kPa

ดังนั้นความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ($NO_2$) ($ppb_v$)

$$NO_2\ (ppb_v) = \frac{36.7695\ \frac{\mu g}{m^3} \times 24.46\ L/mol}{46\ g/mol}$$

$$= 19.5518\ ppb_v$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การประกันและควบคุมคุณภาพในการทำกราฟมาตรฐานซัลเฟตของเครื่องไอออนโครมาโทกราฟ**

ทำการประกันคุณภาพและควบคุมคุณภาพในการทำกราฟมาตรฐาน โดยการเตรียมสารละลายมาตรฐานซัลเฟตความเข้มข้น 0.5, 1, 3, 5, 10 และ 15 พีพีเอ็ม ได้กราฟมาตรฐานดังรูปที่ ค.1 ซึ่งมีค่า $R^2$ – 0.999176 ซึ่งมีค่าใกล้เคียง 1 แสดงให้เห็นถึงความถูกต้องของกราฟมาตรฐานซัลเฟตที่เตรียมได้

**รูปที่ ค.1 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานซัลเฟต**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การประกันและควบคุมคุณภาพในการทำกราฟมาตรฐานไนเทรตของเครื่องไอออนโครมาโทกราฟ**

ทำการประกันคุณภาพและควบคุมคุณภาพในการทำกราฟมาตรฐาน โดยการเตรียมสารละลายมาตรฐานไนเทรตความเข้มข้น 0.5, 1, 3, 5, 10 และ 15 พีพีเอ็ม ได้กราฟมาตรฐานดังรูปที่ ค.2 ซึ่งมีค่า $R^2$ = 0.999931 ซึ่งมีค่าใกล้เคียง 1 แสดงให้เห็นถึงความถูกต้องของกราฟมาตรฐานไนเทรตที่เตรียมได้

**รูปที่ ค.2 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานไนเทรต**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ง

**ตารางที่ ง.1 ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ กลางเดือนมกราคม 2559**

| จุดเก็บที่ | ตัวอย่าง | X (ppm) | Q (µg) | C (µg/m$^3$) | mg/m$^3$ | ppbv | Avg. | S.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | S1/1 | 0.3210 | 0.8560 | 63.3464 | 0.0634 | 24.2102 | | |
| | S1/2 | 0.4020 | 1.0720 | 79.3310 | 0.0793 | 30.3193 | | |
| | S1/3 | 0.2310 | 0.6160 | 45.5857 | 0.0456 | 17.4223 | 23.9839 | 6.4515 |
| 2 | S2/1 | 0.4350 | 1.1600 | 85.8432 | 0.0858 | 32.8082 | | |
| | S2/2 | 0.2730 | 0.7280 | 53.8740 | 0.0539 | 20.5900 | | |
| | S2/3 | 0.2270 | 0.6053 | 44.7939 | 0.0448 | 17.1197 | 23.5060 | 8.2407 |
| 3 | S3/1 | 0.3660 | 0.9760 | 72.2267 | 0.0722 | 27.6041 | | |
| | S3/2 | 0.1200 | 0.3200 | 23.6809 | 0.0237 | 9.0505 | | |
| | S3/3 | 0.2360 | 0.6293 | 46.5700 | 0.0466 | 17.7985 | 18.1510 | 9.2818 |
| 4 | S4/1 | 0.5020 | 1.3387 | 99.0675 | 0.0991 | 37.8624 | | |
| | S4/2 | 0.2990 | 0.7973 | 59.0024 | 0.0590 | 22.5500 | | |
| | S4/3 | 0.3270 | 0.8720 | 64.5304 | 0.0645 | 24.6627 | 28.3584 | 8.2983 |
| 5 | S5/1 | 0.4920 | 1.3120 | 97.0917 | 0.0971 | 37.1072 | | |
| | S5/2 | 0.2960 | 0.7893 | 58.4104 | 0.0584 | 22.3237 | | |
| | S5/3 | 0.2830 | 0.7547 | 55.8500 | 0.0559 | 21.3452 | 26.9254 | 8.8313 |
| 6 | Blank1 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ปลายเดือนมกราคม 2559

| จุดเก็บที่ | ตัวอย่าง | X (ppm) | Q (µg) | C (µg/m$^3$) | mg/m$^3$ | ppbv | Avg. | S.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | S1/1 | 0.5980 | 1.5947 | 118.0123 | 0.1180 | 45.1028 | | |
| | S1/2 | 0.3670 | 0.9787 | 72.4265 | 0.0724 | 27.6805 | | |
| | S1/3 | 0.2430 | 0.6480 | 47.9538 | 0.0480 | 18.3273 | 30.3702 | 13.5889 |
| 2 | S2/1 | 0.3540 | 0.9440 | 69.8586 | 0.6990 | 26.6991 | | |
| | S2/2 | 0.4110 | 1.0960 | 81.1071 | 0.0811 | 30.9981 | | |
| | S2/3 | 0.1110 | 0.2960 | 21.9048 | 0.0219 | 8.3717 | 22.0230 | 12.0162 |
| 3 | S3/1 | 0.0640 | 0.1707 | 12.6323 | 0.0126 | 4.8279 | | |
| | S3/2 | 0.3870 | 1.0320 | 76.3709 | 0.0764 | 29.1880 | | |
| | S3/3 | 0.1500 | 0.4000 | 29.6011 | 0.0269 | 11.3132 | 15.1097 | 12.6160 |
| 4 | S4/1 | 0.5700 | 1.5200 | 112.4843 | 0.1125 | 42.9901 | | |
| | S4/2 | 0.2920 | 0.7787 | 57.6260 | 0.0576 | 22.0239 | | |
| | S4/3 | 0.2880 | 0.7680 | 56.8342 | 0.0568 | 21.7213 | 28.9118 | 12.1931 |
| 5 | S5/1 | 0.1680 | 0.4480 | 33.1533 | 0.0332 | 12.6708 | | |
| | S5/2 | 0.8380 | 2.2347 | 165.3741 | 0.1654 | 63.2039 | | |
| | S5/3 | 0.1210 | 0.3227 | 24.6207 | 0.0246 | 9.4097 | 28.4281 | 30.1608 |
| 6 | Blank1 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.3 ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ต้นเดือนกุมภาพันธ์ 2559

| จุดเก็บที่ | ตัวอย่าง | X (ppm) | Q (µg) | C (µg/$m^3$) | mg/$m^3$ | ppbv | Avg. | S.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | S1/1 | 0.1970 | 0.5253 | 38.8737 | 0.0389 | 14.8570 | | |
| | S1/2 | 0.1210 | 0.3227 | 23.8807 | 0.0239 | 9.1269 | | |
| | S1/3 | 0.2320 | 0.6187 | 45.7855 | 0.0458 | 17.4987 | 13.8275 | 4.2798 |
| 2 | S2/1 | 0.2270 | 0.6053 | 44.7939 | 0.0448 | 17.1197 | | |
| | S2/2 | 0.2100 | 0.5600 | 41.4416 | 0.0414 | 15.8385 | | |
| | S2/3 | 0.3780 | 1.0080 | 74.5948 | 0.0746 | 28.5092 | 20.4891 | 6.9751 |
| 3 | S3/1 | 0.4750 | 1.2667 | 93.7393 | 0.0937 | 35.8260 | | |
| | S3/2 | 0.3600 | 0.9600 | 71.0427 | 0.0710 | 27.1516 | | |
| | S3/3 | 0.3030 | 0.8080 | 59.7943 | 0.0598 | 22.8526 | 28.6101 | 6.6085 |
| 4 | S4/1 | 0.5750 | 1.5333 | 113.4685 | 0.1135 | 43.3662 | | |
| | S4/2 | 0.4780 | 1.2747 | 94.3314 | 0.0943 | 36.0523 | | |
| | S4/3 | 0.3740 | 0.9973 | 73.8030 | 0.0738 | 28.2066 | 35.8750 | 7.5814 |
| 5 | S5/1 | 0.5640 | 1.5040 | 111.3002 | 0.1113 | 42.5376 | | |
| | S5/2 | 0.3400 | 0.9067 | 67.0983 | 0.0671 | 25.6441 | | |
| | S5/3 | 0.3890 | 1.0373 | 76.7631 | 0.0768 | 29.3379 | 32.5065 | 8.8813 |
| 6 | Blank1 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.4 ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ กลางเดือนกุมภาพันธ์ 2559

| จุดเก็บที่ | ตัวอย่าง | X (ppm) | Q (µg) | C (µg/m$^3$) | mg/m$^3$ | ppbv | Avg. | S.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | S1/1 | 0.4120 | 1.0987 | 81.3069 | 0.0813 | 31.0745 | | |
| | S1/2 | 0.0350 | 0.0933 | 6.9045 | 0.0069 | 2.6388 | | |
| | S1/3 | 0.0160 | 0.0427 | 3.1599 | 0.0032 | 1.2077 | 11.6403 | 16.8457 |
| 2 | S2/1 | 0.0700 | 0.1867 | 13.8163 | 0.0138 | 5.2804 | | |
| | S2/2 | 0.1900 | 0.5067 | 37.4972 | 0.0375 | 14.3310 | | |
| | S2/3 | 0.1740 | 0.4640 | 34.3373 | 0.0343 | 13.1233 | 10.9116 | 4.9140 |
| 3 | S3/1 | 0.0690 | 0.1840 | 13.6165 | 0.0136 | 5.2041 | | |
| | S3/2 | 0.0330 | 0.0880 | 6.5123 | 0.0065 | 2.4889 | | |
| | S3/3 | 0.0310 | 0.0827 | 6.1200 | 0.0061 | 2.3390 | 3.3440 | 1.6126 |
| 4 | S4/1 | 0.1620 | 0.4320 | 31.9692 | 0.0320 | 12.2182 | | |
| | S4/2 | 0.0750 | 0.2000 | 14.8006 | 0.0148 | 5.6566 | | |
| | S4/3 | 0.0510 | 0.1360 | 10.0644 | 0.0101 | 3.8465 | 7.2404 | 4.4049 |
| 5 | S5/1 | 0.1310 | 0.3493 | 25.8492 | 0.0259 | 9.8792 | | |
| | S5/2 | 0.0500 | 0.1333 | 9.8646 | 0.0099 | 3.7701 | | |
| | S5/3 | 0.0410 | 0.1093 | 8.0885 | 0.0081 | 3.0913 | 5.5802 | 3.7385 |
| 6 | Blank1 | 0.0000 | 0.00000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.5 ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ปลายเดือนกุมภาพันธ์ 2559

| จุดเก็บที่ | ตัวอย่าง | X (ppm) | Q (µg) | C (µg/m$^3$) | mg/m$^3$ | ppbv | Avg. | S.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | S1/1 | 0.0770 | 0.2053 | 15.1928 | 0.0152 | 5.8065 | | |
| | S1/2 | 0.0340 | 0.0907 | 6.7121 | 0.0067 | 2.5653 | | |
| | S1/3 | 0.0410 | 0.1093 | 8.0885 | 0.0081 | 3.0913 | 3.8210 | 1.7395 |
| 2 | S2/1 | 0.0820 | 0.2187 | 16.1844 | 0.0162 | 6.1855 | | |
| | S2/2 | 0.0340 | 0.0907 | 6.7121 | 0.0067 | 2.5653 | | |
| | S2/3 | 0.0570 | 0.1520 | 11.2484 | 0.0113 | 4.2990 | 4.3500 | 1.8106 |
| 3 | S3/1 | 0.1470 | 0.3920 | 29.0091 | 0.0290 | 11.0869 | | |
| | S3/2 | 0.0390 | 0.1040 | 7.6963 | 0.0077 | 2.9414 | | |
| | S3/3 | 0.0340 | 0.0907 | 6.7121 | 0.0067 | 2.5653 | 5.5312 | 4.8151 |
| 4 | S4/1 | 0.1900 | 0.5067 | 37.4972 | 0.0375 | 14.3310 | | |
| | S4/2 | 0.2380 | 0.6347 | 46.9696 | 0.0470 | 17.9512 | | |
| | S4/3 | 0.1720 | 0.4587 | 33.9451 | 0.0340 | 12.9734 | 15.0852 | 2.5732 |
| 5 | S5/1 | 0.1300 | 0.3467 | 25.6568 | 0.0257 | 9.8057 | | |
| | S5/2 | 0.1010 | 0.2693 | 19.9290 | 0.0199 | 7.6166 | | |
| | S5/3 | 0.1460 | 0.3893 | 28.8093 | 0.0288 | 11.0106 | 9.4776 | 1.7206 |
| 6 | Blank1 | 0.0000 | 0.00000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.6 ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ต้นเดือนมีนาคม 2559

| จุดเก็บที่ | ตัวอย่าง | X (ppm) | Q (µg) | C (µg/m$^3$) | mg/m$^3$ | ppbv | Avg. | S.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | S1/1 | 0.4470 | 1.1920 | 88.2113 | 0.0882 | 33.7133 | | |
| | S1/2 | 0.4730 | 1.2613 | 93.3397 | 0.0933 | 35.6733 | | |
| | S1/3 | 0.4020 | 1.0720 | 79.3310 | 0.0793 | 30.3193 | 33.2353 | 2.7088 |
| 2 | S2/1 | 0.3150 | 0.8400 | 62.1624 | 0.0622 | 23.7577 | | |
| | S2/2 | 0.2850 | 0.7600 | 56.2421 | 0.0562 | 21.4950 | | |
| | S2/3 | 0.2570 | 0.6853 | 50.7141 | 0.0507 | 19.3823 | 21.5450 | 2.1881 |
| 3 | S3/1 | 0.3530 | 0.9387 | 69.4664 | 0.0695 | 26.5492 | | |
| | S3/2 | 0.2920 | 0.7787 | 57.6260 | 0.0576 | 22.0239 | | |
| | S3/3 | 0.3100 | 0.8267 | 61.1781 | 0.0612 | 23.3815 | 23.9849 | 2.3222 |
| 4 | S4/1 | 0.3620 | 0.9653 | 71.4349 | 0.0714 | 27.3015 | | |
| | S4/2 | 0.2970 | 0.7920 | 58.6102 | 0.0586 | 22.4001 | | |
| | S4/3 | 0.3560 | 0.9493 | 70.2509 | 0.0703 | 26.8490 | 25.5169 | 2.7087 |
| 5 | S5/1 | 0.1960 | 0.5227 | 38.6813 | 0.0523 | 14.7835 | | |
| | S5/2 | 0.2800 | 0.7467 | 55.2579 | 0.0553 | 21.1189 | | |
| | S5/3 | 0.3110 | 0.8293 | 61.3705 | 0.0668 | 23.4550 | 19.7858 | 4.4868 |
| 6 | Blank1 | 0.0000 | 0.00000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.7 ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ กลางเดือนมีนาคม 2559

| จุดเก็บที่ | ตัวอย่าง | X (ppm) | Q (µg) | C (µg/m$^3$) | mg/m$^3$ | ppbv | Avg. | S.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | S1/1 | 0.1930 | 0.5147 | 38.0892 | 0.0318 | 14.5572 | | |
| | S1/2 | 0.0750 | 0.2000 | 14.8006 | 0.1480 | 5.6566 | | |
| | S1/3 | 0.0350 | 0.0933 | 6.9045 | 0.0069 | 2.6388 | 7.6175 | 6.1965 |
| 2 | S2/1 | 0.0680 | 0.1813 | 13.4167 | 0.0134 | 5.1277 | | |
| | S2/2 | 0.0480 | 0.1280 | 9.4724 | 0.0095 | 3.6202 | | |
| | S2/3 | 0.0420 | 0.1120 | 8.2883 | 0.0083 | 3.1677 | 3.9719 | 1.0262 |
| 3 | S3/1 | 0.0530 | 0.1413 | 10.4566 | 0.0105 | 3.9964 | | |
| | S3/2 | 0.0520 | 0.1387 | 10.2642 | 0.0103 | 3.9229 | | |
| | S3/3 | 0.0360 | 0.0960 | 7.1043 | 0.0071 | 2.7152 | 3.5448 | 0.7194 |
| 4 | S4/1 | 0.1140 | 0.3040 | 22.4969 | 0.0225 | 8.5980 | | |
| | S4/2 | 0.0710 | 0.1893 | 14.0087 | 0.0140 | 5.3540 | | |
| | S4/3 | 0.0790 | 0.2107 | 15.5924 | 0.0156 | 5.9592 | 6.6371 | 1.7250 |
| 5 | S5/1 | 0.0340 | 0.0907 | 6.7121 | 0.0067 | 2.5653 | | |
| | S5/2 | 0.0590 | 0.1573 | 11.6406 | 0.0116 | 4.4489 | | |
| | S5/3 | 0.0820 | 0.2187 | 16.1844 | 0.0162 | 6.1855 | 4.3999 | 1.8106 |
| 6 | Blank1 | 0.0000 | 0.00000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.8 ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ปลายเดือนมีนาคม 2559

| จุดเก็บที่ | ตัวอย่าง | X (ppm) | Q (µg) | C (µg/m$^3$) | mg/m$^3$ | ppbv | Avg. | S.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | S1/1 | 0.1110 | 0.2960 | 21.9048 | 0.0219 | 8.3717 | | |
| | S1/2 | 0.0180 | 0.0480 | 3.5521 | 0.0036 | 1.3576 | | |
| | S1/3 | 0.0430 | 0.1276 | 7.7872 | 0.0078 | 4.1408 | 4.6234 | 3.5319 |
| 2 | S2/1 | 0.0650 | 0.1733 | 12.8247 | 0.0128 | 4.9014 | | |
| | S2/2 | 0.0380 | 0.1013 | 7.4965 | 0.0075 | 2.8651 | | |
| | S2/3 | 0.0550 | 0.1467 | 10.8562 | 0.0109 | 4.1491 | 3.9719 | 1.0297 |
| 3 | S3/1 | 0.0650 | 0.1733 | 12.8247 | 0.0128 | 4.9014 | | |
| | S3/2 | 0.0380 | 0.1013 | 7.4965 | 0.0075 | 2.8651 | | |
| | S3/3 | 0.0400 | 0.1067 | 7.8961 | 0.0079 | 3.0178 | 3.5948 | 1.1342 |
| 4 | S4/1 | 0.0400 | 0.1067 | 7.8961 | 0.0079 | 3.0178 | | |
| | S4/2 | 0.0420 | 0.1120 | 8.2883 | 0.0083 | 3.1677 | | |
| | S4/3 | 0.0460 | 0.1227 | 9.0801 | 0.0091 | 3.2186 | 3.1347 | 0.1044 |
| 5 | S5/1 | 0.0910 | 0.2427 | 17.9605 | 0.0180 | 6.8643 | | |
| | S5/2 | 0.0500 | 0.1333 | 9.8646 | 0.0099 | 3.7701 | | |
| | S5/3 | 0.0530 | 0.1413 | 10.4566 | 0.0105 | 3.9964 | 4.8769 | 1.7248 |
| 6 | Blank1 | 0.0000 | 0.00000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.9 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เดือนมกราคม 2559

| จุดเก็บที่ | ตัวอย่าง | X (ppm) | Q (µg) | C (µg/m$^3$) | mg/m$^3$ | ppbv | Avg. | S.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | S1/1 | 0.3180 | 0.8480 | 62.7544 | 0.0628 | 23.9839 | | |
| | S1/2 | 0.4027 | 1.0738 | 79.4642 | 0.0795 | 30.3702 | 27.1771 | 4.5158 |
| 2 | S2/1 | 0.3117 | 0.8311 | 61.5037 | 0.0615 | 23.5060 | | |
| | S2/2 | 0.2920 | 0.7787 | 57.6235 | 0.0576 | 22.0230 | 22.7645 | 1.0486 |
| 3 | S3/1 | 0.2407 | 0.6418 | 47.4925 | 0.0475 | 18.1510 | | |
| | S3/2 | 0.2003 | 0.5342 | 39.5348 | 0.0395 | 15.1097 | 16.6304 | 2.1505 |
| 4 | S4/1 | 0.3760 | 1.0027 | 74.2001 | 0.0742 | 28.3584 | | |
| | S4/2 | 0.3833 | 1.0222 | 75.6482 | 0.0756 | 28.9118 | 28.6351 | 0.3913 |
| 5 | S5/1 | 0.3570 | 0.9520 | 70.4507 | 0.0705 | 26.9254 | | |
| | S5/2 | 0.3757 | 2.4916 | 74.3827 | 0.0744 | 28.4281 | 27.6768 | 1.0626 |
| 6 | Blank1 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.10 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เดือนกุมภาพันธ์ 2559

| จุดเก็บที่ | ตัวอย่าง | X (ppm) | Q (µg) | C (µg/m$^3$) | mg/m$^3$ | ppbv | Avg. | S.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | S1/1 | 0.1833 | 0.4889 | 36.1800 | 0.0362 | 13.8275 | | |
| | S1/2 | 0.1543 | 0.4116 | 30.4571 | 0.0305 | 11.6403 | | |
| | S1/3 | 0.0507 | 0.1351 | 9.9978 | 0.0100 | 3.8210 | 9.7629 | 5.2608 |
| 2 | S2/1 | 0.2717 | 0.7244 | 53.6101 | 0.0536 | 20.4891 | | |
| | S2/2 | 0.1447 | 0.3858 | 28.5503 | 0.0285 | 10.9116 | | |
| | S2/3 | 0.0577 | 0.1538 | 11.3816 | 0.0114 | 4.3499 | 11.9169 | 8.1164 |
| 3 | S3/1 | 0.3793 | 1.0116 | 74.8588 | 0.0748 | 28.6101 | | |
| | S3/2 | 0.0443 | 0.1182 | 8.7496 | 0.0088 | 3.3440 | | |
| | S3/3 | 0.0733 | 0.1956 | 14.4725 | 0.0145 | 5.5312 | 12.4951 | 13.9988 |
| 4 | S4/1 | 0.4757 | 1.2684 | 93.8676 | 0.0939 | 35.8750 | | |
| | S4/2 | 0.0960 | 0.2560 | 18.9447 | 0.0190 | 7.2404 | | |
| | S4/3 | 0.2000 | 0.3805 | 28.1556 | 0.0282 | 15.0852 | 19.4002 | 14.7969 |
| 5 | S5/1 | 0.4310 | 1.1493 | 85.0539 | 0.0851 | 32.5065 | | |
| | S5/2 | 0.0740 | 0.1973 | 14.6008 | 0.0146 | 5.5802 | | |
| | S5/3 | 0.1257 | 0.3351 | 24.7984 | 0.0248 | 9.4776 | 15.8548 | 14.5519 |
| 6 | Blank1 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.11 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เดือนมีนาคม 2559

| จุดเก็บที่ | ตัวอย่าง | X (ppm) | Q (µg) | C (µg/m$^3$) | mg/m$^3$ | ppbv | Avg. | S.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | S1/1 | 0.4410 | 1.1751 | 86.9607 | 0.0869 | 33.2358 | | |
| | S1/2 | 0.1010 | 0.2693 | 19.9314 | 0.0199 | 7.6175 | | |
| | S1/3 | 0.0573 | 0.1572 | 11.0814 | 0.0111 | 4.6234 | 15.1589 | 15.7265 |
| 2 | S2/1 | 0.2857 | 0.7618 | 56.3729 | 0.0564 | 21.5450 | | |
| | S2/2 | 0.0530 | 0.1404 | 10.3925 | 0.0104 | 3.9719 | | |
| | S2/3 | 0.0527 | 0.1404 | 10.3925 | 0.0104 | 3.9719 | 9.8296 | 10.1458 |
| 3 | S3/1 | 0.3183 | 0.8480 | 62.7568 | 0.0628 | 23.9849 | | |
| | S3/2 | 0.0470 | 0.1253 | 9.2750 | 0.0093 | 3.5448 | | |
| | S3/3 | 0.0477 | 0.1271 | 9.4058 | 0.0094 | 3.5948 | 10.3748 | 11.7867 |
| 4 | S4/1 | 0.3383 | 0.9022 | 66.7653 | 0.0668 | 25.5169 | | |
| | S4/2 | 0.0880 | 0.2347 | 17.3660 | 0.0174 | 6.6371 | | |
| | S4/3 | 0.0427 | 0.1138 | 8.4215 | 0.0084 | 3.2186 | 11.7909 | 12.0094 |
| 5 | S5/1 | 0.2623 | 0.6996 | 51.7699 | 0.0518 | 19.7858 | | |
| | S5/2 | 0.0583 | 0.1556 | 11.5115 | 0.0115 | 4.3999 | | |
| | S5/3 | 0.0647 | 0.1724 | 12.7606 | 0.0128 | 4.8769 | 9.6875 | 8.7486 |
| 6 | Blank1 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก จ

**ตารางที่ จ.1 ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ กลางเดือนมกราคม 2559**

| จุดเก็บที่ | ตัวอย่าง | X (ppm) | Q (µg) | C (µg/m$^3$) | mg/m$^3$ | ppbv | Avg. | S.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | S1/1 | 0.2030 | 0.6025 | 36.7695 | 0.0368 | 19.5518 | | |
| | S1/2 | 0.4750 | 1.4097 | 86.0316 | 0.0860 | 45.7464 | | |
| | S1/3 | 0.2170 | 0.6440 | 39.3022 | 0.0393 | 20.8985 | 28.7322 | 14.7501 |
| 2 | S2/1 | 0.5170 | 1.5343 | 93.6357 | 0.0936 | 49.7898 | | |
| | S2/2 | 0.3630 | 1.0773 | 65.7458 | 0.0658 | 34.9596 | | |
| | S2/3 | 0.2610 | 0.7746 | 47.2725 | 0.0473 | 25.1366 | 36.6287 | 12.4111 |
| 3 | S3/1 | 0.4350 | 1.2910 | 78.7875 | 0.0788 | 41.8944 | | |
| | S3/2 | 0.1630 | 0.4837 | 29.5194 | 0.0295 | 15.6966 | | |
| | S3/3 | 0.1940 | 0.5757 | 35.1340 | 0.0351 | 18.6821 | 25.4244 | 14.3414 |
| 4 | S4/1 | 0.4750 | 1.4097 | 86.0316 | 0.0860 | 45.7464 | | |
| | S4/2 | 0.2860 | 0.8488 | 51.8008 | 0.0518 | 27.5445 | | |
| | S4/3 | 0.2790 | 0.8280 | 50.5314 | 0.0505 | 26.8695 | 33.3868 | 10.7091 |
| 5 | S5/1 | 0.4560 | 1.3533 | 82.5900 | 0.0826 | 43.9163 | | |
| | S5/2 | 0.2050 | 0.6084 | 37.1296 | 0.0371 | 19.7433 | | |
| | S5/3 | 0.2440 | 0.7241 | 44.1906 | 0.0442 | 23.4979 | 29.0525 | 13.0086 |
| 6 | Blank1 | 0.0000 | 0.00000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.2 ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ปลายเดือนมกราคม 2559

| จุดเก็บที่ | ตัวอย่าง | X (ppm) | Q (µg) | C (µg/m$^3$) | mg/m$^3$ | ppbv | Avg. | S.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | S1/1 | 0.2150 | 0.6381 | 38.9422 | 0.0389 | 20.7071 | | |
| | S1/2 | 1.0730 | 3.1844 | 194.3385 | 0.1943 | 103.3374 | | |
| | S1/3 | 0.7390 | 2.1932 | 133.8472 | 0.1339 | 71.1718 | 65.0721 | 41.6515 |
| 2 | S2/1 | 0.5660 | 1.6797 | 102.5092 | 0.1025 | 54.5082 | | |
| | S2/2 | 0.5520 | 1.6382 | 99.9765 | 0.1000 | 53.1614 | | |
| | S2/3 | 0.6190 | 1.8370 | 112.1090 | 0.1121 | 59.6127 | 55.7608 | 3.4032 |
| 3 | S3/1 | 0.5620 | 1.6679 | 101.7891 | 0.1018 | 54.1253 | | |
| | S3/2 | 0.6010 | 1.7836 | 108.8500 | 0.1089 | 57.8798 | | |
| | S3/3 | 0.5690 | 1.6887 | 103.0585 | 0.1031 | 54.8002 | 55.6018 | 2.0015 |
| 4 | S4/1 | 1.1550 | 3.4277 | 209.1866 | 0.2092 | 111.2327 | | |
| | S4/2 | 0.5530 | 1.6412 | 100.1596 | 0.1002 | 53.2588 | | |
| | S4/3 | 0.4870 | 1.4453 | 88.2042 | 0.0882 | 46.9016 | 70.4644 | 35.4492 |
| 5 | S5/1 | 0.6830 | 2.0270 | 123.7043 | 0.1237 | 65.7784 | | |
| | S5/2 | 0.5010 | 1.4868 | 90.7369 | 0.0907 | 48.2484 | | |
| | S5/3 | 0.6970 | 2.0685 | 126.2370 | 0.1262 | 67.1252 | 60.3840 | 10.5313 |
| 6 | Blank1 | 0.0000 | 0.00000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.3 ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ต้นเดือนกุมภาพันธ์ 2559

| จุดเก็บที่ | ตัวอย่าง | X (ppm) | Q (µg) | C (µg/m$^3$) | mg/m$^3$ | ppbv | Avg. | S.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | S1/1 | 0.3660 | 1.0862 | 66.2889 | 0.0663 | 35.2484 | | |
| | S1/2 | 0.3440 | 1.0209 | 62.3038 | 0.0623 | 33.1294 | | |
| | S1/3 | 0.3050 | 0.9052 | 55.2428 | 0.0552 | 29.3748 | 32.5842 | 2.9745 |
| 2 | S2/1 | 0.7420 | 2.2021 | 134.3904 | 0.1344 | 71.4606 | | |
| | S2/2 | 0.6730 | 1.9973 | 121.8918 | 0.1219 | 64.8146 | | |
| | S2/3 | 0.2270 | 0.6737 | 41.1148 | 0.0411 | 21.8624 | 52.7125 | 26.9229 |
| 3 | S3/1 | 0.9280 | 2.7541 | 168.0780 | 0.1681 | 89.3737 | | |
| | S3/2 | 0.8680 | 2.5760 | 157.2089 | 0.1572 | 83.5941 | | |
| | S3/3 | 0.7170 | 2.1279 | 129.8621 | 0.1299 | 69.0528 | 80.6735 | 10.4705 |
| 4 | S4/1 | 0.7190 | 2.1338 | 130.2221 | 0.1302 | 69.2442 | | |
| | S4/2 | 0.5830 | 1.7302 | 105.5911 | 0.1056 | 56.1469 | | |
| | S4/3 | 0.7630 | 2.2644 | 138.1924 | 0.1382 | 73.4823 | 66.2911 | 9.0371 |
| 5 | S5/1 | 0.7700 | 2.2852 | 139.4618 | 0.1395 | 74.1573 | | |
| | S5/2 | 0.4130 | 1.2257 | 74.8024 | 0.0748 | 39.7754 | | |
| | S5/3 | 0.5150 | 1.5284 | 93.2756 | 0.0933 | 49.5983 | 54.5103 | 17.7095 |
| 6 | Blank1 | 0.0000 | 0.00000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.4 ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ กลางเดือนกุมภาพันธ์ 2559

| จุดเก็บที่ | ตัวอย่าง | X (ppm) | Q (µg) | C (µg/m$^3$) | mg/m$^3$ | ppbv | Avg. | S.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | S1/1 | 0.6770 | 2.0092 | 122.6180 | 0.1226 | 65.2008 | | |
| | S1/2 | 0.1840 | 0.5461 | 33.3275 | 0.0333 | 17.7215 | | |
| | S1/3 | 0.2200 | 0.6529 | 39.8454 | 0.0399 | 21.1874 | 34.7032 | 26.4685 |
| 2 | S2/1 | 0.5250 | 1.5581 | 95.0882 | 0.0951 | 50.5621 | | |
| | S2/2 | 0.6260 | 1.8578 | 113.3783 | 0.1134 | 60.2877 | | |
| | S2/3 | 0.6140 | 1.8222 | 111.2057 | 0.1112 | 59.1324 | 56.6607 | 5.3131 |
| 3 | S3/1 | 0.4820 | 1.4305 | 87.3010 | 0.0873 | 46.4214 | | |
| | S3/2 | 0.3790 | 1.1248 | 68.6446 | 0.0687 | 36.5010 | | |
| | S3/3 | 0.3430 | 1.0179 | 62.1207 | 0.0621 | 33.0320 | 38.6515 | 6.9489 |
| 4 | S4/1 | 0.5780 | 1.7154 | 104.6879 | 0.1047 | 55.6667 | | |
| | S4/2 | 0.5040 | 1.4957 | 91.2800 | 0.0913 | 48.5372 | | |
| | S4/3 | 0.4970 | 1.4750 | 90.0167 | 0.0900 | 47.8654 | 50.6898 | 4.3232 |
| 5 | S5/1 | 0.5380 | 1.5967 | 97.4439 | 0.0974 | 51.8147 | | |
| | S5/2 | 0.4110 | 1.2197 | 74.4362 | 0.0744 | 39.5806 | | |
| | S5/3 | 0.4630 | 1.3741 | 83.8590 | 0.0839 | 44.5611 | 45.3188 | 6.1522 |
| 6 | Blank1 | 0.0000 | 0.00000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.5 ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ปลายเดือนกุมภาพันธ์ 2559

| จุดเก็บที่ | ตัวอย่าง | X (ppm) | Q (µg) | C (µg/m$^3$) | mg/m$^3$ | ppbv | Avg. | S.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | S1/1 | 0.3160 | 0.9378 | 57.2323 | 0.0572 | 30.4327 | | |
| | S1/2 | 0.2660 | 0.7894 | 48.1757 | 0.0428 | 25.6169 | | |
| | S1/3 | 0.2860 | 0.8488 | 51.8008 | 0.0518 | 27.5445 | 27.8647 | 2.4238 |
| 2 | S2/1 | 0.4500 | 1.3355 | 81.5033 | 0.0815 | 43.3385 | | |
| | S2/2 | 0.4060 | 1.2049 | 73.5330 | 0.0735 | 39.1004 | | |
| | S2/3 | 0.4840 | 1.4364 | 87.6610 | 0.0877 | 46.6128 | 43.0172 | 3.7665 |
| 3 | S3/1 | 0.4680 | 1.3889 | 84.7622 | 0.0848 | 45.0714 | | |
| | S3/2 | 0.3270 | 0.9705 | 59.2279 | 0.0592 | 31.4938 | | |
| | S3/3 | 0.2940 | 0.8725 | 53.2472 | 0.0533 | 28.3136 | 34.9596 | 8.9003 |
| 4 | S4/1 | 0.4820 | 1.4305 | 87.3010 | 0.0873 | 46.4214 | | |
| | S4/2 | 0.4760 | 1.4127 | 86.2147 | 0.0862 | 45.8437 | | |
| | S4/3 | 0.4870 | 1.4453 | 88.2042 | 0.0882 | 46.9016 | 46.3889 | 0.5297 |
| 5 | S5/1 | 0.4220 | 1.2524 | 76.4318 | 0.0764 | 40.6418 | | |
| | S5/2 | 0.3470 | 1.0298 | 62.8469 | 0.0629 | 33.4182 | | |
| | S5/3 | 0.4480 | 1.3296 | 81.1432 | 0.0811 | 43.1470 | 39.0690 | 5.0515 |
| 6 | Blank1 | 0.0000 | 0.00000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.6 ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ต้นเดือนมีนาคม 2559

| จุดเก็บที่ | ตัวอย่าง | X (ppm) | Q (µg) | C (µg/m$^3$) | mg/m$^3$ | ppbv | Avg. | S.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | S1/1 | 0.5860 | 1.7391 | 106.1343 | 0.1061 | 56.4358 | | |
| | S1/2 | 0.7290 | 2.1635 | 132.0347 | 0.1320 | 70.2080 | | |
| | S1/3 | 0.5690 | 1.6887 | 103.0585 | 0.1031 | 54.8002 | 60.4813 | 8.4632 |
| 2 | S2/1 | 0.5700 | 1.6916 | 103.2354 | 0.1032 | 54.8943 | | |
| | S2/2 | 0.5050 | 1.4987 | 91.4631 | 0.0915 | 48.6345 | | |
| | S2/3 | 0.4720 | 1.4008 | 93.3956 | 0.0855 | 45.4575 | 49.6621 | 4.8016 |
| 3 | S3/1 | 0.5290 | 1.5700 | 95.8144 | 0.0958 | 50.9483 | | |
| | S3/2 | 0.4210 | 1.2494 | 76.2487 | 0.0763 | 40.5444 | | |
| | S3/3 | 0.5120 | 1.5195 | 92.7325 | 0.0927 | 49.3095 | 46.9341 | 5.5940 |
| 4 | S4/1 | 0.5460 | 1.6204 | 98.8902 | 0.0989 | 52.5838 | | |
| | S4/2 | 0.4990 | 1.4809 | 90.3768 | 0.0904 | 48.0569 | | |
| | S4/3 | 0.5340 | 1.5848 | 96.7176 | 0.0967 | 51.4285 | 50.6897 | 2.3521 |
| 5 | S5/1 | 0.2970 | 0.8814 | 53.7903 | 0.0538 | 28.6024 | | |
| | S5/2 | 0.3150 | 0.9348 | 57.0492 | 0.0571 | 30.3353 | | |
| | S5/3 | 0.3200 | 0.9497 | 57.9586 | 0.0580 | 30.8189 | 29.9189 | 1.1655 |
| 6 | Blank1 | 0.0000 | 0.00000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.7 ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ กลางเดือนมีนาคม 2559

| จุดเก็บที่ | ตัวอย่าง | X (ppm) | Q (µg) | C (µg/m$^3$) | mg/m$^3$ | ppbv | Avg. | S.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | S1/1 | 0.3360 | 0.9972 | 60.8574 | 0.0609 | 32.3603 | | |
| | S1/2 | 0.2420 | 0.7182 | 43.8305 | 0.0438 | 23.3064 | | |
| | S1/3 | 0.1310 | 0.3888 | 23.7278 | 0.0237 | 12.6170 | 22.7612 | 9.8829 |
| 2 | S2/1 | 0.2920 | 0.8666 | 52.8871 | 0.0529 | 28.1221 | | |
| | S2/2 | 0.2240 | 0.6648 | 40.5716 | 0.0406 | 21.5735 | | |
| | S2/3 | 0.2000 | 0.5936 | 36.2264 | 0.0362 | 19.2630 | 22.9862 | 4.5954 |
| 3 | S3/1 | 0.1630 | 0.4837 | 29.5194 | 0.0295 | 15.6966 | | |
| | S3/2 | 0.1910 | 0.5668 | 34.5908 | 0.0346 | 18.3933 | | |
| | S3/3 | 0.1720 | 0.5105 | 31.1549 | 0.0312 | 16.5663 | 16.8854 | 1.3764 |
| 4 | S4/1 | 0.3310 | 0.9823 | 59.9481 | 0.0600 | 31.8767 | | |
| | S4/2 | 0.2980 | 0.8844 | 53.9734 | 0.0540 | 28.6998 | | |
| | S4/3 | 0.2250 | 0.6677 | 40.7486 | 0.0408 | 21.6676 | 27.4147 | 5.2245 |
| 5 | S5/1 | 0.1730 | 0.5134 | 31.3319 | 0.0313 | 16.6604 | | |
| | S5/2 | 0.2250 | 0.6677 | 40.7486 | 0.0408 | 21.6676 | | |
| | S5/3 | 0.3030 | 0.8992 | 54.8766 | 0.0549 | 29.1801 | 22.5027 | 6.3015 |
| 6 | Blank1 | 0.0000 | 0.00000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.8 ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ปลายเดือนมีนาคม 2559

| จุดเก็บที่ | ตัวอย่าง | X (ppm) | Q (µg) | C (µg/m$^3$) | mg/m$^3$ | ppbv | Avg. | S.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | S1/1 | 0.4320 | 1.2821 | 78.2444 | 0.0782 | 41.6056 | | |
| | S1/2 | 0.4240 | 1.2583 | 76.7919 | 0.0768 | 40.8333 | | |
| | S1/3 | 0.2360 | 0.7004 | 42.7442 | 0.0427 | 22.7288 | 35.0559 | 10.6826 |
| 2 | S2/1 | 0.2370 | 0.7034 | 42.9273 | 0.0429 | 22.8261 | | |
| | S2/2 | 0.2380 | 0.7036 | 43.1043 | 0.0431 | 22.9202 | | |
| | S2/3 | 0.3160 | 0.9378 | 57.2323 | 0.0572 | 30.4327 | 25.3930 | 4.3648 |
| 3 | S3/1 | 0.2160 | 0.6410 | 39.1191 | 0.0391 | 20.8012 | | |
| | S3/2 | 0.1830 | 0.5431 | 33.1445 | 0.0331 | 17.6242 | | |
| | S3/3 | 0.1980 | 0.5876 | 35.8602 | 0.0359 | 19.0683 | 19.1646 | 1.5907 |
| 4 | S4/1 | 0.3430 | 1.0179 | 62.1207 | 0.0621 | 33.0320 | | |
| | S4/2 | 0.1590 | 0.4713 | 28.1992 | 0.0288 | 15.3137 | | |
| | S4/3 | 0.3560 | 1.0565 | 64.4764 | 0.0645 | 34.2846 | 27.5434 | 10.6098 |
| 5 | S5/1 | 0.1850 | 0.5490 | 33.5045 | 0.0335 | 17.8157 | | |
| | S5/2 | 0.1710 | 0.5075 | 30.9719 | 0.0310 | 16.4690 | | |
| | S5/3 | 0.2180 | 0.6470 | 39.4853 | 0.0395 | 20.9959 | 18.4269 | 2.3245 |
| 6 | Blank1 | 0.0000 | 0.00000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.9 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ เดือนมกราคม 2559

| จุดเก็บที่ | ตัวอย่าง | X (ppm) | Q (µg) | C (µg/m$^3$) | mg/m$^3$ | ppbv | Avg. | S.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | S1/1 | 0.2983 | 0.8854 | 54.0344 | 0.0540 | 28.7322 | | |
| | S1/2 | 0.6757 | 2.3386 | 122.3760 | 0.1224 | 65.0721 | 46.9022 | 25.6962 |
| 2 | S2/1 | 0.3803 | 1.1287 | 68.8847 | 0.0689 | 36.6287 | | |
| | S2/2 | 0.5790 | 1.7183 | 104.8649 | 0.1049 | 55.7608 | 46.1948 | 13.5284 |
| 3 | S3/1 | 0.2640 | 0.7835 | 47.8136 | 0.0478 | 25.4244 | | |
| | S3/2 | 0.5773 | 1.7134 | 104.5659 | 0.1046 | 55.6018 | 40.5131 | 21.3386 |
| 4 | S4/1 | 0.3467 | 1.0288 | 62.7879 | 0.0628 | 33.3868 | | |
| | S4/2 | 0.7317 | 2.1714 | 132.5168 | 0.1325 | 70.4644 | 51.9256 | 26.2178 |
| 5 | S5/1 | 0.3017 | 0.8953 | 54.6367 | 0.0546 | 29.0525 | | |
| | S5/2 | 0.6270 | 1.8608 | 113.5594 | 0.1135 | 60.3840 | 44.7183 | 22.1547 |
| 6 | Blank1 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.10 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ เดือนกุมภาพันธ์ 2559

| จุดเก็บที่ | ตัวอย่าง | X (ppm) | Q (µg) | C (µg/m$^3$) | mg/m$^3$ | ppbv | Avg. | S.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | S1/1 | 0.3383 | 1.0041 | 61.2785 | 0.0613 | 32.5842 | | |
| | S1/2 | 0.3503 | 1.0694 | 65.2636 | 0.0653 | 34.7032 | | |
| | S1/3 | 0.2893 | 0.8587 | 52.4029 | 0.0524 | 27.8647 | 31.7174 | 3.5007 |
| 2 | S2/1 | 0.5473 | 1.6244 | 99.1323 | 00991 | 52.7125 | | |
| | S2/2 | 0.5883 | 1.7460 | 106.5547 | 0.1066 | 56.6607 | | |
| | S2/3 | 0.4467 | 1.3256 | 80.8991 | 0.0809 | 43.0172 | 50.7968 | 7.0206 |
| 3 | S3/1 | 0.8377 | 2.4860 | 151.7163 | 0.1517 | 80.6735 | | |
| | S3/2 | 0.4013 | 1.1911 | 72.6888 | 0.0727 | 38.6515 | | |
| | S3/3 | 0.3630 | 1.0773 | 65.7458 | 0.0658 | 34.9596 | 51.4282 | 25.3944 |
| 4 | S4/1 | 0.6883 | 2.0428 | 124.6685 | 0.1247 | 66.2911 | | |
| | S4/2 | 0.5263 | 1.5620 | 95.3282 | 0.0953 | 50.6898 | | |
| | S4/3 | 0.4817 | 1.4295 | 87.2400 | 0.0872 | 46.3889 | 54.4566 | 10.4722 |
| 5 | S5/1 | 0.5660 | 1.6798 | 102.5133 | 0.1025 | 54.5103 | | |
| | S5/2 | 0.4707 | 1.3968 | 85.2464 | 0.0852 | 45.3288 | | |
| | S5/3 | 0.4057 | 1.2039 | 73.4740 | 0.0735 | 39.0690 | 46.3027 | 7.7666 |
| 6 | Blank1 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.11 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ เดือนมีนาคม 2559

| จุดเก็บที่ | ตัวอย่าง | X (ppm) | Q (µg) | C (µg/m$^3$) | mg/m$^3$ | ppbv | Avg. | S.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | S1/1 | 0.6280 | 1.8638 | 113.7425 | 0.1137 | 60.4813 | | |
| | S1/2 | 0.2360 | 0.7014 | 42.8052 | 0.0428 | 22.7612 | | |
| | S1/3 | 0.3640 | 1.0803 | 65.9289 | 00659 | 35.0570 | 39.4332 | 19.2371 |
| 2 | S2/1 | 0.5157 | 1.5304 | 93.3956 | 0.0934 | 49.6621 | | |
| | S2/2 | 0.2390 | 0.7083 | 43.2284 | 0.0432 | 22.9862 | | |
| | S2/3 | 0.2637 | 0.7825 | 47.7546 | 0.0477 | 25.3930 | 32.6804 | 14.7557 |
| 3 | S3/1 | 0.4873 | 1.4463 | 88.2685 | 0.0883 | 46.9341 | | |
| | S3/2 | 0.1753 | 0.5203 | 31.7550 | 0.0318 | 16.8854 | | |
| | S3/3 | 0.1990 | 0.5906 | 36.0413 | 0.0360 | 19.1646 | 27.6614 | 16.7295 |
| 4 | S4/1 | 0.5263 | 1.5620 | 95.3282 | 0.0953 | 50.6897 | | |
| | S4/2 | 0.2847 | 0.8448 | 51.5567 | 0.0516 | 27.4147 | | |
| | S4/3 | 0.2860 | 0.8488 | 51.7988 | 0.0518 | 27.5434 | 35.2159 | 13.4008 |
| 5 | S5/1 | 0.3107 | 0.9220 | 56.2660 | 0.0563 | 29.9189 | | |
| | S5/2 | 0.2337 | 0.6934 | 42.3190 | 0.0423 | 22.5027 | | |
| | S5/3 | 0.1913 | 0.5678 | 34.6539 | 0.0347 | 18.4269 | 23.6162 | 5.8264 |
| 6 | Blank1 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| | Blank3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ฉ

ตารางที่ ฉ.1 พารามิเตอร์ของช่วงระยะเวลาที่ทำการทดลอง เดือนมกราคม 2559

| วันที่ทดลอง | อุณหภูมิ* (องศาเซลเซียส) | | | ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย* (%) | ปริมาณน้ำฝน* (มิลลิเมตร) | ความเร็วลมสูงสุด* (กิโลเมตร/ชั่วโมง) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | สูงสุด | ต่ำสุด | เฉลี่ย | | | |
| 19 ม.ค. 59 | 33.3 | 25.9 | 29.6 | 71 | 10.5 | 38.92 |
| 20 ม.ค. 59 | 32.5 | 24.8 | 28.7 | 72 | ไม่มีฝน | 35.21 |
| 27 ม.ค. 59 | 27.1 | 16.5 | 21.8 | 60 | ไม่มีฝน | 35.21 |
| 28 ม.ค. 59 | 31.3 | 18.3 | 24.8 | 60 | ไม่มีฝน | 27.80 |

(* ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา, 2559)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ.2 พารามิเตอร์ของช่วงระยะเวลาที่ทำการทดลอง เดือนกุมภาพันธ์ 2559

| วันที่ทดลอง | อุณหภูมิ* (องศาเซลเซียส) | | | ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย* (%) | ปริมาณน้ำฝน* (มิลลิเมตร) | ความเร็วลมสูงสุด* (กิโลเมตร/ชั่วโมง) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | สูงสุด | ต่ำสุด | เฉลี่ย | | | |
| 1 ก.พ. 59 | 34.0 | 25.4 | 29.7 | 70 | ไม่มีฝน | 29.65 |
| 2 ก.พ. 59 | 31.4 | 25.3 | 28.4 | 68 | 2.7 | 33.36 |
| 15ก.พ. 59 | 34.0 | 26.3 | 30.2 | 74 | ฝนเล็กน้อย | 27.80 |
| 16ก.พ. 59 | 33.6 | 26.8 | 30.2 | 72 | 0.1 | 38.92 |
| 23ก.พ. 59 | 33.5 | 25.5 | 29.5 | 69 | ไม่มีฝน | 29.65 |
| 24ก.พ. 59 | 33.6 | 26.4 | 30.0 | 67 | ไม่มีฝน | 31.51 |

(* ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา, 2559)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ.3 พารามิเตอร์ของช่วงระยะเวลาที่ทำการทดลอง เดือนมีนาคม 2559

| วันที่ทดลอง | อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | | | ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย* (%) | ปริมาณน้ำฝน* (มิลลิเมตร) | ความเร็วลมสูงสุด* (กิโลเมตร/ชั่วโมง) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | สูงสุด | ต่ำสุด | เฉลี่ย | | | |
| 1 มี.ค. 59 | 32.8 | 22.1 | 27.5 | 39 | ไม่มีฝน | 48.18 |
| 2 มี.ค.59 | 34.2 | 23.0 | 28.6 | 43 | ไม่มีฝน | 33.36 |
| 14 มี.ค.59 | 34.6 | 27.3 | 31.0 | 68 | ไม่มีฝน | 38.92 |
| 15 มี.ค.59 | 34.2 | 27.7 | 30.8 | 66 | ไม่มีฝน | 38.92 |
| 21 มี.ค.59 | 35.1 | 27.4 | 31.3 | 66 | ไม่มีฝน | 37.07 |
| 22 มี.ค.59 | 34.8 | 27.8 | 31.3 | 68 | ไม่มีฝน | 38.92 |

(* ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา, 2559)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ.4 ค่าอุณหภูมิ ความดันบรรยากาศ และค่าความเข้มแสงของจุดเก็บตัวอย่าง เดือนมกราคม 2559

| วันที่ทำการทดลอง | จุดเก็บตัวอย่าง | อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส) | ความดันบรรยากาศเฉลี่ย (เฮกโตปาสคา) | ความเข้มแสงเฉลี่ย (ลักซ์) |
|---|---|---|---|---|
| 19 ม.ค. 59 | S1 | 31.00 | 1019.17 | $4.96 \times 10^4$ |
| | S2 | 31.00 | 1017.33 | $5.70 \times 10^4$ |
| | S3 | 30.33 | 1016.50 | $5.33 \times 10^4$ |
| | S4 | 30.33 | 1017.00 | $7.05 \times 10^4$ |
| | S5 | 30.50 | 1017.33 | $5.78 \times 10^4$ |
| 27 ม.ค. 59 | S1 | 26.83 | 1023.17 | $6.26 \times 10^4$ |
| | S2 | 25.00 | 1027.83 | $3.39 \times 10^4$ |
| | S3 | 25.33 | 1027.67 | $5.35 \times 10^4$ |
| | S4 | 24.83 | 1027.67 | $4.76 \times 10^4$ |
| | S5 | 24.50 | 1026.67 | $4.49 \times 10^4$ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ.5 ค่าอุณหภูมิ ความดันบรรยากาศ และค่าความเข้มแสงของจุดเก็บตัวอย่าง เดือนกุมภาพันธ์ 2559

| วันที่ทำการทดลอง | จุดเก็บตัวอย่าง | อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส) | ความดันบรรยากาศเฉลี่ย (เฮกโตปาสคา) | ความเข้มแสงเฉลี่ย (ลักซ์) |
|---|---|---|---|---|
| 1 ก.พ. 59 | S1 | 32.00 | 1018.67 | $9.17 \times 10^4$ |
| | S2 | 30.17 | 1017.83 | $8.96 \times 10^4$ |
| | S3 | 31.33 | 1017.67 | $6.17 \times 10^4$ |
| | S4 | 32.00 | 1017.50 | $6.72 \times 10^4$ |
| | S5 | 31.33 | 1016.33 | $6.03 \times 10^4$ |
| 15 ก.พ. 59 | S1 | 32.33 | 1016.67 | $5.37 \times 10^4$ |
| | S2 | 29.67 | 1016.33 | $4.45 \times 10^4$ |
| | S3 | 30.83 | 1016.67 | $4.04 \times 10^4$ |
| | S4 | 31.50 | 1018.50 | $5.44 \times 10^4$ |
| | S5 | 31.67 | 1017.33 | $5.07 \times 10^4$ |
| 23 ก.พ. 59 | S1 | 31.00 | 1019.00 | $4.28 \times 10^4$ |
| | S2 | 31.00 | 1019.17 | $4.07 \times 10^4$ |
| | S3 | 30.67 | 1020.00 | $4.83 \times 10^4$ |
| | S4 | 30.67 | 1019.33 | $4.72 \times 10^4$ |
| | S5 | 30.83 | 1019.00 | $4.21 \times 10^4$ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ.6 ค่าอุณหภูมิ ความดันบรรยากาศ และค่าความเข้มแสงของจุดเก็บตัวอย่าง เดือนมีนาคม 2559

| วันที่ทำการทดลอง | จุดเก็บตัวอย่าง | อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส) | ความดันบรรยากาศเฉลี่ย (เฮกโตปาสคา) | ความเข้มแสงเฉลี่ย (ลักซ์) |
|---|---|---|---|---|
| 1 มี.ค. 59 | S1 | 29.17 | 1019.83 | $6.76 \times 10^4$ |
| | S2 | 29.00 | 1020.50 | $6.76 \times 10^4$ |
| | S3 | 29.50 | 1021.67 | $7.35 \times 10^4$ |
| | S4 | 29.33 | 1021.33 | $7.30 \times 10^4$ |
| | S5 | 29.50 | 1021.33 | $6.62 \times 10^4$ |
| 14 มี.ค. 59 | S1 | 32.50 | 1015.50 | $6.98 \times 10^4$ |
| | S2 | 32.33 | 1015.83 | $6.63 \times 10^4$ |
| | S3 | 32.67 | 1014.00 | $6.31 \times 10^4$ |
| | S4 | 32.33 | 1014.17 | $6.61 \times 10^4$ |
| | S5 | 31.33 | 1015.00 | $5.86 \times 10^4$ |
| 21 มี.ค. 59 | S1 | 31.33 | 1014.33 | $5.97 \times 10^4$ |
| | S2 | 30.83 | 1015.17 | $5.33 \times 10^4$ |
| | S3 | 30.67 | 1014.67 | $4.35 \times 10^4$ |
| | S4 | 31.00 | 1014.83 | $5.13 \times 10^4$ |
| | S5 | 32.17 | 1013.83 | $6.20 \times 10^4$ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ.7 ค่าพีเอชเปลือกไม้ (Bark pH) และเส้นรอบวงต้นไม้ของจุดเก็บตัวอย่าง

| จุดเก็บตัวอย่าง | พีเอชเปลือกไม้ | เส้นรอบวงต้นไม้ (เซนติเมตร) |
|---|---|---|
| S1 | 5.74 | 73.0 |
| S2 | 7.10 | 47.0 |
| S3 | 6.72 | 59.5 |
| S4 | 6.94 | 77.8 |
| S5 | 6.87 | 95.0 |

เมื่อกำหนดให้ S1 คือ ถนนบางนา-ตราด
S2 คือ ลานจอดรถระยะยาว
S3 คือ คลังสินค้าและภาษีอากร
S4 คือ ครัวการบินไทย
S5 คือ โรงแรมโนโวเทล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ช

(ก) ถนนบางนา ตราด

(ข) ลานจอดรถระยะยาว

(ค) คลังสินค้าและภาษีอากร

(ง) ครัวการบินไทย

(จ) โรงแรมโนโวเทล

**รูปที่ ช.1 การเก็บตัวอย่างอากาศ ณ ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก)

(ข)

(ค)

**รูปที่ ช.2 การสำรวจไลเคน ณ ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

**รูปที่ ช.3 การตรวจวัดพารามิเตอร์ต่างๆ ณ ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้