การลดระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอาคาร : กรณีศึกษา โรงงานผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์

โดย

นางสาวทิพาพร จันทอง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

การลดระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอาคาร : กรณีศึกษา โรงงานผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์

โดย
นางสาวทิพาพร จันทอง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

REDUCTION OF INDOOR FORMALDEHYDE CONCENTRATION : CASE STUDY OF FURNITURE COATING INDUSTRY

By

MISS Tipaporn CHANTONG

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for Master of Science (ENVIRONMENTAL SCIENCE)

Department of ENVIRONMENTAL SCIENCE

Silpakorn University

Academic Year 2023

Copyright of Silpakorn University

หัวข้อ	การลดระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอาคาร : กรณีศึกษา โรงงานผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์
โดย	นางสาวทิพาพร จันทอง
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. กนกพร สว่างแจ้ง

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นรงค์ ฉิมพาลี)

พิจารณาเห็นชอบโดย

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร. อุมารัจน์ สันติสุขเกษม)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. กนกพร สว่างแจ้ง)

.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชื่นจิต ชาญชิตปรีชา)

61311309 : วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
คำสำคัญ : ฟอร์มัลดิไฮด์, การปรับปรุงสภาพแวดล้อม, วัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์, ความเข้มข้นของฟอร์มัลดิไฮด์

นางสาว ทิพาพร จันทอง: การลดระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดิไฮด์ในอาคาร : กรณีศึกษา โรงงานผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รองศาสตราจารย์ ดร. กนกพร สว่างแจ้ง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการลดระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดิไฮด์ภายในพื้นที่ห้องเรียงกระดาษที่ผ่านการเคลือบแล้วของโรงงานผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์ โดยการติดตามค่าความเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดิไฮด์ ก่อนและหลังปรับปรุงพื้นที่ในการปฏิบัติงานภายในโรงงาน เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพในการปรับปรุงการดำเนินการลดฟอร์มัลดิไฮด์ในโรงงาน ซึ่งประกอบไปด้วยการติดตั้งเครื่องฟอกอากาศ การปรับปรุงระบบระบายอากาศและการควบคุมที่แหล่งกำเนิดของไอระเหยฟอร์มัลดิไฮด์ โดยการเก็บตัวอย่างระดับความเข้มข้นฟอร์มัลดิไฮด์แบบรายเดือน แบบรายวันและแบบต่อเนื่องทุก 1 นาที ซึ่งดำเนินการเก็บตัวอย่างระหว่างวันที่ มกราคม พ.ศ. 2563 – มกราคม พ.ศ. 2566 ครอบคลุมช่วงเวลาก่อนและหลังการปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการปฏิบัติงาน ผลการศึกษาจากการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 แบบ มีค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดิไฮด์หลังการปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการปฏิบัติงานที่ลดลงเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยผลการตรวจวัดฟอร์มัลดิไฮด์ในอากาศแบบรายเดือนพบว่าที่จุดเก็บตัวอย่างที่โต๊ะเรียง 1-3 มีค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดิไฮด์ลดลง 0.267 ppm คิดเป็นร้อยละ 61.82 และที่จุดเก็บตัวอย่างที่โต๊ะเรียง 4-5 มีค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดิไฮด์ลดลง 0.180 ppm คิดเป็นร้อยละ 47.37 ในขณะที่การเก็บตัวอย่างแบบรายวันพบว่า จุดเก็บตัวอย่างที่โต๊ะเรียง 1-3 มีค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดิไฮด์ลดลง 0.132 ppm คิดเป็นร้อยละ 33.89 และที่จุดเก็บตัวอย่างที่โต๊ะเรียง 4-5 มีค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดิไฮด์ลดลง 0.123 ppm คิดเป็นร้อยละ 32.48 ในส่วนของการเก็บตัวอย่างแบบต่อเนื่องทุก 1 นาที ที่จุดเก็บตัวอย่างที่โต๊ะเรียง 4-5 มีค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดิไฮด์ลดลง 0.101 ppm คิดเป็นร้อยละ 35.11 ซึ่งจากผลการศึกษาแสดงได้ว่าการปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงานนี้สามารถลดระดับความเข้มข้นฟอร์มัลดิไฮด์ลงได้มากกว่าร้อยละ 30 ในทุกจุดเก็บตัวอย่าง โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

61311309 : Major (ENVIRONMENTAL SCIENCE)
Keyword : FORMALDEHYDE, WORKPLACE ENVIRONMENT IMPROVEMENT, FURNITURE COATING, FORMALDEHYDE CONCENTRATION

MISS Tipaporn CHANTONG : REDUCTION OF INDOOR FORMALDEHYDE CONCENTRATION : CASE STUDY OF FURNITURE COATING INDUSTRY Thesis advisor : Associate Professor Kanokporn Swangjang, Ph.D.

This study was taken in the furniture coating industry in Thailand. Formaldehyde concentrations in a coated paper room before and after industrial improvement was evaluated the effectiveness of environmental improvement projects. The project was done as following to install air purifier, to install partition to cover the sources of formaldehyde vapor and to install air ventilation system. Formaldehyde was methoed monthly, daily, and continuously from January 2020 – January 2023. The study covered the period before and after improve the environmental in the workplace. The result showed that formaldehyde concentration in the workplace after improvement decreased for all of 3 sampling methods. For monthly sampling was the average formaldehyde concentration at sampling point combination table 1-3 that could reduce 0.267 ppm which *equivalent to* 61.82% comparing before improvement, and the average formaldehyde concentration at sampling point combination table 4-5 could reduce 0.180 ppm, or 47.37%. For the daily sampling, the average formaldehyde concentration at sampling point combination table 1-3 could reduce 0.132 ppm, equivalent to 33.89%, and the average formaldehyde concentration at sampling point combination table 4-5 could reduce 0.123 ppm, equivalent to 32.48%. For continuous sampling, the average formaldehyde concentration at sampling point combination table 4-5 could reduce 0.101 ppm, equivalent to 35.11%. The result confirmed that the environmental improvement could reduce the formaldehyde concentration more than 30% for all sampling points with a statistical significance of ($P < 0.05$).

กิตติกรรมประกาศ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ดร.กนกพร สว่างแจ้ง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่เมตตาช่วยเหลือติดตามการดำเนินงานในด้านต่างๆรวมถึงการให้การสนับสนุนและให้คำปรึกษาเป็นอย่างดี จนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดีและนอกจากนี้ขอขอบพระคุณอาจารย์ดร.อุมารัตน์ สันติสุขเกษม และผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.ชื่นจิตร ชาญชิตปรีชา ที่ให้คำแนะนำในการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมในการเขียนวิทยานิพนธ์นี้ ขอขอบคุณท่านผู้บริหารและพนักงานทุกคนในโรงงานผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์ที่เป็นกรณีศึกษา ที่ได้ให้โอกาศผู้วิจัยได้ทำการศึกษาผลที่ได้จากการปรับปรุงพัฒนาของโรงงานในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ตลอดจนเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาทุกคนที่ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือและติดตามดูแลเป็นอย่างดีตลอดจนการวิจัยสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดีขอขอบพระคุณคุณแม่ศรีสวัสดิ์ จันทอง, คุณโท-คุณสันษณี แก้วพิจิตร น้องเขยและน้องสาว คุณภูดิศ, คุณกิตติพัฒน์, คุณฉัตรชนก ทิพย์โท สามีและลูกๆ หลานๆ ที่ให้กำลังใจและสนับสนุนเสมอมา ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ทุกท่านที่ให้การช่วยเหลือให้งานวิจัยในครั้งนี้ประสบความสำเร็จ

ทิพาพร จันทอง

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 4

1.3 สมมติฐานงานวิจัย 4

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย 4

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ 5

บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม 7

2.1 สารฟอร์มัลดีไฮด์ 7

2.2 การผลิตและการนำเข้าฟอร์มัลดีไฮด์ 9

2.3 การใช้ประโยชน์ฟอร์มัลดีไฮด์ 14

2.4 ผลกระทบสารฟอร์มัลดีไฮด์ต่อสุขภาพ 17

2.5 ปัจจัยเสี่ยงในการรับสารฟอร์มัลดีไฮด์/ฟอร์มาลีน 21

2.6 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ 22

2.7 กฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับสารฟอร์มัลดีไฮด์ 24

2.8 แนวทางการปรับปรุงคุณภาพอากาศที่อาจปนเปื้อนของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอาคาร 26
2.9 วัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์.....30
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 35
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....42
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 42
3.2 วัสดุและอุปกรณ์ในการวิจัย 45
3.3 พื้นที่ในการศึกษา.....49
3.4 ตำแหน่งเก็บตัวอย่างคุณภาพอากาศ.....50
3.5 การดำเนินการปรับปรุงคุณภาพอากาศ 52
3.6 การตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ.....58
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูลและค่าสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....63
บทที่ 4 ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ข้อมูล.....64
4.1 ผลการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศของโรงงานผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์.....64
4.2 ผลการวิเคราะห์ผลทางสถิติปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ 71
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....78
5.1 สรุปผลการวิจัย 78
5.2 ข้อเสนอแนะ 79
รายการอ้างอิง.....80
ภาคผนวก 85
ภาคผนวก ก ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฟอร์มัลดีไฮด์.....86
ภาคผนวก ข การเข้าร่วมประชุมวิชาการระดับชาติ..... 101
ประวัติผู้เขียน 105

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ค่าขีดจำกัดการสัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์ในการทำงานของประเทศต่างๆ.....3

ตารางที่ 2.1 สมบัติทางกายภาพของฟอร์มัลดีไฮด์และฟอร์มาลีน 8

ตารางที่ 2.2 สมบัติทางเคมีของก๊าซฟอร์มัลดีไฮด์และฟอร์มาลีน.....9

ตารางที่ 2.3 ปริมาณการนำเข้าฟอร์มัลดีไฮด์ พาราฟอร์มัลดีไฮด์ และส่วนประกอบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับฟอร์มัลดีไฮด์ ปี 2551 – 2560.....10

ตารางที่ 2.4 ประเภทโรงงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ จำแนกตามบัญชีประเภทโรงงานอุตสาหกรรมของกรมโรงงานอุตสาหกรรม 15

ตารางที่ 2.5 ประเภทโรงงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ (เพิ่มเติม) เพื่อการเฝ้าระวังสุขภาพ โดยสำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค 15

ตารางที่ 2.6 ผลกระทบจากการสูดดมฟอร์มัลดีไฮด์ต่อระบบทางเดินหายใจในระยะเวลานาน 19

ตารางที่ 2.7 ค่าขีดจำกัดความเข้มข้นการสัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์ในการทำงานของประเทศต่างๆ....26

ตารางที่ 2.8 ข้อดีและข้อเสียของระบบระบายอากาศแบบต่างๆ 29

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติเครื่อง Formaldemeter™ htV-M 47

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติเครื่อง Mini Wireless IAQ Profile Monitor.....48

ตารางที่ 3.3 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการปรับปรุงคุณภาพอากาศในอาคาร 58

ตารางที่ 4.1 ค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดิไฮด์ในอากาศรายเดือน.....64

ตารางที่ 4.2 ค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดิไฮด์ในอากาศรายวัน.....67

ตารางที่ 4.3 ค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดิไฮด์ในอากาศแบบต่อเนื่อง 69

ตารางที่ 4.4 ค่าสถิติพื้นฐานปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศก่อนและหลังปรับการปรุงการควบคุมคุณภาพอากาศ แบบรายเดือน.....71

ตารางที่ 4.5 ค่าสถิติทดสอบปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศก่อนและหลังปรับปรุงการควบคุมคุณภาพอากาศแบบรายเดือน 72

ตารางที่ 4.6 ผลทดสอบทางสถิติแบบนอนพาราเมตริกของ Mann-Whitney 72

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ก่อนและหลังการปรับปรุงควบคุมคุณภาพอากาศด้วยค่าสถิติ t-test 73

ตารางที่ 4.8 ค่าสถิติพื้นฐานปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศก่อนปรับการปรุงการควบคุมคุณภาพอากาศตามฤดูกาล 74

ตารางที่ 4.9 ค่าสถิติทดสอบปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศก่อนปรับการปรุงการควบคุมคุณภาพอากาศตามฤดูกาล 75

ตารางที่ 4.10 ค่าสถิติพื้นฐานปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศหลังปรับการปรุงการควบคุมคุณภาพอากาศตามฤดูกาล 76

ตารางที่ 4.11 ค่าสถิติทดสอบปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศหลังปรับการปรุงการควบคุมคุณภาพอากาศตามฤดูกาล 77

ตารางที่ 5.1 สรุปผลการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศของโรงงานผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์ 78

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงปริมาณนำเข้าฟอร์มัลดีไฮด์ พาราฟอร์มัลดีไฮด์ และส่วนประกอบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับฟอร์มัลดีไฮด์ ปี พ.ศ. 2551 - 2560 10

รูปที่ 2.2 สัดส่วนการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ 11

รูปที่ 2.3 กระบวนการผลิตฟอร์มัลดีไฮด์แบบที่ใช้ซิลเวอร์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา 12

รูปที่ 2.4 กระบวนการผลิตฟอร์มัลดีไฮด์แบบที่ใช้อ๊อกไซด์ของโลหะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา 13

รูปที่ 2.5 ฟอร์มัลดีไฮด์และเมแทบอลิซึมในร่างกาย 18

รูปที่ 2.6 ตัวอย่างการระบายอากาศเฉพาะที่ 27

รูปที่ 2.7 ตัวอย่างการระบายอากาศเชิงกล 27

รูปที่ 2.8 การระบายอากาศทางธรรมชาติ 28

รูปที่ 2.9 ส่วนประกอบแผ่นลามิเนต 31

รูปที่ 2.10 ขั้นตอนการผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์ 32

รูปที่ 2.11 ขั้นตอนการผสม 33

รูปที่ 2.12 ขั้นตอนการชุบกระดาษชั้นต่าง ๆ ด้วยน้ำยาเรซิน 34

รูปที่ 2.13 ขั้นตอนการอัดกระดาษ 34

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย 42

รูปที่ 3.2 เครื่องดูดอากาศ 45

รูปที่ 3.3 หลอดเก็บตัวอย่าง Solid Sorbent Tube 10% 46

รูปที่ 3.4 การตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศ 46

รูปที่ 3.5 เครื่อง Formaldemeter™ htV-M 47

รูปที่ 3.6 เครื่อง Mini Wireless IAQ Profile Monitor 48

รูปที่ 3.7 โรงงานผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์กรณีศึกษา....49
รูปที่ 3.8 พื้นที่ส่วนการผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์กรณีศึกษา....50
รูปที่ 3.9 ก่อนการปรับปรุงพื้นที่บริเวณเครื่องชุบกระดาษ....53
รูปที่ 3.10 การติดตั้งห้องกั้นพื้นที่บริเวณเครื่องชุบกระดาษ....53
รูปที่ 3.11 รูปแบบการทำงานของเครื่องฟอกอากาศ....54
รูปที่ 3.12 ก่อนการติดตั้งเครื่องฟอกอากาศในพื้นที่และระบบท่อดูด....54
รูปที่ 3.13 หลังการติดตั้งเครื่องฟอกอากาศในพื้นที่และระบบท่อดูด....54
รูปที่ 3.14 ตัวอย่างระบบการหมุนเวียนของอากาศภายในห้องประกอบกระดาษ....55
รูปที่ 3.15 ภายในห้องประกอบกระดาษก่อนการติดตั้งระบบการหมุนเวียนของอากาศ....56
รูปที่ 3.16 หลังการติดตั้งระบบการหมุนเวียนของอากาศภายในห้องประกอบกระดาษ....56
รูปที่ 3.17 พื้นที่ห้องชุบกระดาษและห้องประกอบกระดาษก่อนการปรับปรุง....57
รูปที่ 3.18 ภายหลังการปรับปรุงแยกพื้นที่ระหว่างห้องชุบกระดาษและห้องประกอบกระดาษ....57
รูปที่ 3.19 ชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศ....60
รูปที่ 3.20 ภาพถ่ายตำแหน่งเก็บตัวอย่าง Monthly Monitoring....61
รูปที่ 3.21 ตำแหน่งเก็บตัวอย่างแบบ Daily Monitoring....62
รูปที่ 3.22 ตัวอย่างผลการตรวจวัดผ่านระบบคอมพิวเตอร์....62
รูปที่ 3.23 การเก็บตัวอย่างแบบต่อเนื่อง....63
รูปที่ 4.1 ฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายเดือนก่อนการปรับปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศ....65
รูปที่ 4.2 ฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายเดือนหลังการปรับปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศ....65
รูปที่ 4.3 ฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายวันก่อนการปรับปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศ....67
รูปที่ 4.4 ฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายวันหลังการปรับปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศ....68
รูปที่ 4.5 ฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศแบบต่อเนื่องก่อนและหลังการปรับปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศ....70

รูปที่ 4.6 ฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายวันก่อนการปรับปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศตามฤดูกาล 74

รูปที่ 4.7 ฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายวันหลังการปรับปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศภายในอาคารตามฤดูกาล.....76

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากข้อมูลของกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน พ.ศ.2564 พบว่าในประเทศไทย มีจำนวนสถานประกอบกิจการในทุกประเภทอุตสาหกรรม จำนวน 461,024 แห่ง จำนวนคนงาน 9,670,477 คน ประกอบกิจการอุตสาหกรรมการผลิต จำนวน 75,539 แห่ง มีจำนวนคนงานมากที่สุด 4,025,728 คน คิดเป็นร้อยละ 43.06 ของจำนวนคนงานทั้งหมดในภาคอุตสาหกรรม (กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, 2565) ในขณะที่ข้อมูลจากการเฝ้าระวังโรค ประจำปีของสำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค รายงานว่าในปี พ.ศ. 2562 ได้รับแจ้งเหตุจากผู้ป่วยกลุ่มโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมที่ได้รับพิษจากสารเคมีทั้งสิ้น 1,113 ราย เป็นผู้ป่วยที่ได้รับพิษจากก๊าซและการขาดอากาศหายใจ (Toxic gas and Asphyxia) เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นต้น 273 ราย โดยการหายใจเอาฝุ่นสารเคมี ก๊าซละออง ไอระเหย เข้าสู่ร่างกาย 2,939 ราย ซึ่งมีจำนวนผู้ป่วยเพิ่มขึ้นจากปี 2560 ซึ่งปัญหาสุขภาพของผู้ประกอบอาชีพหรือคนงานในสถานประกอบกิจการอุตสาหกรรมนั้นมีแนวโน้มเจ็บป่วยเรื้อรังด้วยโรคระบบทางเดินหายใจและปอด โรคพิษจากสารเคมี ที่เกิดจากสภาพแวดล้อมการทำงานที่มีสารเคมี (กรมควบคุมโรค, 2562) สอดคล้องกับแนวคิดขององค์กรสากลของประเทศสหรัฐอเมริกาที่ระบุสารฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ แม้ว่าร่างกายจะสามารถขับออกไปเองได้ แต่ก็ยังคงมีการตกค้างและสะสมอยู่ในร่างกาย (ธนาวุฒิ สุราษฎณ์, 2561)

แม้ว่าปัจจุบันจึงมีการจัดทำระบบมาตรฐานที่หลากหลายที่เป็นเครื่องมือช่วยในการควบคุมผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นดังกล่าวได้ เช่น มาตรฐานในการการออกแบบการก่อสร้างโรงงาน, มาตรฐานในการควบคุมกระบวนการผลิตและมาตรการเพื่อความปลอดภัย สุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อม เป็นต้น แต่ความรู้ความเข้าใจของผู้ปฏิบัติงานที่ไม่เพียงพอในภาคอุตสาหกรรมในการควบคุมกระบวนการหรือระบบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดูแลสิ่งแวดล้อม เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผู้ปฏิบัติงานในภาคอุตสาหกรรมและประชาชนที่อาศัยอยู่ในย่านอุตสาหกรรมมีโอกาสได้รับผลกระทบต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสสารพิษหรือสารเคมีจากกระบวนการต่างๆ ได้ พนักงานที่ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมที่มีสารฟอร์มัลดีไฮด์เป็นส่วนประกอบอาจได้รับสารอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานในแต่ละวันมาก อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพจากการสัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์ต่อระบบสืบพันธุ์ ผิวหนัง และโดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อระบบทางเดินหายใจ (Dai et al., 2018) ยิ่งไปกว่านั้นพนักงานที่ทำงานเกี่ยวกับงานไม้ที่มีฟอร์มาลีนเจือปนมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมากกว่าถึง 6 เท่า (ถวิลและคณะ, 2553) ผู้วิจัยเห็นถึงความสำคัญของมลพิษทางอากาศภายในอาคารจากสารฟอร์มัลดีไฮด์มีความสำคัญต่อ สุขภาพ

จึงต้องการศึกษาหาแนวทางการลดการปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์จากกระบวนการผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์ซึ่งมีการใช้สารฟอร์มัลดีไฮด์ในกระบวนการผลิตและส่งผลกระทบต่อพนักงานงานโดยตรง

ฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่สามารถเกิดขึ้นได้เองในธรรมชาติ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อมทั่วไป มีความสำคัญต่อกระบวนการเกี่ยวกับการขบวนการเมแทบอลิซึมอาหารของพืชและสัตว์ และยังสามารถพบได้ในธรรมชาติที่เกิดจากการเผาไหม้ เช่น ท่อไอเสียรถยนต์ เตาหม้อต้มอุตสาหกรรม และจากควันบุหรี่ เป็นต้น (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553; บังอร ฉางทรัพย์, 2558; กรมควบคุมโรค, 2561) ซึ่งเป็นก๊าซไวไฟ มีกลิ่นฉุนรุนแรง ไม่มีสี มีฤทธิ์กัดกร่อน เข้าสู่ร่างกายทางจมูกจากการหายใจ ทางผิวหนังจากการซึมผ่านและทางเดินอาหารจากการรับประทานอาหารที่มีการปนเปื้อน (กรมควบคุมโรค, 2561) แม้ว่าจะสามารถขับสารฟอร์มัลดีไฮด์แต่ร่างกายยังคงได้รับผลกระทบต่อสุขภาพแบบเฉียบพลันและเรื้อรัง ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของการได้รับระยะเวลาในการสัมผัสหรือสูดดม และขึ้นกับสภาพร่างกายของบุคคลทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งองค์กรนานาชาติเพื่อการวิจัยมะเร็ง IARC (International Agency for Research on Cancer) ได้จัดให้สารฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์อยู่ในกลุ่ม 1 (Class 1) ซึ่งเป็นกลุ่มที่ยืนยันได้ว่าเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ได้ และยังส่งผลต่อระบบทางเดินหายใจและระบบอื่น ๆ ของร่างกาย (บังอร ฉางทรัพย์, 2558; กรมควบคุมโรค, 2561)

ในประเทศไทยมีข้อกำหนดตามประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง ขีดจำกัดความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายได้กำหนดขีดจำกัดความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์เฉลี่ยตลอดระยะเวลาทำงานปกติ 8 ชั่วโมงการทำงาน (TLV-TWA) ไม่เกิน 0.750 ppm และขีดจำกัดความเข้มข้นสำหรับการสัมผัสในระยะเวลาสั้นๆ ที่ 15 นาที (TLV-STEL) ไม่เกิน 2 ppm (กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, 2560) โดยในแต่ละประเทศได้กำหนดค่าขีดจำกัดความเข้มข้นสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศสภาพแวดล้อมในการทำงานที่แตกต่างกัน แสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ค่าขีดจำกัดการสัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์ในการทำงานของประเทศต่างๆ

มาตรฐาน	TLV-TWA* (ชั่วโมง : ppm)	TLV-STEL** (15 นาที : ppm)
กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, ประเทศไทย	8 ชั่วโมง : 0.750	2.000
OSHA, ประเทศสหรัฐอเมริกา	8 ชั่วโมง : 0.750	2.000
NIOSH, ประเทศสหรัฐอเมริกา	10 ชั่วโมง : 0.160	0.100
ACGIH, ประเทศสหรัฐอเมริกา	8 ชั่วโมง : 0.100	0.300
JSOH, ประเทศญี่ปุ่น	8 ชั่วโมง : 0.100	0.200
AUS Exposure Std., ประเทศออสเตรเลีย	8 ชั่วโมง : 1.000	2.000
China, ประเทศจีน	-	0.500 mg/m3

ที่มา : กรมควบคุมโรค, 2561; Department of Health and Human Services (U.S.), 2007; Department of Labor (U.S.), 2016; ACGIH, 2023 และ JSOH, 2018

ในโรงงานผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์โดยทั่วไปนั้น วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิต คือ กระดาษ ไม้ และ เรซิ่น ซึ่งเรซิ่นนั้นมีสารฟอร์มัลดีไฮด์เป็นส่วนประกอบหลักและสามารถระเหยในสภาพแวดล้อมที่ปฏิบัติงานได้หากไม่มีระบบการควบคุมกระบวนการผลิตและสภาพแวดล้อมในการทำงานที่เพียงพอ ในส่วนของโรงงานที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ มีการควบคุมการผลิตที่เป็นไปตามมาตรฐานและมีการตรวจติดตามเพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดของกฎหมายอยู่อย่างต่อเนื่อง ซึ่งทางโรงงานเห็นว่าการดูแลพนักงานและสภาพแวดล้อมในการทำงานเป็นสิ่งสำคัญ และพบว่าค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์มีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่คงที่ อยู่ระหว่าง 0.300 ppm - 0.700 ppm จึงได้ดำเนินการปรับปรุงสภาพแวดล้อมในพื้นที่ปฏิบัติงานให้ดียิ่งขึ้นและกำหนดให้มีค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์อยู่ในระดับที่ 0.300 ppm ซึ่งปลอดภัยมากกว่าที่กำหนดตามประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง ขีดจำกัดความเข้มข้นของสารเคมีอันตราย ที่กำหนดค่าขีดจำกัดความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์เฉลี่ยตลอดระยะเวลาทำงานปกติ 8 ชั่วโมงการทำงาน (TLV-TWA) ไม่เกิน 0.750 ppm จึงเป็นที่มาในการศึกษาการลดระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ภายในโรงงานผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์จากการปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงานของโรงงานในครั้งนี้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการลดระดับความเข้มข้นฟอร์มัลดีไฮด์ในพื้นที่ปฏิบัติงานของโรงงานผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์

1.2.2 เพื่อตรวจติดตามการเปลี่ยนแปลง formaldehyde ก่อนและหลังปรับปรุงสภาพแวดล้อมโรงงาน ด้วยด้วยการกั้นแยกพื้นที่เครื่องจักร, การติดตั้งเครื่องฟอกอากาศและการติดตั้งระบบการหมุนเวียนของอากาศภายในพื้นที่ปฏิบัติงาน

1.2.3 เพื่อลดค่าความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในพื้นที่กำรทำงานให้น้อยกว่า 0.3 ppm. ได้อย่างคงที่

1.3 สมมติฐานงานวิจัย

ในการศึกษาได้นำข้อมูลที่จำเป็นต่อการประเมินและวิธีการที่ใช้ในปัจจุบัน มาทำการประเมินประสิทธิภาพการปรับปรุง รวมถึงวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องการเกิดไอระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์ที่อาจเกิดขึ้น โดยมีสมมติฐานในแต่ละปัจจัยดังนี้

1.3.1 การปรับปรุงพื้นที่และระบบระบายอากาศที่ติดตั้งสามารถลดค่าความเข้มข้นของ Formaldehyde ในพื้นที่การทำงานให้อยู่ในระดับที่น้อยกว่า 0.3 ppm. อย่างมีนัยสำคัญ

1.3.2 การปรับปรุงพื้นที่และระบบระบายอากาศที่ติดตั้งสามารถควบคุมค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ได้อย่างคงที่

1.3.2 ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในพื้นที่ทำงานแปรผันตามปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

การศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงปริมาณ เพื่อวัดประสิทธิภาพในการปรับปรุงพื้นที่และระบบระบายอากาศ โดยศึกษาในขอบเขต ดังต่อไปนี้

1.4.1 ศึกษาแนวทางในการลดระดับความเข้มข้นของ Formaldehyde ในพื้นที่การผลิตแผ่นลามิเนต ในส่วนของห้องประกอบกระดาษในโรงงานการผลิตแผ่น High Pressure Laminate

1.4.2 ศึกษาประสิทธิภาพการลดระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์โดยการปรับปรุงพื้นที่และระบบระบายอากาศ

1.4.3 ดำเนินการศึกษาในช่วงระหว่างเดือน มกราคม พ.ศ. 2563 – มกราคม พ.ศ. 2566

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถทราบประสิทธิภาพของมาตรการและระบบ Ventilation ที่จัดทำขึ้น เพื่อลดปริมาณการรับสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์ของพนักงานที่ทำงานในอุตสาหกรรมการผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์

1.5.2 นำผลที่ได้จากการวิจัยมาพิสูจน์สมมติฐานในการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในพื้นทำงานเพื่อให้พนักงานปฏิบัติงานในสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัยตลอดระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 วัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์ หมายถึง กระบวนการผลิตแผ่นวัสดุ ที่นำกระดาษที่ผ่านการเคลือบเรซิ่นแล้วมาเรียงซ้อนกันเป็นชั้น ๆ แล้วนำมาอัดด้วยความร้อนและความดันที่เหมาะสมจนได้เป็นวัสดุสำหรับตกแต่งพื้นผิวเฟอร์นิเจอร์หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าแผ่นลามิเนต

1.6.2 ปริมาณการผลิต หมายถึง จำนวนของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิต

1.6.3 ปัจจัยด้านการผลิต หมายถึง ลักษณะของกระบวนการผลิตที่อาจส่งผลต่อค่าระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในพื้นที่การผลิต

1.6.4 ประเภทของผลิตภัณฑ์ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ในชนิดต่างๆ ตามสูตรการผลิตที่จะมีชนิดของวัตถุดิบและอัตราส่วนในการผสมที่แตกต่างกัน

1.6.5 ระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ หมายถึง ระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในพื้นที่การผลิตส่วนประกอบต่างๆ ในการผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์ที่ทำการตรวจวัด ณ ช่วงเวลาที่ทำการวิจัย

1.6.6 ลักษณะการปฏิบัติงานที่เป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดไอระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์ หมายถึง ลักษณะการปฏิบัติงานในกระบวนการต่างๆ ที่เป็นแหล่งที่ทำให้เกิดไอระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์ เช่น การเทน้ำยาเรซิ่นในถาดน้ำยาเพื่อเคลือบกระดาษการอบกระดาษที่เคลือบเรซิ่นแล้ว หรือการพลิกกระดาษที่เคลือบน้ำยาแล้วเพื่อเรียงกระดาษก่อนเข้ากระบวนการอัด เป็นต้น

1.6.7 การปรับปรุงคุณภาพอากาศ หมายถึง มาตรการและแนวทางการปรับปรุงต่างๆ เพื่อลดค่าความเข้มค้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในบริเวณที่ผู้ปฏิบัติงานรับสัมผัสในช่วงเวลาที่ดำเนินการวิจัย

1.6.8 ปัจจัยด้านอุตุนิยมวิทยา หมายถึง ปัจจัยทางด้านอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นในขณะที่ดำเนินการผลิตและเก็บตัวอย่างความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในช่วงเวลาที่ดำเนินการวิจัย

1.6.9 อุณหภูมิ หมายถึง ค่าอุณหภูมิในระหว่างที่ดำเนินการเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาที่ทำการวิจัย

1.6.10 ความชื้นสัมพัทธ์ หมายถึง ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในระหว่างที่ดำเนินการเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาที่ทำการวิจัย

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

งานวิจัยแนวทางลดการปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์จากกระบวนการผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์ในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาใช้เป็นกรอบสำหรับการวิจัย ดังนี้

2.1 สารฟอร์มัลดีไฮด์

ฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่สามารถเกิดขึ้นได้เองในธรรมชาติ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อมทั่วไป มีความสำคัญต่อกระบวนการเกี่ยวกับกระบวนการเมแทบอลิซึมอาหารของพืชและสัตว์ และยังสามารถพบได้ในธรรมชาติที่เกิดจากการเผาไหม้ เช่น ท่อไอเสียรถยนต์ การเผาหญ้า การเผาไม้ เตาหม้อต้มอุตสาหกรรม และจากควันบุหรี่ เป็นต้น (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553; บังอร ฉางทรัพย์, 2558; กรมควบคุมโรค, 2561) สูตรทางเคมี คือ CH_2O มีจุดเดือดเท่ากับ -19 °C จึงอยู่ในสถานะก๊าซที่อุณหภูมิห้อง ไม่เสถียร ไวต่อการเกิดปฏิกิริยา ละลายในน้ำได้ดี เมื่ออยู่ในสถานะของเหลวมีลักษณะใส ไม่มีสี มีกลิ่นฉุนรุนแรง มีฤทธิ์กัดกร่อน (กรมควบคุมโรค, 2561)

ฟอร์มาลีนเป็นสารตั้งต้นหรือส่วนผสมในอุตสาหกรรมต่างๆ ในรูปของสารละลายเรียกว่าฟอร์มาลีน ประกอบด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ละลายในน้ำความเข้มข้นประมาณ 37 - 50% โดยน้ำหนัก และโดยทั่วไปมีส่วนผสมของเมทานอลประมาณ 10-15% (กรมควบคุมโรค, 2561) ฟอร์มาลีนและฟอร์มาลดีไฮด์มีความแตกต่างกัน (ธนาวุฒิ สุราษฎณ์, 2561)

ฟอร์มาลดีไฮ เป็นก๊าซไวไฟ มีกลิ่นฉุนรุนแรง ไม่มีสี มีฤทธิ์กัดกร่อน หนักกว่าอากาศเล็กน้อย ไม่เสถียร เกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชัน (polymerization) ได้ง่าย ในขณะที่ฟอร์มาลีนมีสถานะเป็นสารละลาย มีกลิ่นฉุนรุนแรง ไม่มีสี คุณสมบัติแตกต่างกันตามอัตราส่วนผสมของเมทานอลในสารละลายรวมถึงความเข้มข้นฟอร์มัลดีไฮด์ในน้ำ โดยลักษณะทางทางกายภาพของฟอร์มัลดีไฮด์และฟอร์มาลีนแสดงดังตารางที่ 2.1 และสมบัติทางเคมีฟอร์มาลีนของและก๊าซฟอร์มัลดีไฮด์แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 สมบัติทางกายภาพของฟอร์มัลดีไฮด์และฟอร์มาลีน

สมบัติของสาร	ก๊าซฟอร์มัลดีไฮด์	ฟอร์มาลีน
สภาพที่ปรากฏ	ไม่มีสี	ไม่มีสี
กลิ่น	กลิ่นฉุนรุนแรง	กลิ่นฉุนรุนแรง
น้ำหนักโมเลกุล	30.03	30.03
จุดเดือด	-19.5°C	96.0°C
จุดหลอมเหลว / จุดเยือกแข็ง	ไม่มี	-92.0°C
อุณหภูมิวิกฤต	137.2 - 141.2°C	-
ค่าความกรด-ด่าง (PH)	-	2.8 - 4.0 ที่อุณหภูมิ 20°C
ความหนาแน่นไอสัมพันธ	1.08 ที่อุณหภูมิ 20°C (อากาศ = 1)	1.04 ที่อุณหภูมิ 20°C (อากาศ = 1)
Log K_{ow}	0.35	0.35
ความดันไอ	3,890 มม.ปรอท ที่อุณหภูมิ 25°C	1.52 มม.ปรอท ที่อุณหภูมิ 20°C
ความสามารถในการละลาย	ละลายได้ดีในน้ำแอลกอฮอล์ อีเทอร์ อะซีโตน	ละลายได้ดีในน้ำแอลกอฮอล์ อีเทอร์ อะซีโตน
อุณหภูมิที่ติดไฟได้เอง	424°C	424°C
ขีดจำกัดการระเบิด	7 - 73% โดยปริมาตร	7 - 73% โดยปริมาตร

ที่มา : ธนาวุฒิ สุราษฎณ์, 2561 อ้างอิงถึง คู่มือการจัดการสารเคมีอันตรายสูงฟอร์มัลดีไฮด์ของกรมโรงงานอุตสาหกรรม

ตารางที่ 2.2 สมบัติทางเคมีของก๊าซฟอร์มัลดีไฮด์และฟอร์มาลีน

สมบัติของสาร	ก๊าซฟอร์มัลดีไฮด์	ฟอร์มาลีน
การเกิดปฏิกิริยา	โฟลีเมอไรเซชัน ออกซิเดชัน แอดดิชัน	โพลีเมอไรเซชัน ดีคอมโพสิชัน รีดักชัน ออกซิเดชัน แอคซิชัน คอนเดนเซชัน
สารที่ต้องหลีกเลี่ยง	Amines, AZO, compounds, Caustics, Dithiocarbamates, Alkali & akali earth metals, Nitrides, Nitro compounds, Unsaturated aliphatics and sulfides, Organic peroxides, Oxidizing agents, Reducing agents	
อันตรายจากการสลายตัว	สารอันตรายเมื่อเกิดจากการสลายตัว ถูกความร้อนสารจะสลายตัวเป็นกรดฟอร์มิก เมื่อถูกเผาไหม้จะสลายตัวให้ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจนเกิดหมอกควันที่เป็นพิษ	

ที่มา : ธนาวุฒิ สุราษฎณ์, 2561 อ้างอิงถึง คู่มือการจัดการสารเคมีอันตรายสูงฟอร์มัลดีไฮด์ของกรมโรงงานอุตสาหกรรม

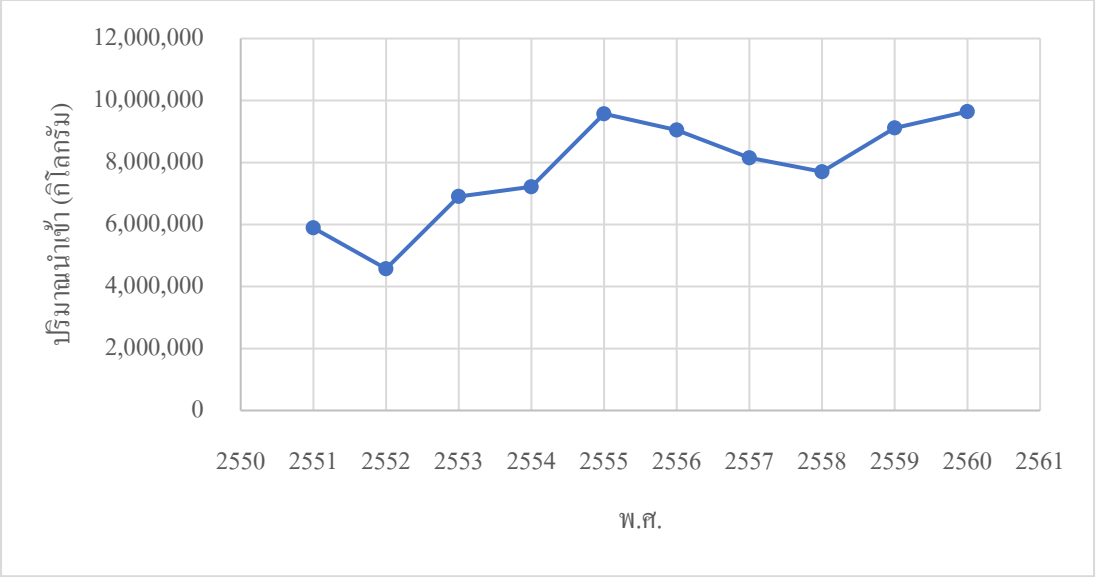
2.2 การผลิตและการนำเข้าฟอร์มัลดีไฮด์

ฟอร์มัลดีไฮด์จะไม่มีการซื้อขายหรือขนส่งในทางธุรกิจเนื่องจากเป็นสารไม่เสถียร มีแนวโน้มการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชันเป็นสารฟอร์มัลดีไฮด์ซึ่งเป็นของแข็ง จึงดำเนินการซื้อขายฟอร์มัลดีไฮด์ในรูปสารละลายที่มีความเข้มข้นร้อยละ 37 - 55 โดยน้ำหนัก (กรมอุตสาหกรรม, 2553) อ้างอิงจากรายงานสถิติการนำเข้าของกรมศุลกากรระหว่างปีพ.ศ. 2551 – 2560 ดังแสดงในตารางที่ 2.3 และรูปที่ 2.1 ประเทศไทยมีการผลิตและนำเข้าฟอร์มัลดีไฮด์ พาราฟอร์มัลดีไฮด์ และส่วนประกอบอื่น ๆ เฉลี่ยอยู่ที่ 7,782,411 กิโลกรัม มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอยู่ที่ประมาณร้อยละต่อปี (กรมศุลกากร, 2561)

ตารางที่ 2.3 ปริมาณการนำเข้าฟอร์มัลดีไฮด์ พาราฟอร์มัลดีไฮด์ และส่วนประกอบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับฟอร์มัลดีไฮด์ ปี 2551 – 2560

ปี พ.ศ.	ปริมาณการนำเข้า (กิโลกรัม)			
	ฟอร์มัลดีไฮด์	พาราฟอร์มัลดีไฮด์	ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์	รวมทั้งหมด
2551	1,659	5,868,559	23,050	5,893,268
2552	175,368	4,397,342	1,507	4,574,217
2553	767,881	6,136,977	643	6,905,501
2554	981,938	6,233,517	782	7,216,237
2555	67,733	9,490,120	13,932	9,571,785
2556	49,235	8,997,073	946	9,047,254
2557	393,977	7,743,495	14,419	8,151,891
2558	668,434	7,000,988	33,464	7,702,886
2559	675,352	8,406,546	34,072	9,115,970
2560	1,000,581	8,589,270	55,250	9,645,101

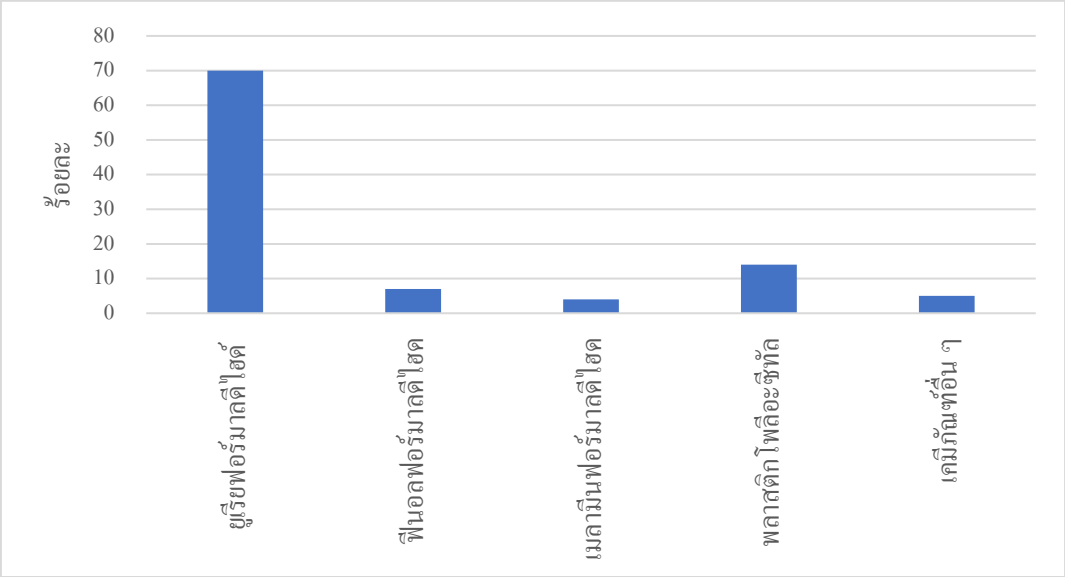
ที่มา : กรมศุลกากร, 2561



รูปที่ 2.1 แสดงปริมาณนำเข้าฟอร์มัลดีไฮด์ พาราฟอร์มัลดีไฮด์ และส่วนประกอบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับฟอร์มัลดีไฮด์ ปี พ.ศ. 2551 - 2560

ที่มา : กรมศุลกากร, 2561

เนื่องจากฟอร์มัลดีไฮด์ เป็นสารเคมีที่เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในอุตสาหกรรมการผลิตหลากหลายชนิด โดยร้อยละ 70 ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ เช่น การผลิตกาว ไม้อัด พลาสติกประเภทเทอร์โมเซตติง (Thermosetting Plastic) ที่มีลักษณะคงรูปและแข็งเพื่อใช้ในการผลิตปุ่มจับด้ามเครื่องมือ เป็นต้น ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ ร้อยละ 7 เมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ ร้อยละ 4 พลาสติกโพลีอะซีทัล ร้อยละ 14 และเคมีภัณฑ์อื่น ๆ ร้อยละ 5 ดังรูปที่ 2.2 (กรมควบคุมโรค, 2561; ธนาวุฒิ สุราษฎณ์, 2561)



รูปที่ 2.2 สัดส่วนการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์
ที่มา : ธนาวุฒิ สุราษฎณ์, 2561

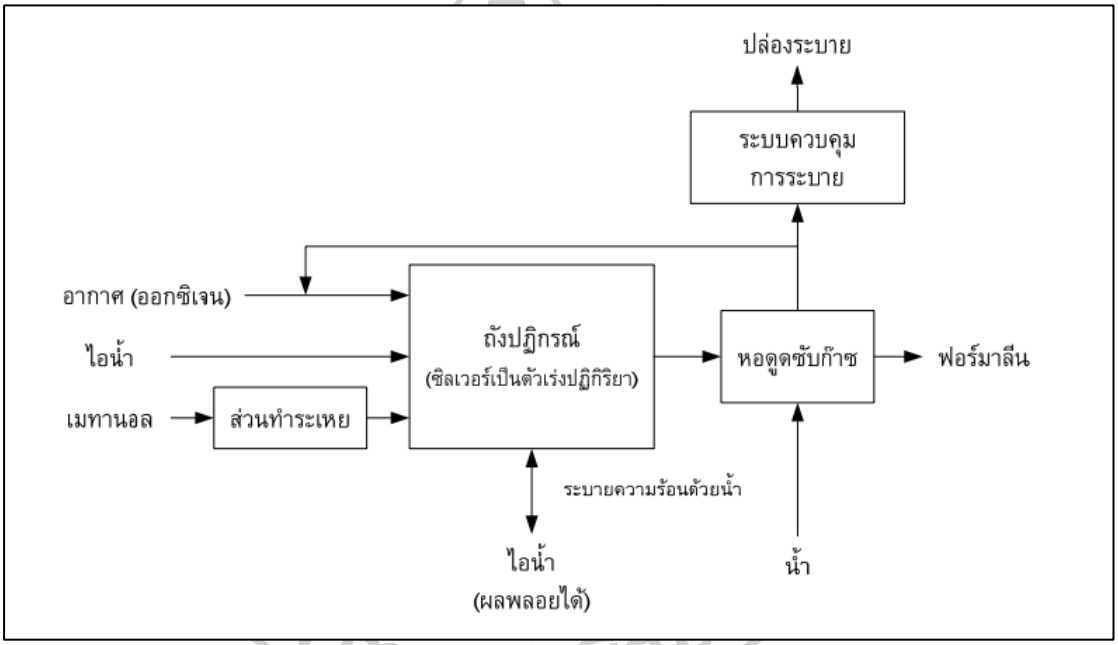
ในประเทศไทยมีการผลิตฟอร์มัลดีไฮด์มาจากเมทานอลผสมอยู่ 1 - 14 % โดยน้ำหนักขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งาน มีกระบวนการผลิต 2 แบบ (กรมอุตสาหกรรม, 2553; ธนาวุฒิ สุราษฎณ์, 2561) มีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 Silver Process

เป็นการเปลี่ยนเมทานอลเป็นฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยซิลเวอร์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยฟอร์มัลดีไฮด์จะเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) เมทานอลจากปฏิกิริยานี้จะสามารถเปลี่ยนเป็นฟอร์มัลดีไฮด์ ได้ประมาณ 77 - 87% โดยการทำให้เมทานอลระเหยและถูกส่งเข้าถังปฏิกรณ์ที่บรรจุซิลเวอร์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาไว้ (Sliver Catalyte) ไปพร้อมกับไอน้ำและอากาศ ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยา

คายความร้อน และจะถูกเปลี่ยนเป็นฟอร์มัลดีไฮด์ที่อุณหภูมิระหว่าง 600 °C ถึง 650 °C และไหลเข้าหอดูดซับ ก่อนใช้น้ำเป็นตัวจับจนได้เป็นสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์

ความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาคายความร้อนจะถูกระบายด้วยน้ำได้ไอน้ำเป็นผลพลอยได้ และถูกนำไปใช้ในรูปพลังงานต่อไป ส่วนไอที่ออกจากหอดูดซับบางส่วนจะไหลกลับเข้าในกระบวนการไปผสมกับอากาศก่อนเขาถังปฏิกรณ์อีกครั้ง เพื่อใช้ควบคุมปริมาณออกซิเจนในระบบให้เหมาะสมส่วนที่เหลือจะถูกส่งไปกำจัดที่ระบบควบคุมการระบาย (Emission Control System) ซึ่งทำหน้าที่กำจัดก๊าซของเสีย (Waste Gas) ให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำก่อนปล่อยสู่บรรยากาศทางปล่องระบายต่อไป โดยกระบวนการผลิตฟอร์มัลดีไฮด์แบบที่ใช้ซิลเวอร์แสดงดังรูปที่ 2.3



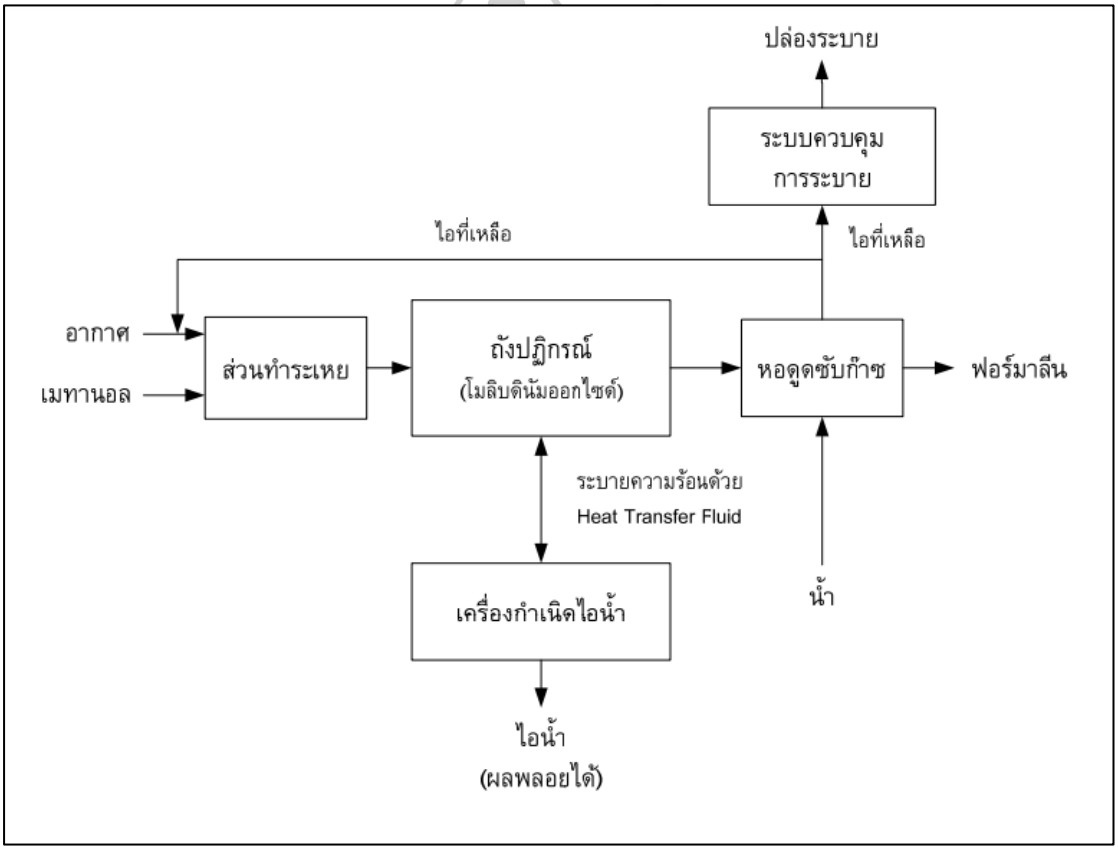
รูปที่ 2.3 กระบวนการผลิตฟอร์มัลดีไฮด์แบบที่ใช้ซิลเวอร์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา
ที่มา : กรมอุตสาหกรรม, 2553

2.2.2 Oxide Process

เมทานอลจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับอากาศ โดยจะมีตัวเร่งปฏิกิริยา คือ เหล็กโมลิบดินัม-วานาเดียมออกไซด์ ที่อุณหภูมิ 350 - 400°C ซึ่งสามารถเปลี่ยนเมทานอลเป็นฟอร์มัลดีไฮด์ได้สูงสุดถึง 91 - 93% โดยจะดึงอากาศกับเมทานอลจะถูกนำเข้าไปทำระเหยกลายเป็นไอ เพื่อนำเข้าสู่ถังปฏิกรณ์ซึ่งภายในบรรจุด้วยโมลิบดินัมออกไซด์ในการเร่งปฏิกิริยาในถังปฏิกรณ์ ภายในถังจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดการคายความร้อน เมทานอลและอากาศจะถูกเปลี่ยนสภาพเป็นก๊าซฟอร์มัลดีไฮด์ที่

อุณหภูมิ 350 - 400 °C และไหลเข้าสู่หอดูดซับก๊าซ โดยก๊าซฟอร์มาล์ดิไฮด์จะถูกน้ำจับรวมตัวเป็นสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์หรือฟอร์มาลีน

ความร้อนที่เกิดขึ้นเกิดจากปฏิกิริยาคายความร้อนจะถูกระบายด้วย Heat Transfer Fluid (HTF) และทำให้น้ำกลายเป็นไอซึ่งเป็นผลพลอยได้ในเครื่องกำเนิดไอน้ำ ไอน้ำที่เหลือจากการดูดซับจะถูกนำกลับเข้าไปผสมกับอากาศก่อนทำการระเหยเพื่อใช้ควบคุมปริมาณออกซิเจนในระบบให้อยู่ที่ประมาณ 10-12% ส่วนไอที่เหลือจะถูกส่งไปกำจัดที่ระบบควบคุมการระบาย ซึ่งภายในแพลทินัมเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำหน้าที่กำจัดก๊าซของเสียให้เป็นออกซิเจนและน้ำ โดยกระบวนการผลิตฟอร์มัลดีไฮด์แบบที่ใช้อ๊อกไซด์ของโลหะแสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 กระบวนการผลิตฟอร์มัลดีไฮด์แบบที่ใช้อ๊อกไซด์ของโลหะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ที่มา : กรมอุตสาหกรรม, 2553

2.3 การใช้ประโยชน์ฟอร์มัลดีไฮด์

วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ที่อยู่รอบตัวมีส่วนประกอบของสารฟอร์มัลดีไฮด์อยู่ด้วยและเป็นไปได้ยากที่เราจะหลีกเลี่ยงการสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์จากผลิตภัณฑ์นั้น ๆ เนื่องจากฟอร์มัลดีไฮด์ถูกใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตในหลายด้าน (กรมอุตสาหกรรม, 2553) สามารถสรุปประโยชน์ของการนำสารฟอร์มัลดีไฮด์มาใช้ในด้านต่างๆ (กรมอุตสาหกรรม, 2553; บังอร ฉางทรัพย์, 2558; กรมควบคุมป้องกันโรค, 2561) ดังนี้

2.3.1 ด้านการแพทย์

ในการนำสารฟอร์มัลดีไฮด์มาใช้ในด้านการแพทย์ มีดังนี้

1) สารฟอร์มัลดีไฮด์ในรูปแบบของฟอร์มาลีนสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการคงสภาพมิให้ย่อยสลาย ใช้ในการเก็บรักษาศพ เก็บรักษาตัวอย่างเนื้อเยื่อทางกายวิภาค (anatomical specimens) เพื่อการนำไปวิเคราะห์และการวินิจฉัย

2) ฆ่าเชื้อโรคในเครื่องมือต่างๆ เช่น เครื่องฟอกเลือด (เครื่องล้างไต) เครื่องมือในการเตรียมและสังเคราะห์ผลิตภัณฑ์ยา วัคซีน ใช้สำหรับฆ่าเชื้อรา

3) ไอระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์สามารถนำมาอบห้องเพื่อฆ่าเชื้อโรคในโรงพยาบาล

4) ใช้ในกระบวนการ fixation specimens ในห้องปฏิบัติการทางการแพทย์

2.3.2 ด้านอุตสาหกรรม

เนื่องจากมีการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ในภาคส่วนต่างๆ อย่างกว้างขวางโดยเฉพาะในภาคอุตสาหกรรม ในที่นี้ได้ศึกษาและรวบรวมข้อมูลสถานประกอบกิจการที่เกี่ยวข้องกับฟอร์มัลดีไฮด์ในพ.ศ. 2561 โดยจำแนกตามบัญชีประเภทโรงงานอุตสาหกรรมของกรมโรงงานอุตสาหกรรม (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2561) ดังแสดงดังตารางที่ 2.4 รวมทั้งกรมควบคุมโรคได้พิจารณาประเภทโรงงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์เพิ่มเติมจากข้อมูลของกรมโรงงานอุตสาหกรรมอีก 1 ประเภทโรงงาน ได้แก่ โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับไม้เพื่อการเฝ้าระวังสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานที่ทำงานสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์ของสำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม ดังตารางที่ 2.4 และตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.4 ประเภทโรงงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ จำแนกตามบัญชีประเภทโรงงานอุตสาหกรรมของกรมโรงงานอุตสาหกรรม

ประเภทหรือชนิดของโรงงาน	จำนวณ (แห่ง)
โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับ เคมีภัณฑ์ สารเคมี หรือวัสดุเคมี ซึ่งมิใช่ปุ๋ย อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ดังต่อไปนี้	640
- การทำเคมีภัณฑ์ สารเคมี หรือวัสดุเคมี	506
- การเก็บรักษา ลำเลียง แยก คัดเลือก หรือแบ่งบรรจุเคมีภัณฑ์อันตราย	134
โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เคมี อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ดังต่อไปนี้การทำผลิตภัณฑ์สำหรับกันน้ำ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นตัวทำให้เปียกน้ำ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นตัวทำให้ตีเข้าด้วยกันได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นตัวทำให้ซึมเข้าไป (Wetting agents, mulsifiers of penetrants) ผลิตภัณฑ์สำหรับใช้ผนึกหรือกาวผลิตภัณฑ์สำหรับใช้เป็นตัวผสม (Sizes)ผลิตภัณฑ์สำหรับใช้เป็นตัวเชื่อมหรืออุด (Cements) ที่ทำจากพืช สัตว์ หรือพลาสติกที่ได้มาจากแหล่งผลิตอื่น ซึ่งมิใช่ผลิตภัณฑ์สำหรับใช้อุดรูฟัน (Dental cements)	148
รวมทั้งหมด	788

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2561

ตารางที่ 2.5 ประเภทโรงงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ (เพิ่มเติม) เพื่อการเฝ้าระวังสุขภาพ โดยสำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค

ประเภทหรือชนิดของโรงงาน	จำนวณ (แห่ง)
โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับไม้ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ดังต่อไปนี้	
- การทำไม้วีเนียร์ หรือไม้อัดทุกชนิด	115
- การถนอมเนื้อไม้ หรือการอบไม้	58
รวมทั้งหมด	173

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2561

กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2553) ได้สรุปถึงการนำฟอร์มัลดีไฮด์ไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เป็นจำนวนมาก ทั้งนี้การผลิตสารนี้จะอยู่ในรูปของสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์หรือฟอร์มาลีน ที่ความเข้มข้นประมาณ 37-55% โดยน้ำหนัก สามารถนำไปทำผลิตภันฑ์ได้ดังนี้

1) ใช้ในกระบวนการผลิตเรซิ่นและพลาสติก เช่น ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (urea-formaldehyde) ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ (Phenol-formaldehyde) เมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ (melamine-formaldehyde) เป็นตัวเติมให้ฟิล์มแข็งขึ้น เพื่อใช้ประกอบเป็นผนังบอร์ดและแผ่นปูทับหรือแผ่นปูรองของวัสดุต่างๆ (Boards and Laminates) สารเคลือบ ไม้อัด และเฟอร์นิเจอร์ (จากยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์) การทำถ้วยชาม (จากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์) ผ้าเบรกรถยนต์ ใบเลื่อย ใบเจีย ใบตัดทราย ทำแบบหล่อโลหะ และฉนวนกันความร้อน (จากฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์) ชิ้นส่วนยานยนต์ ชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิคส์ (จากโพลีอะซีทัล) เป็นต้น

2) เป็นสารที่เกิดขึ้น (Intermediate) ในระหว่างการผลิตสารเคมีอุตสาหกรรม เช่น 1,4-butanediol, 4,4'- methylenediphenyl diizocyanate, penta-erythritol และ Hexamethy-lenetetramine

3) ใช้ในการสังเคราะห์ Propagyl alcohol, ยา, วัตถุระเบิด และสีต่าง ๆ เช่น สีคราม

4) ใช้ในการย้อมเพื่อปรับปรุงสีและสีย้อมติดแน่นขึ้น

5) ใช้ในกระบวนการการฟอกสีและการพิมพ์

6) ใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ เพื่อให้กระดาษลื่นและกันน้ำได้

7) ใช้ในกระบวนการผสมโลหะ เพื่อป้องกันการปฏิกิริยาออกซิเดชั่น

8) ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ โดยการเติมโพลิเมอร์และเรซิ่นของฟอร์มัลดีไฮด์ลงในเนื้อผ้าในช่วงท้ายของกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มคุณภาพในกับผ้า ทำให้ผ้าอยู่ทรงและไม่ติดไฟ

9) ใช้ในกระบวนการรักษาภาพถ่าย ทำให้สามารถเก็บรักษาภาพถ่ายได้นาน

10) ใช้เป็นสารฆ่าเชื้อ สารกันเสีย ยาฆ่าแมลง ตัวลดออกซิเจนในปฏิกิริยา

11) ใช้ในการผลิตเรซิ่น การสังเคราะห์สีต่างๆ เช่น สีคราม สีแดง สีอะครีลิก

12) ใช้ในการทำความสะอาดและกระดาษทิชชู

2.3.3 ด้านความงาม

ในการนำสารฟอร์มัลดีไฮด์มาใช้ในด้านความงาม มีดังนี้

1) เป็นส่วนผสมในการผลิตเครื่องสำอางเพื่อไม่ให้เหงื่อออก

2) เป็นส่วนผสมในน้ำยาทาเล็บ ยาสีฟัน ยาบ้วนปาก สบู่ และการผลิตแชมพูของสัตว์เลี้ยงในการฆ่าเชื้อโรค เป็นต้น ทั้งนี้การใช้ในผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะต้องใช้ในปริมาณที่ต่ำมาก โดยมีการศึกษาพบว่าสารนี้เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการแพ้

3) เป็นส่วนผสมในครีมโกนหนวด

4) เป็นส่วนผสมในน้ำยาดับกลิ่นตัว

2.3.4 ด้านการเกษตร

ในการนำสารฟอร์มัลดีไฮด์มาใช้ในด้านการเกษตร มีดังนี้

1) สารฟอร์มัลดีไฮด์ใช้ในการผลิตสารที่ทำลายหรือป้องกันจุลินทรีย์ที่ทำให้ต้นไม้เป็นโรค

2) ใช้ฆ่าเชื้อราในดิน ป้องกันผลผลิตทางการเกษตรจากความเสียหายระหว่างการขนส่ง การเก็บรักษา ทำความสะอาด เช่น ลังไม้และอาคารโรงเรือนเกษตร

3) ใช้ผสมสารละลายที่ใช้เคลือบผัก ผลไม้ เช่น ส้ม เพื่อยับยั้งการเน่าเสียสามารถเก็บรักษาผลผลิตไว้ได้นาน

4) ใช้เป็นส่วนผสมสำหรับเป็นปุ๋ย (Urea formaldehyde)

5) ใช้ในบ่อเลี้ยงปลาเพื่อป้องกันโรค

2.3.5 ด้านอื่น ๆ

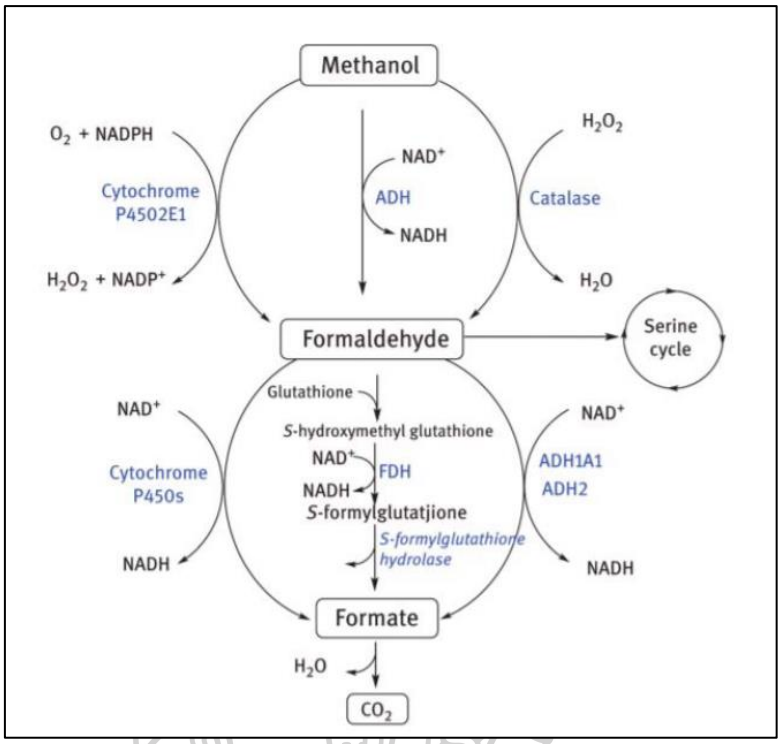
ในการนำสารฟอร์มัลดีไฮด์มาใช้ในด้านอื่น ๆ มีดังนี้

1) ใช้ในการถ่ายภาพช่วยให้เก็บรักษาภาพได้นานขึ้น

2) ใช้เป็นวัสดุเพื่อการขนส่ง

2.4 ผลกระทบสารฟอร์มัลดีไฮด์ต่อสุขภาพ

แม้ว่าฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารที่เอาไวใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ หากฟอร์มัลดีไฮด์เข้าสู่ร่างกายทางจมูกจากการหายใจ ทางผิวหนังจากการซึมผ่านและทางเดินอาหารจากการรับประทานอาหารที่มีการปนเปื้อน (กรมควบคุมโรค, 2561) เมื่อฟอร์มัลดีไฮด์เข้าสู่ร่างกายแล้วจะถูกออกซิไดซ์ไปเป็นกรดฟอร์มิก (Formic acid) แล้วเปลี่ยนรูปเป็นน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ ส่งผลให้ภายในร่างกายเกิดภาวะกรด (Metabolic acidosis) ซึ่งในสภาวะปกติร่างกายมนุษย์สามารถขับกรดฟอร์มิกนี้ออกจากร่างกายได้เองทางปัสสาวะ และทางลมหายใจ (สุจิตรา, 2552) แสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ฟอร์มัลดีไฮด์และเมแทบอลิซึมในร่างกาย

ที่มา : Trincado และคณะ, 2018

แม้ว่าจะสามารถขับสารฟอร์มัลดีไฮด์แต่ร่างกายยังคงได้รับผลกระทบต่อสุขภาพแบบเฉียบพลันและเรื้อรัง ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของการได้รับ ระยะเวลาในการสัมผัสหรือสูดดม และขึ้นกับสภาพร่างกายของบุคคลทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งองค์กรนานาชาติเพื่อการวิจัยมะเร็ง IARC (International Agency for Research on Cancer) ได้จัดให้สารฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์อยู่ในกลุ่ม 1 (Class 1) ซึ่งเป็นกลุ่มที่ยืนยันได้ว่าเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ได้ และยังส่งผลต่อระบบทางเดินหายใจและระบบอื่น ๆ ของร่างกาย (บังอร ฉางทรัพย์, 2558; กรมควบคุมโรค, 2561) ดังต่อไปนี้

2.4.1 ผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ

การสูดดมฟอร์มัลดีไฮด์ที่ความเข้มข้นสูงผ่านทางการหายใจระยะเวลานาน ส่งผลให้เกิดการระคายเคืองทางเดินหายใจส่วนบนอย่างรุนแรง มีอาการอักเสบในระบบทางเดินหายใจ ตั้งแต่เนื้อเยื่อในโพรงจมูกไปถึงถุงลมปอด บางรายอาจเกิดน้ำท่วมปอด หายใจลำบาก ความเข้มข้นที่เป็นอันตรายต่อชีวิตหรือสุขภาพอย่างเฉียบพลัน (กรมควบคุมโรค, 2561) นอกจากนี้มีการรวบรวมรายงานการวิจัยซึ่งใช้หนูในการทดลองสูดดมไอของฟอร์มัลดีไฮด์ในปริมาณสารและเวลาที่แตกต่างกันพบว่าหนูส่วนใหญ่แสดงอาการเกี่ยวกับระบบหายใจ หนูที่ดมไอสารในปริมาณและระยะเวลาน้อย

แสดงอาการไม่รุนแรงนัก แต่อาการจะรุนแรงขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณและระยะเวลามากขึ้น ซึ่งอาจก่อให้เกิดมะเร็งได้ (บังอร ฉางทรัพย์, 2558) อาการเหล่านี้อาจไม่ได้เกิดขึ้นทันที โดยสามารถเกิดขึ้นหลังจากได้รับสารหลายชั่วโมงโดยไม่มีอาการเจ็บปวดเลยก็ได้ แต่หากได้รับปริมาณน้อยแต่เป็นเวลานาน อาจจะทำให้ไอและเกิดหลอดลมอักเสบได้ (สุชาตา, 2549) จากการทดสอบ LC_{50} ในหนูด้วยสารฟอร์มัลดีไฮด์ 0.578 มิลลิกรัมต่อลิตรต่อ 4 ชั่วโมงพบว่าเกิดพิษเฉียบพลันจากค่าความเข้มข้นของสารเคมีในอากาศที่ทำให้สัตว์ทดลองเสียชีวิตไปเป็นจำนวนครึ่งหนึ่งในกลุ่มที่ทำการทดลอง สำหรับผลกระทบจากฟอร์มัลดีไฮด์ต่อระบบทางเดินหายใจในระยะเวลานานที่รวบรวมโดยกรมควบคุมโรค (2561) แสดงดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ผลกระทบจากการสูดดมฟอร์มัลดีไฮด์ต่อระบบทางเดินหายใจในระยะเวลานาน

ระดับความเข้มข้น (ppm)	อาการ
100	อันตรายต่อชีวิตหรือสุขภาพอย่างเฉียบพลัน
> 50	น้ำท่วมปอด ปอดบวม ปอดอักเสบและการระคายเคืองหลอดลม
> 5	การระคายเคืองทางเดินหายใจส่วนล่าง ไอ แน่นหน้าอก และหายใจมีเสียงวี๊ด รวมทั้งทำให้เกิดอาการหอบหืด
> 0.5	การระคายเคืองทางเดินหายใจส่วนบน คอแห้ง เจ็บคอ คัดจมูก คัน และแสบจมูก
> 0.1	รับรู้และสัมผัสกลิ่นได้

หมายเหตุ : การเกิดอาการเหล่านี้อาจขึ้นอยู่กับความไวต่อฟอร์มัลดีไฮด์ของแต่ละบุคคล หรือโรคประจำตัว เช่น ผู้ที่เป็นโรคหอบหืดอาจมีอาการแสดงมากกว่าผู้ที่ไม่มีโรคประจำตัว
ที่มา : กรมควบคุมโรค, 2561

2.4.2 ผลกระทบต่อตา

อาการของผู้ได้รับไอฟอร์มัลดีไฮด์ที่ความเข้มข้นระหว่าง 0.05 ppm - 0.5 ppm อาจเกิดอาการระคายเคืองตา แสบตา คันตา ตาแดง และมีน้ำตาไหล (กรมควบคุมโรค, 2561) นอกจากนี้ยังส่งผลต่ออัตราการกระพริบตาหรือปิดตาเพิ่มขึ้น แม้ว่าการกระพริบตาจะเป็นเป็นกลไกการป้องกันของตาแต่การกระพริบหรือปิดตาบ่อย ๆ อาจลดความสามารถในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานได้ โดยเฉพาะผู้ที่รับการสัมผัสดวงตาโดยตรงทำให้เกิดการบาดเจ็บที่ตาและกระจกตา อาจร้ายแรง

ถึงขั้นตาบอดได้ ทั้งนี้ขึ้นกับความรุนแรง ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ ระยะห่างระหว่าง การได้รับสัมผัสแต่ละครั้งและการปฐมพยาบาลเบื้องต้น

2.4.3 ผลกระทบต่อผิวหนัง

การที่ได้รับการสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์อาจทำให้เกิดโรคผิวหนังชนิดผื่นแพ้สัมผัส (Allergic Contact Dermatitis) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาภูมิแพ้ มักเกิดผื่นหลังสัมผัสครั้งแรกประมาณ 6 - 10 วัน หรือนานหลายปี สำหรับผิวหนังที่เคยถูกกระตุ้นแล้วจะเกิดผื่นภายใน 4 - 12 ชั่วโมงหากได้สัมผัสกับสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์อีก ผู้ป่วยที่มีอาการแพ้รุนแรงอาจมีอาการอื่นด้วย เช่น น้ำตาไหล และแน่นหน้าอก นอกจากนี้ฟอร์มัลดีไฮด์อาจกระตุ้นปฏิกิริยาของผิวหนังในกลุ่มบุคคลที่มีความไวต่อแสงแม้จะความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศต่ำกว่า 1 ppm (กรมควบคุมโรค, 2561) จากการทดสอบ LD_{50} ในกระต่ายด้วยสารฟอร์มัลดีไฮด์ 270 มิลลิกรัมต่อลิตรต่อ 4 ชั่วโมงพบว่าเกิดพิษเฉียบพลันจากปริมาณของสารเคมีซึ่งเมื่อสัตว์ที่ใช้ในการทดลองได้รับเข้าสู่ร่างกายเพียงครั้งเดียวโดยทางการกิน การฉีด หรือ การสัมผัสทางผิวหนัง แล้วทำให้สัตว์เสียชีวิตไปเป็นจำนวนครึ่งหนึ่งในกลุ่มที่ทำการทดลอง

2.4.4 ผลกระทบต่อระบบทางเดินอาหาร

ฟอร์มัลดีไฮด์สามารถเข้าสู่ร่างกายผ่านทางปากโดยการรับประทานอาหารที่ปนเปื้อนฟอร์มัลดีไฮด์ หากรับประทานสารฟอร์มัลดีไฮด์ปริมาณเพียง 30 มิลลิกรัมอาจส่งผลทำให้เสียชีวิตจากความเป็นพิษ ผู้ได้รับสารผ่านทางระบบจะแสดงอาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้องและแผลในกระเพาะอาหาร (กรมควบคุมโรค, 2561) แม้ว่าได้รับสารในปริมาณน้อยยังคงได้รับความเสียหายต่ออวัยวะหรือระบบอื่น ๆ ได้แก่ ตับ ไต ม้าม ตับอ่อน สมองและระบบประสาทส่วนกลางเมื่อได้รับสารฟอร์มัลดีไฮด์ผ่านระบบทางเดินอาหาร (บังอร ฉางทรัพย์, 2558) ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ (2541) ในการทดลองให้สุนัขและกระต่ายกินฟอร์มัลดีไฮด์ 2-25 มก./กก เป็นเวลา 129 วัน น้ำหนักของสัตว์ทดลอง มีกรดและโปรตีนในปัสสาวะ สัตว์ทดลองบางส่วนตายระหว่างการทดลองและพบว่าฟอร์มัลดีไฮด์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางพยาธิสภาพของระบบทางเดินอาหาร

2.4.5 ผลกระทบต่อระบบสืบพันธุ์

จากผลการตรวจสอบคนงานหญิงตั้งครรภ์ที่มีอายุงานมากว่า 3 ปี ในโรงงานทอผ้าที่มีการใช้สารฟอร์มัลดีไฮด์ พบว่าสามารถส่งผลต่อความผิดปกติของทารกในครรภ์ มีการแท้งและคลอดก่อนกำหนดมากกว่าปกติ อีกทั้งเด็กที่เกิดมาจะมีน้ำหนักและส่วนสูงน้อยกว่าปกติ โดยน้ำหนักของเด็กที่ลดลงมีความสัมพันธ์กับอายุงานในการปฏิบัติงานของแม่ (กรมควบคุมมลพิษ, 2541)

2.4.6 ผลกระทบต่อการก่อการกลายพันธุ์

การรับสารฟอร์มัลดีไฮด์ทำให้เกิดปฏิกิริยา Depurinization ใน DNA – Protein Crossing (DPCs) เมื่อฟอร์มัลดีไฮด์เข้าสู่ร่างกายและคงอยู่ในปริมาณที่สามารถทำปฏิกิริยากับ

สาย Deoxyribonucleic Acid (DNA) ได้ จะทำให้เกิดการเชื่อมโยงโควาเลนต์ของโปรตีนที่สาย DNA เกิดเป็น DPCs ส่งผลให้ DNA เสียหายและมีผลกระทบต่อการแบ่งเซลล์ (กรมควบคุมโรค, 2561) โดยระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ที่รับสัมผัสจะมีความสัมพันธ์กับการกลายพันธุ์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2541)

2.4.7 ผลกระทบต่อระบบภูมิคุ้มกัน

มีความเป็นไปได้ที่การสัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์เป็นเวลานานจะส่งผลต่อต่อระบบภูมิคุ้มกัน จากการศึกษาการประเมินผลทางเนื้อเยื่อและฮิสโตเมตริกของความเป็นพิษต่อภูมิคุ้มกันของฟอร์มัลดีไฮด์ในหนูบ่งชี้ว่าการสูดดมก๊าซฟอร์มัลดีไฮด์นั้นมีผลกระทบที่เป็นอันตรายต่อภูมิคุ้มกันในหนูได้ (Monfared, 2014)

2.4.8 ผลกระทบต่อการเกิดมะเร็ง

องค์กรนานาชาติเพื่อการวิจัยมะเร็ง IARC ตาม MONOGRAPHS VOLUME 88 (IARC, 2006) ได้จัดให้สารฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์อยู่ในกลุ่ม 1 (Class 1) จากการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างการลักษณะการรับสัมผัส ส่วนผสม และปริมาณการรับสัมผัส ซึ่งสอดคล้องกับหน่วยงานให้บริการเกี่ยวด้านสุขภาพและมนุษย์ของสหรัฐอเมริกาที่ระบุว่าฟอร์มัลดีไฮด์ได้ถูกยืนยันว่าเป็นสารที่สามารถก่อให้เกิดมะเร็งได้ในมนุษย์ ตามรายงานสารก่อมะเร็งฉบับที่ 14 ปี 2016 ของ National Toxicology Program (NTP) (U.S. Department of Health and Human Services, 2016) ในขณะที่กลุ่มประชาคมยุโรป (EU) ระบุให้สารฟอร์มัลดีไฮด์จัดให้เป็นสารก่อมะเร็งกลุ่ม C3 ที่ไม่มีข้อมูลที่ระบุชัดเจนว่าเป็นสาเหตุของการเกิดมะเร็งในคน (ธนาวุฒิ สุราษฎณ์, 2561)

2.5 ปัจจัยเสี่ยงในการรับสารฟอร์มัลดีไฮด์/ฟอร์มาลีน

สารฟอร์มัลดีไฮด์หรือฟอร์มาลีนที่อยู่ในรูปแบบของเหลว ส่วนใหญ่เกิดจากการปนเปื้อนในวัสดุต่างๆ ที่มีการใช้สารฟอร์มัลดีไฮด์เป็นวัตถุดิบในการผลิต โดยเฉพาะวัสดุอุปกรณ์ และผลิตภัณฑ์ต่างๆ ทางด้านการอุปโภค บริโภครอบตัวเรา ในขณะที่การประกอบอาชีพที่ต้องสัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้ได้รับสารฟอร์มัลดีไฮด์สู่รางกายอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ การศึกษาที่ผ่านมาปัจจัยเสี่ยงในการรับสารฟอร์มัลดีไฮด์ทั้งทางตรงและทางอ้อมสามารถจำแนก ได้ดังนี้

2.5.1 ปัจจัยด้านอาชีพ

อาชีพของบุคคลนับว่าเป็นปัจจัยเสี่ยงหนึ่งที่ส่งผลให้ได้รับสารฟอร์มัลดีไฮด์ โดยเฉพาะอาชีพที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารฟอร์มัลดีไฮด์ โดยเฉพาะในกระบวนการผลิตสินค้าต่างๆ มีการค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับปัจจัยเสี่ยงที่เกิดจากการอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีสารฟอร์มาลีนปะปน (บังอร ฉางทรัพย์, 2558) การศึกษาของถวิล และคณะ (2553) ได้สำรวจปัจจัยเสี่ยงของการประกอบอาชีพกับการเกิดมะเร็งโพรงจมูกที่ศูนย์มะเร็งอุบลราชธานีในจังหวัดอุบลราชธานี พบว่าสาเหตุการเกิดมะเร็งในโพรงจมูกเกิด

จากปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะการสัมผัสสารต่างๆ ที่มีฟอร์มาลีนเจือปน อาชีพช่างไม้มีความเสี่ยงสูงต่อการเป็นมะเร็งโพรงจมูกมากกว่าอาชีพอื่น ๆ มากกว่าผู้ที่ไม่ได้สัมผัสกับฟอร์มาลีน 6 เท่า เนื่องจากช่างไม้ทำงานสัมผัสกับฝุ่นไม้ที่มีฟอร์มาลีนเจือปน

ในขณะที่ทัศน์พงษ์และคณะ (2557) ได้ศึกษาอาการทางสุขภาพของเจ้าหน้าที่จากการสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์ในเจ้าหน้าที่ผ่าและรักษาศพในโรงพยาบาลเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 42 คน จากโรงพยาบาล 16 แห่ง พบว่าเจ้าหน้าที่ที่ศึกษามีอาการหลอดลมอักเสบ หายใจลำบาก มีการระคายเคืองของจมูก ตา และผิวหนัง รู้สึกมึกลิ่นไม่พึงประสงค์และอาการแสบตาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.5.2 ปัจจัยด้านการปนเปื้อนในอาหาร

อาหารบางอย่างมีการผสมฟอร์มาลีนเพื่อทำให้ลดการเน่าเปื่อยของอาหาร เช่น อาหารทะเล เนื้อสัตว์และผักสด เป็นต้น หากผู้บริโภคหรือร้านค้าไม่มีการทำความสะอาดวัตถุดิบก่อนนำมาปรุงอาหารที่เหมาะสมอาจได้รับอาหารที่ปนเปื้อนฟอร์มาลีนเข้าไปในร่างกายและเกิดผลกระทบต่อสุขภาพ ความเข้มข้นของสารในช่วงเดือนที่ 5-6 ของการเก็บรักษาปลาซึ่งอาจเกิดจากการที่มีปฏิกิริยาทางเคมีของสารที่อยู่ในปลาเปลี่ยนแปลงไปเป็นฟอร์มัลดีไฮด์เกิดการสะสมในร่างกาย

2.5.3 การปนเปื้อนในวัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องใช้

ฟอร์มัลดีไฮด์เป็นวัตถุดิบในการผลิตวัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องใช้ต่างๆ หลายชนิด (ธนาวุฒิ, 2561) ดังนั้นในการใช้ชีวิตประจำวันย่อมได้รับสารฟอร์มัลดีไฮด์อย่างไม่คาดคิด เช่น ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากไม้อัดต่างๆ วัสดุบุผนัง วัสดุปูพื้น วอลเปเปอร์ ฉนวนกันความร้อน ผ้าม่านสำเร็จรูป พรมปูพื้น ผลิตภัณฑ์กระดาษ และสีทาบ้าน ซึ่งวัสดุดังกล่าวจะปล่อยไอระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์ออกมาในอากาศ นอกจากนี้ร่างกายยังสามารถได้รับสารฟอร์มัลดีไฮด์โดยตรงจากของใช้ เช่น ยาสีฟัน สารระงับกลิ่นตัว อีกด้วย บังอร ฉางทรัพย์ (2558) ได้อ้างอิงถึงการวิจัยของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุขที่พบว่าภาชนะสีสันสวยงามจะปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์ออกมาเมื่อใส่อาหารที่มีความร้อนเกิน 100 องศาเซลเซียสหรือใส่อาหารที่มีลักษณะเป็นกรด ยิ่งไปกว่านั้นหากนำภาชนะไปใช้กับเตาไมโครเวฟจะตอบสนองต่อคลื่นไมโครเวฟได้ดี จะส่งผลให้เป็นอันตรายสูงขึ้นโดยจะปลดปล่อยสารฟอร์มัลดีไฮด์ออกมาระหว่าง 8.7-26.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเกินค่ามาตรฐานที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด

2.6 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ

จากแนวทางด้านคุณภาพในอากาศของ World Health Organization (WHO) (2010) ได้ระบุถึง ความเข้มข้นของฟอร์มัลดิไฮด์ในที่อยู่อาศัยมีความแตกต่างกันไปตามปัจจัยต่างๆ ได้แก่ อายุของอาคารโดยจะมีปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ลดลงเมื่อระยะเวลานานไป, อุณหภูมิและ

ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ, อัตราการหมุนเวียนของอากาศภายในอาคารและฤดูกาล ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมจากงานวิจัย พบว่าปัจจัยที่อาจส่งผลต่อระดับความเข้มข้นของ ฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ ได้แก่

2.6.1 ระยะห่างจากแหล่งที่ปล่อยไอระเหย

จากการวิจัยของลิขิต ศรีประเสริฐสุข (2540) ที่ได้ตรวจวัดอากาศบริเวณโรงงานผลิตเฮไลด์ที่ใช้ฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวฟอกซึ่งได้ปล่อยก๊าซและฟูมของฟอร์มัลดีไฮด์ที่มิได้กำจัดออกมา พบว่าตัวอย่างอากาศที่เก็บห่างจากโรงงาน 100 เมตรจะมีฟอร์มัลดีไฮด์อยู่ที่ระดับ 0.012 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.008 ppm) และจะลดระดับความเข้มข้นลงเรื่อย ๆ ตามระยะทางที่ห่างจากโรงงานออกไป ในขณะที่การตรวจวัดอากาศบริเวณโรงงานผลิตฟอร์มัลดีไฮด์ซึ่งมีการปล่อยสารชนิดนี้ออกจากปล่องสูง 10 เมตรที่ระยะห่างจากโรงงาน 250 – 500 เมตร จะมีฟอร์มัลดีไฮด์อยู่ที่ระดับ 0.035 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.020 ppm)

2.6.2 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

จากการอ้างอิงงานวิจัยที่ผ่านมาของธนาวุฒิ สุราษฎณ์ (2561) พบว่า เฟอร์นิเจอร์ไม้ภายในอาคารเป็นแหล่งที่พบว่าสามารถปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์ออกมาสู่บรรยากาศภายในอาคารได้ เมื่ออุณหภูมิห้องสูงเกิน 26 ℃ ปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์จะเพิ่มสูงขึ้น และในพื้นที่ไม่มีระบบระบายอากาศ ปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์จะเพิ่มสูงขึ้นด้วย และเมื่อเปิดหน้าต่างระบายอากาศออกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์จะลดลงอยู่ในระดับมาตรฐานกำหนด

ในขณะที่งานวิจัยของลิขิต ศรีประเสริฐสุข (2540) ได้อ้างอิงงานวิจัยของWinberryและคณะในปี ค.ศ.1993 ที่พบว่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีผลต่อความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ภายในห้องโดยเมื่ออุณหภูมิและความชื้นเพิ่มมากขึ้นจะมีการระเหยมากขึ้น ในฤดูร้อนจะมีค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์สูงกว่าในฤดูหนาว

2.6.3 การระบายอากาศ

งานวิจัยของลิขิต ศรีประเสริฐสุข (2540) ได้อ้างอิงงานวิจัยของVander Wal ในปีค.ศ.1982 พบว่าเมื่อสภาวะอื่นๆ คงที่ ระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในห้อง 1 ห้องที่อัตราการระบายอากาศที่ 0.6 h^{-1} วัดความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ได้ 1.100 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.920 ppm) เมื่อเพิ่มอัตราการระบายอากาศที่ 6.0 h^{-1} วัดความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ได้ 0.125 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.100 ppm) แสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการเพิ่มอัตราการระบายอากาศที่มากขึ้นส่งผลให้ค่าเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ภายในห้องลดลง

2.7 กฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับสารฟอร์มัลดีไฮด์

ปัจจุบันในหลายประเทศได้กำหนดค่าขีดจำกัดความเข้มข้นการสัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์ในการทำงานที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของแต่ละประเทศ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะกำหนดค่าควบคุมหลัก ได้แก่ ค่า TLV-TWA (Threshold Limit Value – Time-weighted Average) คือ ค่ามาตรฐานระดับความเข้มข้นของสารเคมีในอากาศตลอดระยะทำงานที่ 8 ชั่วโมงต่อวันที่สามารถทำงานสัมผัสสารเคมีนั้นได้โดยไม่เกิดผลเสียต่อสุขภาพ ในทุกๆ วัน และค่า TLV- STEL (Threshold Limit Value – Short – term Exposure Limit) คือ ค่ามาตรฐานระดับความเข้มข้นของสารเคมีในระยะเวลาอันสั้น (15 นาที) ที่สามารถสัมผัสได้โดยไม่เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ

2.7.1 กฎหมายและข้อกำหนดในประเทศไทย

สำหรับในประเทศไทยมีกฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับสารฟอร์มัลดีไฮด์ที่เกี่ยวข้องจากหลายหน่วยงาน ดังนี้

2.7.1.1 กฎกระทรวง เรื่อง กำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับสารเคมีอันตราย พ.ศ. 2556 กำหนดให้ดำเนินการควบคุมด้านความปลอดภัยอันได้แก่ การรายงานประจำปีในกรณีมีการครอบครองสารเคมีอันตราย รวมถึงการติดฉลาก, SDS, การตรวจวัดค่าความเข้มข้นของสารเคมีในพื้นที่ทำงาน, การจัดทำแผนฉุกเฉินและอบรมพนักงานให้ทราบถึงอันตรายและวิธีการป้องกันโดยฟอร์มัลดีไฮด์ ที่มีความเข้มข้นมากกว่า 90% จัดเป็นสารเคมีอันตราย ตามประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง บัญชีรายชื่อสารเคมีอันตรายเช่นกัน (กระทรวงแรงงาน, 2556)

2.7.1.2 ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง ขีดจำกัดความเข้มข้นของสารเคมีอันตราย ได้กำหนดขีดจำกัดความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์เฉลี่ยตลอดระยะเวลาทำงานปกติ 8 ชั่วโมงการทำงานที่ 0.750 ppm และขีดจำกัดความเข้มข้นสำหรับการสัมผัสในระยะเวลาสั้น ๆ ที่ 15 นาทีไม่เกิน 2 ppm (กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, 2560)

2.7.1.3 พระราชบัญญัติวัตถุอันตรายและประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง บัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย กำหนดให้สารฟอร์มัลดีไฮด์เป็นวัตถุอันตรายตามบัญชีรายชื่อวัตถุอันตรายทั้งของกระทรวงอุตสาหกรรม, กระทรวงสาธารณสุขและกรมประมง โดยต้องดำเนินการในการขออนุญาตผลิต นำเข้า หรือครอบครอง ต่อหน่วยงานผู้รับผิดชอบ (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2556)

2.7.2 มาตรฐานและข้อกำหนดต่างประเทศ

สำหรับต่างประเทศนั้นระดับความเป็นพิษของฟอร์มัลดีไฮด์ที่อนุญาตให้มีได้ในอากาศมีดังนี้

2.7.2.1 มาตรฐานประเทศสหรัฐอเมริกา

1) Occupation Safety and Health Administration (OSHA)

California OSHA ได้กำหนดขีดจำกัดความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์เฉลี่ยตลอดระยะเวลาทำงานปกติ 8 ชั่วโมงการทำงานอยู่ที่ 0.750 ppm และขีดจำกัดความเข้มข้นสำหรับการสัมผัสในระยะเวลาสั้นๆ ที่ 15 นาทีไม่เกิน 2 ppm และค่าระดับความเข้มข้นที่เป็นอันตรายอย่างเฉียบพลันต่อชีวิตและสุขภาพอยู่ที่ 100 ppm (Department of Labor (U.S.), 2016)

2) National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) NIOSH กำหนดขีดจำกัดความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์เฉลี่ยตลอดระยะเวลาทำงานปกติ 10ชั่วโมงการทำงานอยู่ที่ 0.016 ppm และขีดจำกัดความเข้มข้นสำหรับการสัมผัสในระยะเวลาสั้นๆ ที่ 15 นาทีไม่เกิน 0.1 ppm (Department of Health and Human Services (U.S.). 2007)

3) The American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) ACGIH กำหนดขีดจำกัดความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์เฉลี่ยตลอดระยะเวลาทำงานปกติ 8 ชั่วโมงการทำงานอยู่ที่ 0.1 ppm และขีดจำกัดความเข้มข้นสำหรับการสัมผัสในระยะเวลาสั้นๆ ที่ 15 นาทีไม่เกิน 0.3 ppm (ACGIH, 2016)

2.7.2.2 มาตรฐานประเทศญี่ปุ่น JSOH OEL

มาตรฐานประเทศญี่ปุ่น JSOH OEL กำหนดขีดจำกัดความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์เฉลี่ยตลอดระยะเวลาทำงานปกติ 8 ชั่วโมงการทำงานที่ 0.1 ppm และขีดจำกัดความเข้มข้นสำหรับการสัมผัสในระยะเวลาสั้นๆ ที่ 15 นาทีไม่เกิน 0.2 ppm (JSOH, 2018)

2.7.2.3 มาตรฐานประเทศออสเตรเลีย AUS Exposure Std.

มาตรฐานประเทศออสเตรเลีย AUS Exposure Std. กำหนดขีดจำกัดความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์เฉลี่ยตลอดระยะเวลาทำงานปกติ 8 ชั่วโมงการทำงานที่ 1 ppm และขีดจำกัดความเข้มข้นสำหรับการสัมผัสในระยะเวลาสั้นๆ ที่ 15 นาทีไม่เกิน 2 ppm (The Safe Work Australia, 2019)

ค่าขีดจำกัดความเข้มข้นการสัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์ในการทำงานของประเทศต่างๆ แสดงในตารางที่ 2.7 นอกจากค่ามาตรฐานดังกล่าวแล้วบางประเทศได้กำหนดความเข้มข้นสารในบ้านเรือนที่พักอาศัยด้วย ซึ่งโดยทั่วไปมีค่าในช่วง 0.05 – 0.4 ppm และส่วนใหญ่กำหนดที่ 0.1 ppm ในปัจจุบันประเทศไทยได้จัดให้การขึ้นทะเบียนสินค้าฉลากเขียว วัสดุก่อสร้างเช่น ฉนวนความร้อนเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งในรายการสินค้าฉลากเขียว (Green Label Product Building Materials: Thermal Insulation) และข้อกำหนดเกี่ยวกับการปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์ต้องไม่เกิน 0.05 ppm (กรมควบคุมโรค, 2561)

ตารางที่ 2.7 ค่าขีดจำกัดความเข้มข้นการสัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์ในการทำงานของประเทศต่างๆ

มาตรฐาน	TLV-TWA* (ชั่วโมง : ppm)	TLV-STEL** (15 นาที : ppm)
กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, ประเทศไทย	8 ชั่วโมง : 0.750	2.000
OSHA, ประเทศสหรัฐอเมริกา	8 ชั่วโมง : 0.750	2.000
NIOSH, ประเทศสหรัฐอเมริกา	10 ชั่วโมง : 0.160	0.100
ACGIH, ประเทศสหรัฐอเมริกา	8 ชั่วโมง : 0.100	0.300
JSOH, ประเทศญี่ปุ่น	8 ชั่วโมง : 0.100	0.200
AUS Exposure Std., ประเทศออสเตรเลีย	8 ชั่วโมง : 1.000	2.000
China, ประเทศจีน	-	0.5 mg/m3

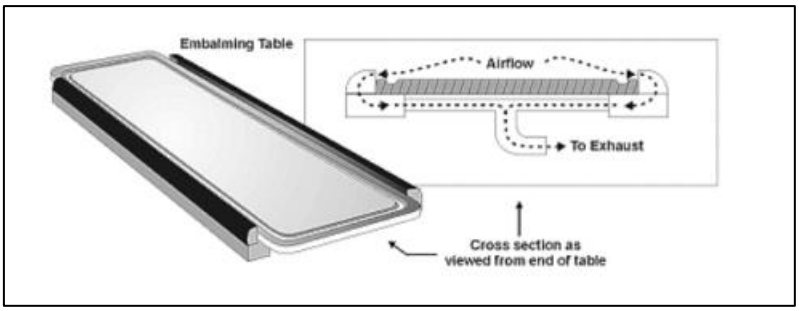
ที่มา : กรมควบคุมโรค, 2561; Department of Health and Human Services (U.S.), 2007; Department of Labor (U.S.), 2016; ACGIH, 2016 และ JSOH, 2018

2.8 แนวทางการปรับปรุงคุณภาพอากาศที่อาจปนเปื้อนของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอาคาร

แนวทางการปรับปรุงนั้นไม่มีข้อกำหนดที่ตายตัว การเลือกใช้วิธีการการปรับปรุงที่ต่างกันจะขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในแต่ละพื้นที่และลักษณะของกิจกรรมหรืองานนั้นๆ รวมถึงงบประมาณในแต่ละหน่วยงาน โดยที่กรมควบคุมโรคแนะนำในการปรับปรุงคุณภาพอากาศของสารฟอร์มัลดีไฮด์ (กรมควบคุมโรค, 2561) เป็นการควบคุมทางวิศวกรรม (Engineering Control) เพื่อควบคุมที่แหล่งกำเนิดของมลภาวะหรือไอระเหยของสารเคมีเพื่อลดการแพร่กระจายของสารอันตรายและลดการสัมผัสลงได้ เช่น การปรับเปลี่ยนสารเคมีที่มีความเป็นอันตรายน้อยกว่า, การลดสารประกอบที่เป็นอันตรายหรือการติดตั้งระบบระบายอากาศเพื่อลดค่าความเข้มข้นของสารเคมีในพื้นที่ปฏิบัติงาน ได้แก่

2.8.1 การระบายอากาศเฉพาะที่ (Local exhaust)

เป็นการออกแบบระบบการระบายอากาศที่ใช้ควบคุมทิศทางการแพร่กระจายของไอระเหยของสารอันตรายเพื่อจับสารเคมีในอากาศที่อยู่ใกล้กับจุดกำเนิดเพื่อป้องกันผู้ปฏิบัติงาน โดยควบคุมทิศทางการไหลของสารเคมีให้เป็นไปตามทางเข้าของท่อระบายอากาศเฉพาะที่และระบายออกห่างออกไปจากผู้ปฏิบัติงาน (Department of Health and Human Services (U.S.), 2007) เป็นการระบายอากาศเฉพาะที่ ดังรูปที่ 2.6



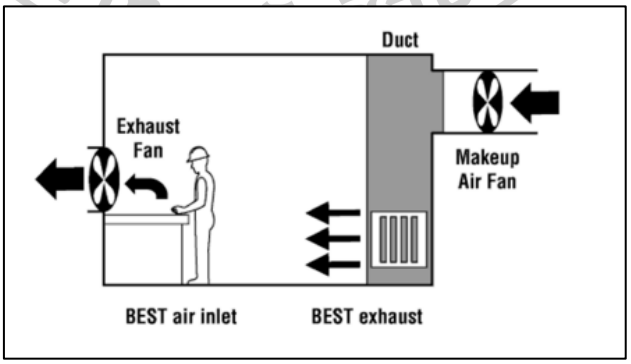
รูปที่ 2.6 ตัวอย่างการระบายอากาศเฉพาะที่

ที่มา : Department of Health and Human Services (U.S.), 2007

2.8.2 การระบายอากาศทั่วไป (General exhaust)

เป็นออกแบบระบบให้มีการเจือจางอากาศภายในพื้นที่ปฏิบัติงานโดยนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้าสู่บริเวณพื้นที่ปฏิบัติงานต่อเนื่องเพื่อผสมกับอากาศที่ปนเปื้อนและลดความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในพื้นที่ปฏิบัติงานลง ได้แก่

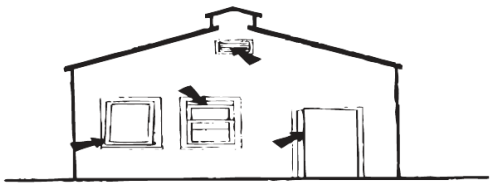
2.8.2.1 การระบายอากาศเชิงกล โดยการติดตั้งระบบเติมอากาศ และระบบดูดอากาศที่ออกแบบอย่างเหมาะสม การระบายอากาศเชิงกลอาจติดตั้งไว้เฉพาะที่ (Local exhaust) ตามแนวทางของ NIOSH โดยการออกแบบมาเพื่อจับสารปนเปื้อนในอากาศที่อยู่ใกล้กับจุดกำเนิด หรือจะติดตั้งการระบายอากาศทั่วไปเป็นการระบายอากาศแบบเจือจาง ดังรูปที่ 2.7 โดยนำอากาศบริสุทธิ์เข้าสู่ห้องทำงานอย่างต่อเนื่องเพื่อผสมกับอากาศที่ปนเปื้อนและลดความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในบริเวณหายใจ (Department of Labor (U.S.), 2016)



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างการระบายอากาศเชิงกล

ที่มา : Department of Labor (U.S.), 2016

2.8.2.1 การระบายอากาศทางธรรมชาติ เช่น การเปิดประตู หน้าต่างหรือการออกแบบอากาศให้มีช่องลมที่สามารถทำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศได้ ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 การระบายอากาศทางธรรมชาติ

ที่มา : Department of Health and Human Services (U.S.), 2007

การปรับปรุงระบบระบายอากาศทั้ง 2 รูปแบบ มีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน การเลือกใช้รูปแบบที่เหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับความพร้อมและศักยภาพของเจ้าของกิจการหรือแก้ประเด็นดังกล่าวได้โดยการผสมผสานทั้ง 2 รูปแบบได้เช่นกัน โดยแสดงข้อดีและข้อเสียของระบบระบายอากาศแต่ละรูปแบบได้ ดังตารางที่ 2.8

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 2.8 ข้อดีและข้อเสียของระบบระบายอากาศแบบต่างๆ

	การระบายอากาศเชิงกล	การระบายอากาศทางธรรมชาติ	การระบายอากาศแบบผสมผสาน
ข้อดี	เหมาะสำหรับทุกสภาพภูมิอากาศและฤดูกาลโดยใช้มีเครื่องปรับอากาศควบคุมสภาพอากาศในพื้นที่	เหมาะกับพื้นที่ที่มีภูมิอากาศอบอุ่น และเหมาะสมปานกลางสำหรับพื้นที่ที่สามารถระบายอากาศตามธรรมชาติได้ร้อยละ 50	เหมาะสำหรับทุกสภาพภูมิอากาศและฤดูกาล
	สะดวกและควบคุมสภาพแวดล้อมได้ง่ายกว่า	ค่าใช้จ่ายต่ำทั้งการทำระบบ, การใช้งานและการดูแลรักษา	ประหยัดพลังงาน
	ผู้ใช้งานสามารถควบคุมหรือกำหนดขอบเขตทางสิ่งแวดล้อมได้	มีศักยภาพในการระบายอากาศที่สูงกว่า	มีความยืดหยุ่นที่เหมาะสมมากกว่า
ข้อเสีย	การติดตั้งและบำรุงรักษามีค่าใช้จ่ายสูง	พฤติกรรมของผู้ใช้งานและสภาพภูมิอากาศภายนอกมีผลต่อประสิทธิภาพการระบายอากาศได้ง่าย	อาจจะมีค่าใช้จ่ายสูง
	การรายงานข้อมูลอาจมีความผิดพลาดได้หากเป็นระบบที่เกี่ยวข้องกับการระบายอากาศจากภายนอก	ยากในการคาดเดา, วิเคราะห์และออกแบบระบบ	อาจยากในกาออกแบบระบบ
	อาจมีเสียงรบกวนจากกการใช้งานระบบ	ผู้ใช้งานอาจไม่สะดวกใช้งานเมื่ออากาศร้อน, ชื้นหรือเย็น	

ที่มา : Atkinson J, et al., 2009

2.8.3 การติดตั้งเครื่องฟอกอากาศ

การติดตั้งเครื่องฟอกอากาศเป็นแนวทางที่แก้ไขที่ง่ายเพียงแค่ติดตั้งในพื้นที่ต้องการ โดยเครื่องฟอกอากาศมีหลากหลายรูปแบบ แต่ละแบบมีประสิทธิภาพที่แตกต่างกัน ทั้งนี้การเลือกใช้เครื่องฟอกอากาศจะต้องมีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับสารมลพิษ, พื้นที่ใช้งานและปริมาณความเข้มข้น

ของสารมลพิษที่พบในพื้นที่ปฏิบัติงานเนื่องจากลักษณะเฉพาะของสารมลพิษแต่ละประเภทมีความแตกต่างกัน ทำให้การบำบัดอากาศของเครื่องฟอกอากาศจึงแตกต่างกันด้วย ข้อจำกัดที่สำคัญของเครื่องฟอกอากาศคือต้องมั่นบำรุงรักษาตัวกรองหรืออุปกรณ์อยู่เสมอ เพื่อให้เครื่องมีประสิทธิภาพที่เหมาะสม หากขาดการบำรุงรักษา ตัวเครื่องเองอาจเป็นแหล่งแพร่กระจายของสารเคมีและเชื้อโรคได้

2.9 วัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์

วัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์ในปัจจุบันมีมากมายหลากหลายรูปแบบ เช่น วัสดุปิดผิวเมลามีน (Melamine Paper Films Foil), แผ่นลามิแนต (Laminate), ไม้บาง หรือ วีเนียร์ (Veneer) หรือ พีวีซี (P.V.C : Polyvinyl Chloride) ซึ่งจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับการเลือกใช้งาน ในการศึกษานี้ทางผู้วิจัยได้ทำการศึกษาวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์ประเภทแผ่นลามิเนตเท่านั้น จึงขอเพิ่มเติมข้อมูลในส่วนของแผ่นลามิแนต ดังนี้

2.9.1 ส่วนประกอบของแผ่นลามิแนต

ในกระบวนการผลิตแผ่นลามิเนตมีการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ในกระบวนการผลิตซึ่งนับเป็นแหล่งการแพร่กระจายของสารนี้สู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งการผลิตจะต้องผ่านกระบวนนำแผ่นวัสดุต่างๆ เช่น ไม้ กระดาษ หรือ พลาสติก มาทำการเคลือบด้วยเรซินหรือกาวและนำมาจัดเรียงเป็นชั้นๆ เพื่อนำเข้ากระบวนการอัดที่ใช้ความร้อนและแรงดันที่เหมาะสมตามที่กำหนดเพื่อทำการเชื่อมต่อแผ่นวัสดุที่เคลือบเรซิ่นหรือกาวแล้วในแต่ละชั้นให้ติดกันเป็นวัสดุชิ้นเดียวกัน (สุจิตรา แดงเรือง, 2554) ซึ่งจะทำให้เกิดเป็นแผนลามิเนทที่มีความคงทนแข็งแรงมากขึ้น โดยส่วนประกอบของแผ่นลามิเนตประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก ดังนี้

2.9.1.1 แผ่นวัสดุต่างๆ เช่น ไม้ กระดาษ หรือ พลาสติก เพื่อเพิ่มความหนาของแผ่นลามิเนตและรวมถึงการสร้างลวดลายต่างๆ ตามที่ต้องการ

2.9.1.2 กาวหรือเรซินที่ใช้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์

การใช้กาวในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ส่วนใหญ่แล้วจะใช้กาวสังเคราะห์ประเภทกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์เนื่องจากกาวชนิดนี้มีสมบัติการยึดติดไม้ได้ดีและราคาถูกแต่ข้อเสียของกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์คือสารฟอร์มัลดีไฮด์ที่ระเหยออกมาจะเป็นอันตรายแก่ผู้ใช้เฟอร์นิเจอร์โดยสารฟอร์มัลดีไฮด์จะก่อให้เกิดโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจซึ่งประเทศผู้นำเข้าเฟอร์นิเจอร์ เช่น ประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรป ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา มีการควบคุมกำหนดมาตรฐานการปลดปล่อยสารฟอร์มัลดีไฮด์ กาวเรซิ่นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท (Dunky, 2004) ได้แก่ กาวหรือเรซินชนิดแข็งตัวเมื่อร้อน (Thermo-setting resins) นิยมใช้ในการผลิตที่ต้องการชิ้นงานที่มีความทนทานสูง และกาวหรือเรซินชนิดอ่อนตัวเมื่อร้อน (thermo-plastic resins) นิยมใช้ในการติดไม้บางและใช้ในการติดแถบของแผ่นไม้หรือใช้ยึดข้อต่อหรือส่วนที่ต้องการเชื่อมติด

2.9.2 ประเภทของแผ่นลามิเนต

แผ่นลามิเนตมีการนำมาใช้เนื่องจากมีสีสันและลวดลายสวยงามและมีลวดลายให้เลือกมากมาย ไม่ซีดจางง่าย มีความต้านทานต่อสารเคมีและการเกิดคราบ ทนต่อความร้อน ทนความชื้น ทนทานต่อการขัดถูและทนทานต่อแรงกระแทก แต่บำรุงรักษาและทำความสะอาดง่าย สามารถติดตั้งได้รวดเร็ว รวมทั้งหน้างานไม่เลอะเทอะ โดยแผ่นลามิเนตที่นิยมใช้มี 2 ลักษณะคือ

2.9.2.1 High Pressure Laminate (HPL) เป็นวัสดุสังเคราะห์สำหรับปิดผิวที่ใช้ในงานตกแต่ง มีความหนามาตรฐานที่ 0.6 – 0.8 มม. ประกอบด้วยชั้นต่างๆ ของกระดาษที่ได้รับการคัดเลือกมาเป็นพิเศษ ชุบด้วยเมลามีนเรซิ่นและฟีนอลิกเรซิ่นซึ่งอัดภายใต้ความร้อนและแรงอัดดันสูง เพื่อให้ทุกชิ้นส่วนแน่นสนิทเป็นเนื้อเดียวกัน

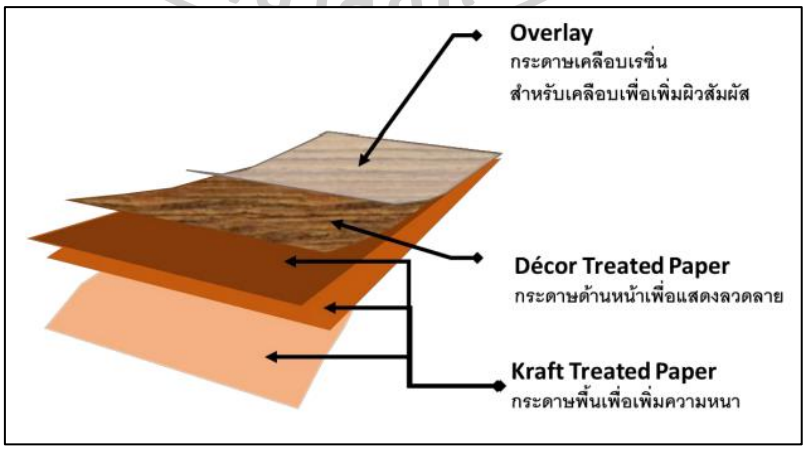
2.9.2.2 Low Pressure Laminate (LPL) เป็นวัสดุที่มีความหนาตั้งแต่ 0.4 มิลลิเมตรขึ้นไป ประกอบด้วยกระดาษชุบเมลามีนเรซิ่นและฟีนอลิกเรซิ่นหลายชั้นซ้อนกัน แล้วทับหน้าด้วยวัสดุป้องกันเพื่อทำให้ผิวแข็งด้วยคุณสมบัติของเมลามีนเรซิ่นผสมฟีนอลิกเรซิ่น จะทำให้แผ่นลามิเนต ประเภทนี้สามารถโค้งงอได้พอสมควร

ในการศึกษานี้จะตรวจวัดโรงงานที่ทำแผ่นลามิเนตด้วยกระบวนการ High Pressure Laminate (HPL) ซึ่งแผ่นลามิเนตมีส่วนประกอบสำคัญดังรูปที่ 2.9 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) Overlay เป็นชั้นบนสุดซึ่งเป็นสารเคลือบหลายชนิด ช่วยให้แผ่นลามิเนตมีความแข็งแรง ปกป้องผิวของแผ่นลามิเนตจากแรงกระแทก การขัดถู และรอยขูดขีดต่างๆ

2) Décor Paper เป็นชั้นถัดมาที่แสดงลวดลาย สีสัน และความสวยงามของแผ่นลามิเนต

3) Core หรือ Kraft Paper เป็นชั้นล่างสุดที่รองรับแรงกระแทกและให้ความหนา ยิ่งชั้นนี้มีความหนามากเท่าไร ก็ยิ่งทำให้แผ่นลามิเนตมีความแข็งแรงมากขึ้น ไม่โก่ง บิดงอ และแตกหักง่าย

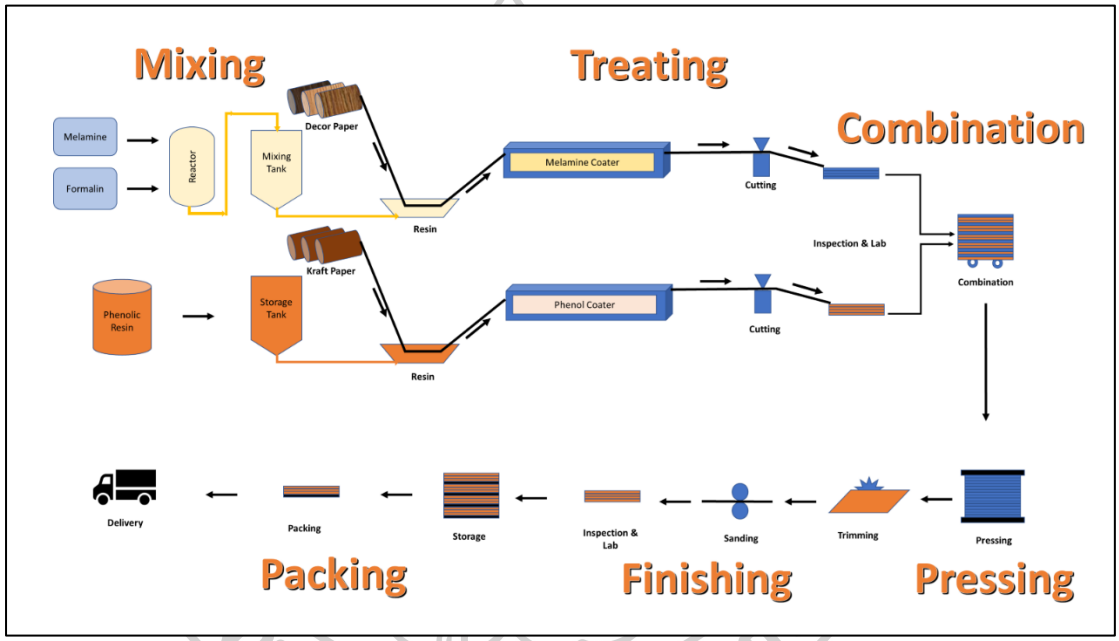


รูปที่ 2.9 ส่วนประกอบแผ่นลามิเนต

ที่มา : Metro Ply Group, 2023

2.9.2 กระบวนการผลิตแผ่นลามิเนต

วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์ ประกอบด้วย กระดาษเดคคอร์ (Décor paper) เป็นกระดาษที่กำหนดสีสันลวดลายต่างๆ บนแผ่นลามิเนต, กระดาษคราฟท์ (Craft Paper) เป็นกระดาษสีน้ำตาลมีไว้เพื่อเพิ่มความหนาของแผ่นลามิเนต, Melamine Resin ใช้เคลือบกระดาษเดคคอร์เพื่อให้เกิดความแข็งแรง ทนทานกันรอยขีดข่วนและ Phenol Resin ใช้ชุบกระดาษคราฟท์ ให้รวมตัวเป็นหนึ่งชิ้นงาน ในการผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์แบ่งเป็นขั้นตอนหลักๆ ได้ 5 ขั้นตอน (สุจิตรา, 2554) กระบวนการผลิตขั้นแสดงดังรูปที่ 2.10 โดยมีขั้นตอนการผลิตดังนี้



รูปที่ 2.10 ขั้นตอนการผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์

2.9.2.1 Mixing เป็นขั้นตอนการผสมน้ำยาที่มีสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ (ฟอร์มาลีน) เป็นส่วนประกอบมาผสมกับ Melamine Resin และ Phenol Resin เพื่อเตรียมสำหรับเคลือบกระดาษแต่ละประเภทตามแต่ละสูตรของผลิตภัณฑ์ แสดงดังรูปที่ 2.11

รูปที่ 2.11 ขั้นตอนการผสม

2.9.2.2 Coating เป็นขั้นตอนของการชุบกระดาษชั้นต่างๆด้วยน้ำยาเรซิ่น โดยแผ่นลามิเนตสามารถผลิตออกมาได้ในหลายคุณภาพและหลายความหนาขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งาน อาจใช้จำนวนกระดาษตั้งแต่ 7-18 ชั้นเพื่อให้ได้แผ่นลามิเนตออกมา 1 แผ่น ซึ่งชั้นล่างสุดจะเป็นส่วนของกระดาษคราฟท์ โดยการนำน้ำยาเรซินที่ได้จากการผสมเรียบร้อยแล้วมาชุบหรือเคลือบกับกระดาษแต่ละประเภท ดังรูปที่ 2.12 โดยกระดาษแต่ละประเภทจะชุปน้ำยาเรซินที่แตกต่างกัน ได้แก่

ส่วนบนจะเป็นกระดาษเดคคอร์ซึ่งเป็นกระดาษที่มีลวดลาย ลายไม้ หรือสีทึบ เพื่อให้ความสวยงามสำหรับแผ่นลามิเนต กระดาษเดคคอร์จะวางซ้อนช่วยให้พื้นผิวลามิเนตมีความแข็งแรงและทนต่อการขีดข่วน ก่อนถูกนำไปยังเข้าเครื่องเคลือบเพื่อทำการเคลือบเมลามีนซึ่งอิ่มตัวด้วยเมลามีนเรซิ่น รีดน้ำยาและอบ และกระดาษจะถูกตัดให้ได้ขนาดที่ต้องการ

อีกด้านกระดาษคราฟท์ซึ่งประกอบเป็นพื้นด้านหลังเพื่อเพิ่มความหนาของลามิเนตก็จะผ่านกระบวนการที่คล้ายกันเช่นเดียวกันกระดาษเดคคอร์ กระดาษคราฟท์มาถึงโรงงานและวางไว้ในพื้นที่จัดเก็บก่อนถูกนำไปที่เครื่องเคลือบเพื่อทำการเคลือบฟีนอลลิคซึ่งอิ่มตัวด้วยฟีนอลิคเรซิ่น รีดน้ำยาและอบ และกระดาษจะถูกตัดให้ได้ขนาดที่ต้องการกระดาษคราฟท์ที่ผ่านการเคลือบแล้วจะถูกนำไปยังพื้นที่ประกอบกระดาษตามกระบวนการการผลิตลามิเนตแต่ละประเภท

เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการชุบกระดาษด้วยเรซิ่น กระดาษทั้งสองชนิดจะถูกนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิประมาณ 150-160 $^{\circ}$C เพื่อให้กระดาษแห้ง และตัดเป็นแผ่นๆ ตามขนาดที่กำหนด

รูปที่ 2.12 ขั้นตอนการชุบกระดาษชั้นต่าง ๆ ด้วยน้ำยาเรซิ่น

2.9.2.3 Combination เป็นขั้นตอนนำกระดาษชนิดต่างๆ มาเรียงตามรูปแบบของแต่ละผลิตภัณฑ์เพื่อเตรียมเข้าเครื่องอัด โดยหลังจากการอบก่อนนำกระดาษทั้งสองชนิดไปซ้อนเรียงกันเป็นชั้นๆ ไล่ตั้งแต่ชั้นล่างสุดคือชั้นกระดาษคราฟท์ ชั้นกระดาษเดคคอร์เพื่อทำลวดลายและชั้นกระดาษใส (Overlay) สำหรับขั้นตอนการเรียงแสดงดังรูปที่ 2.9 ส่วนประกอบของแผ่นลามิเนต

2.9.2.4 Pressing เป็นขั้นตอนการอัดกระดาษที่ได้ทำการเรียงเป็นชั้น ๆ ตามแต่ประเภทผลิตภัณฑ์เรียบร้อยแล้วโดยจะควบคุมการอัดด้วยเวลา อุณหภูมิ และความดันที่เหมาะสมที่ได้ตั้งค่าไว้ ดังรูปที่ 2.13

รูปที่ 2.13 ขั้นตอนการอัดกระดาษ

2.9.2.5 Finishing เป็นขั้นตอนการตกแต่งและการขัดด้านหลังแผ่นลามิเนตหลังจากผ่านการอัดแล้ว ให้มีรอยเล็กน้อยเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้งานในการติดกับพื้นผิวเฟอร์นิเจอร์ และทำการตัดแต่งตามขนาดที่ต้องการเพื่อให้มีความสวยงามพร้อมในการจัดส่งสินค้า โดยแผ่นลามิเนตที่ผ่านการอัดจะถูกตัดตามขนาดและแบบที่ต้องการเพื่อเก็บขอบให้รียบร้อยไม่คม ก่อนที่จะนำไปขัดหลังแผ่นและเป่าไล่ฝุ่น กระบวนการนี้แผ่นลามิเนตจะถูกตรวจสอบหาตำหนิด้วยตาและแยกแผ่นที่มีตำหนิออก ก่อนจะนำไปติดฟิล์มปิดผิวหน้าก่อนขนส่งเพื่อป้องกันรอยขีดข่วนหรือนำไปติดตั้งกับวัสดุสำหรับงานก่อสร้าง เช่น ไม้อัด ไฟเบอร์บอร์ด เป็นต้น

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่น่าสนใจที่ได้ผ่านการศึกษามา จากการศึกษาถึงสารตกค้าง ผลกระทบและพัฒนากระบวนการเพื่อลดระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ มีดังนี้

2.10.1 อันตรายจากฟอร์มัลดีไฮด์ภายในอาคาร

สุจิตรา แดงเรือง (2554) ได้ทำการศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงาน จากการรับสัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์ ในอุตสาหกรรมผลิตวัสดุปิดผิวเคลือบเมลามีน พบว่า ค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในพื้นที่ปฏิบัติงานมีค่าความเข้มข้นเกินกว่าที่กฎหมายกำหนด โดยผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานมีทั้งด้านของสุขภาพทั่วไปได้แก่ มีอาการจาม คัดจมูก น้ำมูกไหล ระคายเคืองตา ไอ แน่นหน้าอกไปจนถึงหายใจได้ไม่เต็มอิ่ม อีกทั้งยังพบว่ากลุ่มตัวอย่างพนักงานในพื้นที่ปฏิบัติงาน 38 ราย พบ 24 ราย มีระดับความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง (Cancer Risk) จากการรับสัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์ในการปฏิบัติงานอยู่ในระดับที่ไม่สามารถยอมรับได้ โดยแผนกอัดมีความเสี่ยงมากที่สุด หากจำแนกตามอายุการทำงานพนักงานที่อายุงานมากกว่า 10 ปีมีความเสี่ยงมากที่สุด ในส่วนของความเสี่ยงอื่นนอกจากการเกิดมะเร็ง ได้แก่ ผลกระทบเรื้อรังต่อระบบทางเดินหายใจ เนื่องจากพนักงานทุกคนมีค่าดัชนีบ่งชี้อันตราย (HQ) มากกว่า 1 ซึ่งตามคำแนะนำของ U.S.EPA เป็นค่าที่ไม่สามารถยอมรับได้ สรุปได้ว่าพนักงานมากกว่า 60% มีความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งในระดับที่ไม่สามารถยอมรับได้จะต้องได้รับการแก้ไข ในส่วนของความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากการเกิดมะเร็งพบว่าพนักงานกลุ่มตัวอย่างทุกคนมีความเสี่ยงจากอันตรายอื่นที่ไม่ใช่มะเร็ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลกระทบเรื้อรังที่เกิดต่อระบบทางเดินหายใจ ทั้งนี้ทางผู้วิจัยได้เสนอแนะแนวทางการจัดการและลดความเสี่ยงเพิ่มเติมโดยการปรับปรุงระบบระบายอากาศในพื้นที่ทำงาน การพิจารณาเลือกใช้สารเคมีอื่นที่มีความเป็นอันตรายที่น้อยกว่า ในส่วนภาครัฐควรปรับปรุงค่ามาตรฐานฟอร์มัลดีไฮด์ให้
ใกล้เคียงกับระดับสากล

Steven Sai Hang Ho และคณะ (2016) ได้ทำการศึกษาการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอาคารและคาร์บอนิลอื่นๆ ในสภาพแวดล้อม โดยเก็บตัวอย่าง

ความเข้มข้นของสารเคมี ในพื้นที่ภายในอาคาร 8 อาคารของมหาวิทยาลัยซีอาน มณฑลซานซี ของภาคตะวันตกเฉียงเหนือ ประเทศจีน พบว่าสารคาร์บอนิล 3 อันดับแรกที่พบมากที่สุดในพื้นที่ทำการศึกษา ได้แก่ ฟอร์มัลดีไฮด์, สารอะซิโตนและอะซิตัลดิไฮด์ โดยเปรียบเทียบกับแนวทางด้านอาชีวอนามัย ตาม NIOSH พบว่าฟอร์มัลดีไฮด์มีความเข้มข้นมากที่สุด และผลจากการศึกษาสามารถยืนยันได้ว่าการรับสัมผัสของฟอร์มัลดีไฮด์มีความเสี่ยงต่อผู้ปฏิบัติงาน,คนงานและผู้อยู่อาศัยภายในอาคาร ระดับของสารคาร์บอนิลสามารถเพิ่มขึ้นได้จากการระเหยจากวัสดุในการตกแต่งและเฟอร์นิเจอร์ไม้นอกจากนี้ยังเกิดได้จากกิจกรรมที่ก่อให้เกิดมลภาวะจากมนุษย์ได้อีกด้วย เช่น การสูบบุหรี่ ข้อมูลส่วนนี้ สามารถนำไปสู่ความสำคัญในการเพิ่มข้อกฎหมายเพื่อให้มีการดูแลและควบคุมให้มีการตรวจวัดอากาศภายในอาคารมากขึ้นและสม่ำเสมอในสถานที่สาธารณะต่างๆ ในพื้นที่หลักของจีน

มัทนา เภอเกลี้ยง (2560) ได้ทำการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานจากการรับสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์จากอุตสาหกรรมผลิตไม้เอ็มดีเอฟ พบว่าค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในช่วงฤดูฝนมีค่าสูงกว่าฤดูร้อนเนื่องจากในฤดูร้อนปริมาณสารฟอร์มัลดีไฮด์ถูกระบายออกและกระจายตัวได้ดีกว่า และพบว่าค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในทุกจุดที่เก็บตัวอย่าง 37 พื้นที่ พบความเข้มข้นเกินกว่าที่กฎหมายกำหนดทุกจุด แต่เมื่อเทียบกับการเก็บตัวอย่างความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ประเภทติดกับตัวบุคคลพบว่ายังไม่เกินจากมาตรฐานที่กฎหมายกำหนด

ในส่วนของระดับความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง (Cancer Risk) จากการรับสัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์ในการปฏิบัติงานพบพนักงาน 11% ในช่วงฤดูร้อน และ 33% ในช่วงฤดูฝน อยู่ในระดับที่ไม่สามารถยอมรับได้ โดยอาจมีปัจจัยเรื่องของสุขลักษณะส่วนบุคคลและระยะเวลาการปฏิบัติงานที่แตกต่างกัน ที่อาจส่งผลให้ความเสี่ยงแตกต่างกันได้ และจากการศึกษานี้ทางผู้วิจัยสามารถยืนยันได้ว่าผู้ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมผลิตไม้เอ็มดีเอฟที่มีการปนเปื้อนของสารฟอร์มัลดีไฮด์จะได้รับผลกระทบต่อสุขภาพจากการปฏิบัติงานจากการรับสัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์ ดังนั้นผู้ประกอบการจึงจำเป็นต้องหามาตรการป้องกันโดนทันที

2.10.2 การปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคาร

นินนาท ราชประดิษฐ์ และคณะ (2563) ได้ทำการศึกษาแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพอากาศในห้องนอน ที่มีการใช้งานของห้องส่วนใหญ่ในเวลากลางคืน โดยทำการศึกษาความเพียงพอของการระบายอากาศภายในห้องนอนขนาด 24 ตารางเมตร โดยศึกษาการระบายอากาศเชิงกลในการเปรียบเทียบค่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รูปแบบการเติมอากาศจากภายนอกเข้าสู่ห้องและการระบายอากาศแบบดูดอากาศออกจากห้อง พบว่าเมื่อเปรียบเทียบระหว่างห้องนอนที่ไม่มีการระบายอากาศกับมีการระบายอากาศ ห้องนอนที่ไม่มีการระบายอากาศมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นสูงจนในบางช่วงเวลาเกินค่ามาตรฐานที่เหมาะสมและมี

ปริมาณความเข้มข้นมากกว่าภายนอกห้อง ในขณะที่ห้องนอนที่มีการระบายอากาศมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่ามากแต่จะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องที่สูงกว่าอันเนื่องมาจากการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่ตั้งค่าควบคุมได้แค่อุณหภูมิเท่านั้น ไม่สามารถควบคุมค่าความชื้นสัมพัทธ์ได้ และเมื่อศึกษาถึงรูปแบบของการระบายอากาศพบว่า ในส่วนของห้องนอนการระบายอากาศแบบเติมอากาศเข้าสู่ห้องมีความเหมาะสมกว่าการระบายอากาศแบบดูดอากาศออกจากห้อง เนื่องจากผลการตรวจวัดค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้ง 2 รูปแบบมีค่าไม่ต่างกันแต่การเติมอากาศจากภายนอกเข้าสู่ห้องจะช่วยให้ฝุ่นละอองภายนอกห้องไม่แทรกเข้าตามช่องเปิดที่ไม่ได้มีการควบคุมความสะอาด โดยระบบในการเติมอากาศควรมีการติดตั้งแผนกรองป้องกันฝุ่นเพื่อไม่ให้มีผลกระทบต่อคุณภาพอากาศภายในห้อง

Salem และ Böhm (2013) ได้ทบทวนวรรณกรรมการปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์จากไม้เนื้อแข็ง แนวทางในการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศด้วยวิธีที่นิยมประกอบด้วย the European small chamber method (EN 717-1 2004), gas analysis (EN 717-2 1994), the perforator method (EN 120 1993), the flask method (EN 717-3 1996), a desiccator (JIS A 1460 2001) และวิธีmodified National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) test method 3500 (1994) ฟอร์มัลดีไฮด์ถูกปล่อยออกมาจากไม้ภายใต้ความร้อนที่สูงมากและเป็นแหล่งสำคัญของการปล่อยมลพิษจากผลิตภัณฑ์ไม้คอมโพสิต ซึ่งปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์จากไม้ที่ไม่มีเรซิ่นยึดติดเกิดจากการย่อยสลายด้วยความร้อนของพอลิแซ็กคาไรด์ในเนื้อไม้ ระดับการปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น พันธุ์ไม้ ปริมาณความชื้น อุณหภูมิภายนอก และระยะเวลาในการเก็บรักษา

Offermann (2017) ได้ศึกษาอัตราการปล่อยสารฟอร์มัลดีไฮด์ผ่านการทดสอบตัวอย่างพื้นในประเทศจีนภายใต้การดำเนินงานของคณะกรรมการความปลอดภัยสินค้าอุปโภคบริโภค ที่ติดตั้งแผ่นพื้นลามิเนตจำนวน 33 แห่งที่ติดตั้งระหว่างปีพ.ศ. 2555 ถึง 2557 โดยเลือกตัวอย่างแผ่นพื้นลามิเนตในการปูพื้น 8 แบบ มาทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจสอบปริมาณการปล่อยฟอร์มัลดิไอด์ในอากาศตามมาตรฐาน ASTM D6007-14 ในพื้นที่ทดสอบขนาดเล็กและ ASTM E1333-14 ในพื้นที่ทดสอบขนาดใหญ่ ซึ่งทั้งสองวิธีดัดแปลงมาจาก NIOSH พบว่า อัตราการปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์อยู่ที่ 159 $\mu g/m^2$-h สำหรับห้องขนาดเล็กและ 115 - 629 $\mu g/m^2$-hสำหรับห้องทดลองขนาดใหญ่ ปริมาณสารฟอล์มัลดิไฮด์มีผลกระทบต่อสุขภาพในระยะเวลาที่ยาวนานถึง 78 ปีและมีความเสี่ยงก่อให้เกิดมะเร็งมากกว่าปกติถึง 12 เท่า

Jafari และคณะ (2015) ได้ศึกษาอิทธิพลของการได้รับฟอร์มัลดีไฮด์ในการทำงานต่อจำนวนเม็ดเลือดขาวและความเข้มข้นของเลือด ดำเนินการศึกษาในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2555 ที่โรงงาน North Wood เมือง โกเลสทานประเทศอิหร่าน ด้วยวิธี US-NIOSH ในการตรวจวัดคุณภาพอากาศ

เพื่อกำหนดความเสี่ยงในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน 30 คนในสายการผลิต (กลุ่มกรณีศึกษา) และเจ้าหน้าที่ธุรการ 30 คน (กลุ่มควบคุม) ต่อฟอร์มัลดีไฮด์ จำนวนเม็ดเลือดขาวและความเข้มข้นของเลือดคำนวณโดยใช้วิธีการนับเม็ดเลือดปกติและดัชนีที่เกี่ยวข้อง รวบรวมลักษณะทางประชากรศาสตร์และอาการของการสัมผัสกับฟอร์มาลดีไฮด์โดยใช้แบบสอบถามมาตรฐาน พบว่าการรับสัมผัสจากการทำงานของกลุ่มศึกษาอยู่ระหว่าง 0.50 ppm ถึง 1.52 ppm มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.001) ต่อเจ้าหน้าที่ธุรการ จำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวในคนงานในสายการผลิตไม่แตกต่างจากจำนวนในเจ้าหน้าที่ธุรการ ความเข้มข้นของเลือดเฉลี่ยในกลุ่มกรณีศึกษาแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

Ogawa et al. (2018) ได้ศึกษาแนวทางการลดความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในห้องปฏิบัติการพยาธิวิทยาของโรงพยาบาลประเทศญี่ปุ่นซึ่งจัดให้อยู่ในกลุ่มประเภทควบคุมระดับ 3 เนื่องจากมีการใช้สารที่มีส่วนผสมฟอร์มัลดีไฮด์ในการทำความสะอาดพื้นที่ประมาณ 15,000 ครั้งต่อปี ทั้งยังมีพื้นที่เก็บสารฟอร์มาลีนและอ่างสำหรับแช่ฟอร์มาลีนด้วย ในประเทศญี่ปุ่น การควบคุมสภาพแวดล้อมในการทำงานของกรมควบคุมอาชีวอนามัยถูกใช้เป็นแนวทางในการควบคุมสภาพแวดล้อมในการทำงานถูกนำมาใช้เพื่อประเมินสภาพแวดล้อมในที่ทำงานของพื้นที่ศึกษา การตรวจวัดประกอบด้วย 3 กระบวนการ กระบวนการแรกขั้นตอนการตรวจวัด ขั้นตอนที่สองเป็นกระบวนการเปรียบเทียบผลการตรวจวัดด้วยค่าทางสถิติ และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการเปรียบเทียบปริมาณการตรวจวัดดัชนีระดับฟอร์มัลดีไฮด์ตามที่รัฐบาลกำหนดของสารเคมีซึ่งกำหนดระดับการบริหารสำหรับฟอร์มัลดีไฮด์ไว้ที่ 0.1 ppm (JSOH) ในการปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงานจะถูกปรับปรุงทั้งในส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์ซึ่งเป็นระบบควบคุมระบระบายอากาศและซอฟแวร์ซึ่งคอยแจ้งเตือนมิให้บุคลากรทางการแพทย์และช่างเทคนิคไม่เปิดถังบรรจุหรือถังเก็บฟอร์มาลีนที่ใช้แล้วทิ้งไว้ รวมไปถึงการกีดขวางเครื่องช่วยหายใจในพื้นที่ นอกจากนี้ยังมีการตรวจวัดพฤติกรรมของผู้ปฏิบัติงานโดยการติดกล้องเพื่อสังเกตุพฤติกรรมพร้อมเครื่องตรวจวัดความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฉด์ 1 ชั่วโมงในการทำงาน พบว่า ก่อนการปรับปรุงความเข้มข้นที่จุดตรวจวัดมีความเข้มข้นฟอร์มัลดีไฮด์อยู่ที่ 0.34, 0.03, 0.02 0.02 และ 0.06 ppm อยู่ในเกณฑ์ระดับควบคุมระดับ 3 ภายหลังการปรับปรุงแน้วโน้มความเข้มข้นฟอร์มัลดีไฮด์เหลือค่าเพียง 0.13, 0.07, 0.03, 0.03 และ 0.08 อยู่ในเกณฑ์ควบคุมระดับ 2 ซึ่งค่าความเข้มข้นฟอร์มัลดีไฮด์จะสูงขึ้นเมื่อมีการเปิดฝาภาชนะ (เพิ่มขึ้น 0.50 ppm) หากผู้ปฏิบัติงานปิดภาชนะที่จัดเก็บได้รวดเร็วและทำงานใกล้ระบบระบายอากาศความเข้มข้นฟอร์มัลดีไฮด์ที่วัดในขณะดำเนินการจะไม่เกิน 0.07 ppm ผู้ปฏิบัติงานจึงเป็นอีกปัจจัยที่สำคัญที่มีส่วนช่วยลดความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์เนื่องจากเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลมักไม่รับรู้ถึงการสัมผัสกับอันตรายแต่หากได้รับความรู้จะช่วยให้สภาพแวดล้อมดีขึ้น

Khoder et al. (2000) ดำเนินการศึกษาความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในร่มและกลางแจ้งในตึกแถวที่พักอาศัยใน 7 แห่งบริเวณมหานครไคโรประเทศอียิปต์ช่วง พ.ศ. 2542 ความเข้มข้นฟอร์มัลดีไฮด์เฉลี่ยในห้องครัว ห้องนอนและห้องนั่งเล่นอยู่ที่ 89 ppb, 100 ppb และ 100 ppb ตามลำดับ ในตึกที่ก่อสร้างใหม่พบความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 147 ppb ในขณะที่ตึกเก่ามีความเข้มข้นเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ที่ 43 ppb มีที่พักอาศัยที่มีความเข้มข้นฟอร์มัลดีไฮด์เกินค่ามาตรฐานที่ 0.10 ppm อยู่ถึงร้อยละ 38 ของจำนวนตัวอย่างที่ตรวจวัดและจะเพิ่มขึ้นเป็น 53 เปอร์เซ็นต์ในช่วงฤดูร้อน การเก็บตัวอย่างความเข้มข้นฟอร์มัลดีไฮด์จะเก็บที่ระดับความสูงประมาณ 1.5 เมตรเหนือพื้นบริเวณกลางห้อง เก็บตัวอย่างทุกชั่วโมง เวลา 08.00 - 19.00 น. ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงสิงหาคม ปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่อความเข้มข้นฟอร์มัลดีไฮด์ในการศึกษานี้ คือ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และอายุของอาคารที่พักอาศัย

Gilbert et al. (2006) ศึกษาความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์และฟอร์มาลดีไฮด์ถูกกำหนดในบ้าน 96 หลังในเมืองควิเบกประเทศแคนาดาระหว่างเดือนมกราคมถึงเมษายน พ.ศ. 2548 โดยบันทึกลักษณะที่อยู่อาศัยผ่าน แบบสอบถามสำหรับผู้อยู่อาศัย นอกจากนี้ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ และอัตราการเปลี่ยนแปลงของอากาศในบ้านพักอาศัย พบว่า ครึ่งหนึ่งของบ้านที่ตรวจวัดคุณภาพอากาศมีอัตราการระบายอากาศต่ำกว่า 7.5 ลิตร/วินาทีต่อคน ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) และฟอร์มัลดีไฮด์อยู่ในช่วง 3.3 ถึง 29.1 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ส่วนใหญ่ได้รับอิทธิพลจากอากาศภายนอกและการมีอยู่ของอุปกรณ์ที่ใช้แก๊สภายในบ้าน ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ได้รับอิทธิพลจากการปล่อยก๊าซออกและมีความสัมพันธ์เชิงลบกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของอากาศ และเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในบ้านที่ได้รับความร้อนจากระบบไฟฟ้า ในบ้านที่ซื้อเฟอร์นิเจอร์ไม้หรือเมลามีนใหม่ในช่วง 12 เดือนที่ผ่านมา

Li et al. (2019) ได้ศึกษาความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอาคารที่พักอาศัย 42 แห่งในเมืองฉงชิ่งประเทศจีนระหว่างพฤศจิกายน พ.ศ. 2558 ถึงมกราคม พ.ศ. 2559 และพัฒนารูปแบบการทำนายอัตราการปล่อยมลพิษโดยใช้แบบจำลองมอนติคาร์โล พบว่า ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอาคารมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 30.12 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งสูงกว่าความเข้มข้นภายนอกอาคารมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 27.80 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความเข้มข้นดังกล่าวยังไม่เกิน 80 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามมาตรฐานจีนกำหนดสำหรับการควบคุมมลพิษสิ่งแวดล้อมในร่ม การเก็บตัวอย่างความเข้มข้นฟอร์มัลดีไฮด์จะเก็บที่ระดับความสูงประมาณ 1.5 เมตรเหนือพื้นและห่างจากผนัง 0.5 เมตร โดยตรวจสอบและการวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้ SPSS พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อัตราการปล่อยมลพิษกลางวันจะสูงกว่าในเวลากลางคืนเล็กน้อย อาจเป็นเพราะความแตกต่างของอัตราการช่วยหายใจและกิจกรรมส่วนตัวในช่วงสองช่วงเวลาที่แตกต่างกันนี้

การควบคุมแหล่งที่มาของฟอร์มัลดีไฮด์เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมความเข้มข้นภายในอาคาร

Salthammer (2019) ได้ดำเนินการศึกษาวรรณกรรมเกี่ยวกับการปล่อยและการสะสมของฟอร์มัลดีไฮด์ในอาคาร พบว่า วิธีมอนติคาร์โล สามารถประยุกต์ใช้ในการประมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ได้เป็นอย่างดี แนวคิดของห้องอ้างอิงช่วยให้สามารถเปรียบเทียบแหล่งที่มาของการปล่อยมลพิษ แต่ยังประเมินความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์สูงเกินไป ในขณะที่สารเคลือบและวัสดุปิดผิวช่วยลดการปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์สู่อากาศในห้องได้อย่างมาก

Antov et al. (2020) ได้ทบทวนงานวิจัยเกี่ยวกับการลดการปล่อยสารฟอร์มัลดีไฮด์จากการผลิตแผ่นไม้ พบว่า การลดปริมาณสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศที่แหล่งกำเนิดเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพโดยการใส่สารกำจัดฟอร์มัลดีไฮด์ลงไปในระบบการผลิต ประสิทธิภาพของสารกำจัดฟอร์มัลดีไฮด์จะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มปัจจัยภายนอก ได้แก่ ชนิดของกาวที่ใช้ ปริมาณการใช้เรซิ่น กระบวนการผลิตและประเภทของเครื่องรีดร้อน กลุ่มปัจจัยภายในประกอบด้วย อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และอัตราการระบายอากาศ การพัฒนากระบวนการผลิต เช่น การเพิ่มสารกำจัดฟอร์มัลดีไฮด์ลงบนพื้นผิวไม้ เช่น การเติมยูเรียที่ใช้ร่วมกับแอมโมเนียคลอไรด์ในการควบคุมค่า pH และเสถียรภาพของเรซิ่น การใช้สารเคลือบที่เหมาะสม การเปลี่ยนสารประกอบมาใช้สารที่มีฟอร์มัลดีไฮด์ที่ระเหยได้น้อย เป็นวิธีที่ยั่งยืนในการแก้ปัญหาเรื่องการปล่อยปริมาณสารฟอร์มัลดีไฮด์ได้

Kanittha Pamonpol et al. (2020) ได้ทำการศึกษาคุณภาพอากาศ (IAQ) ภายในอาคารจากการปรับปรุงขั้นเบื้องต้นและใช้พืช (ต้นลิ้นมังกร) เพื่อปรับปรุงพื้นที่ที่มีการระบายอากาศที่ไม่ดีอันมาจากการออกแบบอาคารที่ไม่เหมาะสมตั้งแต่แรกโดยใช้งานพลังงานไฟฟ้าให้น้อยที่สุด ทางผู้วิจัยได้ทำประเมินจาก 4 พารามิเตอร์ ได้แก่ ค่าความเข้มข้นของ CO_2, CO, อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในห้องที่มีการวางต้นไม้ไว้ภายในห้องทำงานในจำนวนที่แตกต่างกัน และพบว่าต้นไม้สามารถเพิ่มคุณภาพอากาศที่ดีขึ้นได้ แต่ไม่ได้สัมพันธ์กับจำนวนต้นไม้ที่เพิ่มมากขึ้น จึงไม่จำเป็นต้องมีต้นไม้มากๆ ภายในห้อง

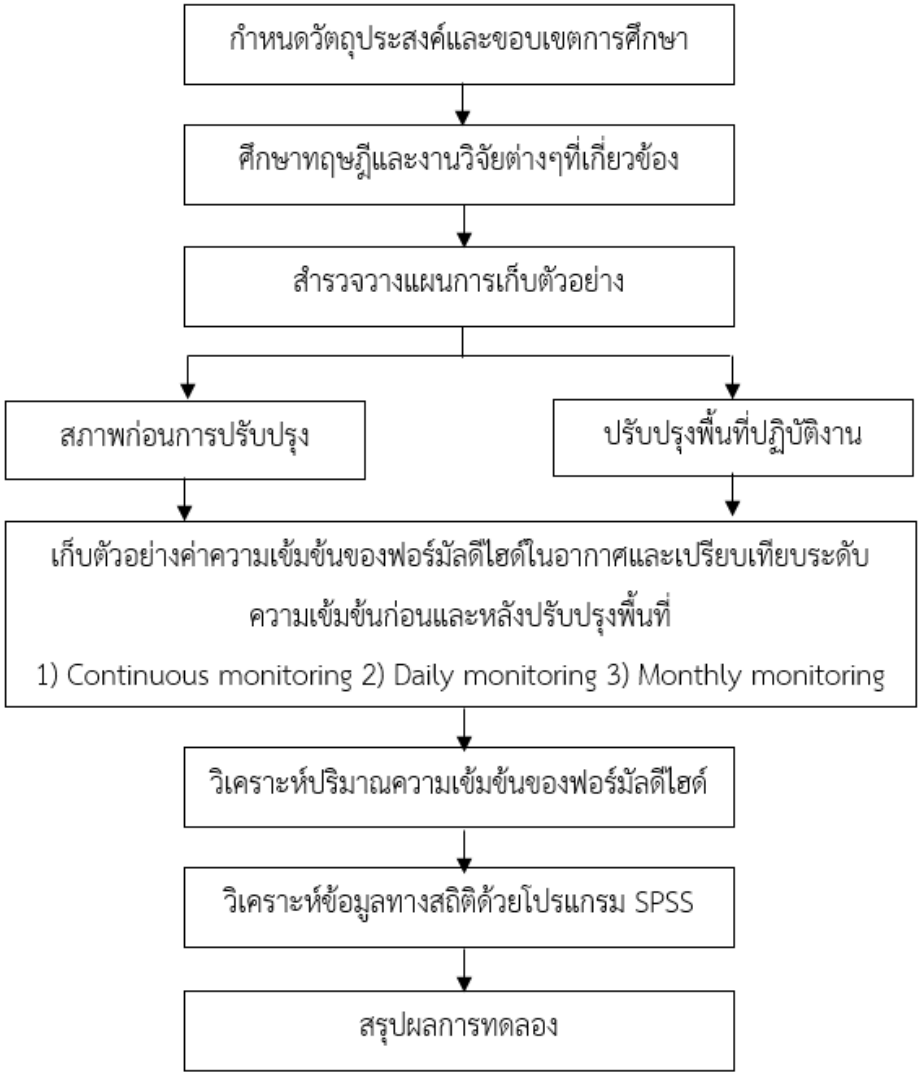
Zhao et al. (2022) ศึกษาแบบจำลองผันแปรตามเวลาสำหรับการทำนายอัตราการปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์ในบ้านเดี่ยวจำนวน 63 หลังในเมืองแคลิฟอร์เนียที่สร้างขึ้นระหว่างปีพ.ศ. 2554 ถึง 2560 ที่ใช้ผลิตภัณฑ์ของไม้คอมโพสิต พบว่าจากการใช้เครื่องวัดโฟโตอิเล็กทริกตรวจวัดความเข้มข้นฟอร์มัลดีไฮด์ในบ้านทุกหลังมีความผันแปรสูงเนื่องจากไม่ทราบประเภทและปริมาณของวัสดุในบ้าน แบบจำลองสมการถดถอยให้แนวทางในการคาดการณ์ที่ง่ายขึ้นในการตรวจสอบโดยไม่ต้องการค่าสัมประสิทธิ์แบบจำลองเหมือนแบบจำลองทางฟิสิกส์ ผลการตรวจวัดเกิดอัตราการปล่อยก๊าซฟอร์มัลดีไฮด์เฉลี่ยอยู่ที่ 1.3 ไมโครกรัม/วินาที ปัจจัยด้านอุณหภูมิ ความชื้น อัตราการระบาย

อากาศและพื้นที่ใช้สอยของบ้านส่งผลกระทบต่อปริมาณการปล่อยสารฟอร์มัลดีไฮด์ภายในบ้านจากวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างบ้าน มาตรการในการควบคุมปริมาณความเข้มขนฟอร์มันดิไฮด์ในที่พักอาศัยที่สำคัญคือ การควบคุมแหล่งที่มาโดยใช้วัสดุที่เปล่งแสงต่ำและการระบายอากาศด้วยอากาศภายนอก

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงปริมาณ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพในการปรับปรุงสภาพพื้นที่ปฏิบัติงานภายในอาคารและพื้นที่การผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์สำหรับเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์และผนัง เพื่อลดค่าระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในบรรยากาศพื้นที่ปฏิบัติงาน มีรายละเอียดในการดำเนินงานวิจัยดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

3.1.1 กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา

เนื่องจากทางโรงงานเห็นว่าการดูแลพนักงานและสภาพแวดล้อมในการทำงานเป็นสิ่งสำคัญ และพบว่าค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดิไฮด์มีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่คงที่ อยู่ระหว่าง 0.300 ppm - 0.700 ppm จึงได้ดำเนินการปรับปรุงสภาพแวดล้อมในพื้นที่ปฏิบัติงานให้ดียิ่งขึ้นและกำหนดให้มีค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์อยู่ในระดับที่ 0.300 ppm ซึ่งปลอดภัยมากกว่าที่กำหนดตามประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง ขีดจำกัดความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายที่กำหนดค่าขีดจำกัดความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์เฉลี่ยตลอดระยะเวลาทำงานปกติ 8 ชั่วโมงการทำงาน (TLV-TWA) ไม่เกิน 0.750 ppm จึงเป็นที่มาในการศึกษาการลดระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ภายในโรงงานผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์จากการปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงานของโรงงานในครั้งนี้ จากที่มาดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้ตรวจสอบผลการวัดค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ย้อนหลัง 3 ปี พบว่าค่าความเข้มข้นจะสูงที่สุดในพื้นที่ของห้องประกอบกระดาษ ประกอบกันการประชุมร่วมกับฝ่ายวิศวกรรมและฝ่ายผลิตทางหน่วยงานได้ให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงคุณภาพอากาศในการทำงานภายในห้องประกอบกระดาษเช่นกันเนื่องจากมีพนักงานปฏิบัติงานในพื้นที่หลายคน จึงเป็นที่มาในการกำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัยนี้เพื่อทวนสอบประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณภาพอากาศในการทำงานที่ออกแบบและดำเนินการปรับปรุง

3.1.2 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากประวัติผลการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในพื้นที่ศึกษาและจากการศึกษาแนวทางการปรับปรุงคุณภาพอากาศของสารฟอร์มัลดีไฮด์ตามที่กรมควบคุมโรคแนะนำ (กรมควบคุมโรค, 2561) ทางผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีการควบคุมทางวิศวกรรมเพื่อควบคุมค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในพื้นที่ปฏิบัติงานเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการวิจัย โดยจากการศึกษาของนินนาท ราชประดิษฐ์ และคณะ (2563) ที่ทำการศึกษาความเพียงพอของการระบายอากาศภายในห้องนอนขนาด 24 ตารางเมตร โดยศึกษาการระบายอากาศเชิงกลในการเปรียบเทียบค่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่าเมื่อเปรียบเทียบระหว่างห้องนอนที่ไม่มีการระบายอากาศกับมีการระบายอากาศ ห้องนอนที่ไม่มีการระบายอากาศมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นสูงจนในบางช่วงเวลาเกินค่ามาตรฐานที่เหมาะสมและมีปริมาณความเข้มข้นมากกว่าภายนอกห้อง ในขณะที่ห้องนอนที่มีการระบายอากาศมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่ามากแต่จะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องที่สูงกว่าอันเนื่องมาจากการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่ตั้งค่าควบคุมได้แค่อุณหภูมิเท่านั้น ไม่สามารถควบคุมค่าความชื้นสัมพัทธ์ได้ ในขณะที่ Ogawa และคณะ (2018) ได้ศึกษาแนวทางการลดความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในห้องปฏิบัติการพยาธิวิทยาของโรงพยาบาลประเทศญี่ปุ่นซึ่งจัดให้อยู่ในกลุ่มประเภทควบคุมระดับ 3 เนื่องจากมีการใช้สารที่มีส่วนผสมฟอร์มัลดีไฮด์ในการทำความสะอาดพื้นที่

โดยการปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงานทั้งในส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์ซึ่งเป็นระบบควบคุมระบระบายอากาศและซอฟแวร์ซึ่งคอยแจ้งเตือนมิให้บุคลากรทางการแพทย์และช่างเทคนิคไม่เปิดถังบรรจุหรือถังเก็บฟอร์มาลีนที่ใช้แล้วทิ้งไว้ ก่อนการปรับปรุงความเข้มข้นที่จุดตรวจวัดมีความเข้มข้นฟอร์มัลดีไฮด์อยู่ที่ 0.34, 0.03, 0.02 0.02 และ 0.06 ppm อยู่ในเกณฑ์ระดับควบคุมระดับ 3 ภายหลังการปรับปรุงแน้วโน้มความเข้มข้นฟอร์มัลดีไฮด์เหลือค่าเพียง 0.13, 0.07, 0.03, 0.03 และ 0.08 อยู่ในเกณฑ์ควบคุมระดับ 2

3.1.3 สำรวจวางแผนการเก็บตัวอย่าง

จากการสำรวจพื้นที่ทำการศึกษาแล้ว ได้ประเมินรวมกันกับฝ่ายวิศวกรรมและฝ่ายผลิตในการวางแผนการเก็บตัวอย่างในแต่ละรูปแบบ โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างในจุดที่มีพนักงานปฏิบัติงานมากที่สุดได้แก่ จุดเก็บตัวอย่างโต๊ะประกอบกระดาษที่ 1-3 และจุดเก็บตัวอย่างโต๊ะประกอบกระดาษที่ 4-5 โดยเก็บตัวอย่างในรูปแบบรายเดือนและรายวัน ในส่วนของการเก็บตัวอย่างแบบต่อเนื่องได้กำหนดจุดเก็บตัวอย่างเฉพาะจุดเก็บตัวอย่างโต๊ะประกอบกระดาษที่ 4-5 เท่านั้น เนื่องจากเครื่องมือในการเก็บตัวอย่างมีเพียง 1 เครื่องและต้องติดตั้งนานต่อเนื่อง จึงเลือกจุดดังกล่าวเนื่องจากมีประวัติระดับค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์สูงที่สุด

3.1.4 เก็บตัวอย่างค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ

เป็นขั้นตอนในการเก็บตัวอย่างฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศภายในพื้นที่การศึกษาในขั้นตอนการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุงพื้นที่และระบบระบายอากาศ ทั้งนี้ในการเก็บตัวอย่างจะดำเนินการตรวจวัดรายวัน (Daily monitoring) รายเดือน (Monthly monitoring) และแบบต่อเนื่อง (Continuous monitoring)

3.1.5 การปรับปรุงพื้นที่และระบบระบายอากาศ

เป็นการการปรับปรุงระบบระบายอากาศเชิงวิศวกรรมโดยดำเนินการวางแผน ออกแบบและควบคุมการดำเนินงานโดยวิศวกรของโรงงาน ซึ่งแนวทางในการปรับปรุงประกอบไปด้วยการติดตั้งเครื่องฟอกอากาศ การปรับปรุงระบบระบายอากาศและการกั้นพื้นที่เพื่อควบคุมที่แหล่งกำเนิดของไอระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ โดยดำเนินการทั้ง 3 แนวทางไปในช่วงเวลาเดียวกัน

3.1.6 วิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์

เป็นการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ตามกระบวนการ NIOSH 2541 (NIOSH, 1994) ในการตรวจวัดแบบรายเดือน และการใช้เครื่องมือตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นในอากาศในการตรวจวัดแบบรายวันและแบบต่อเนื่องเพื่อนำผลการตรวจวัดมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

3.1.7 วิเคราะห์ข้อมูล

เป็นการนำข้อมูลจากการตอบแบบสอบถามมาวิเคราะห์ด้วยกระบวนการทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS (Statistical Package for the Social Science) version23 โดยนำผลที่ได้จาก

การตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นฟอร์มัลดีไฮด์ในพื้นที่กระบวนการผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์ก่อนและหลังการปรับปรุงพื้นที่และติดตั้งระบบระบายอากาศมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ ด้วยวิธีการทางสถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) ในการวิจัยนี้ใช้สถิติการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างประชากร 2 กลุ่ม Independent-Samples t-test (t-test) ในการทดสอบสมมติฐาน โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบที่แตกต่างกันจำแนกตามกลุ่มตัวอย่างที่มีความเป็นอิสระต่อกัน 2 กลุ่ม

3.1.8 สรุปผลการทดลอง

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนในการสรุปผลการวิจัยซึ่งจะแสดงในบทที่ 5

3.2 วัสดุและอุปกรณ์ในการวิจัย

3.2.1 ชุดเครื่องมือการเก็บตัวอย่างอากาศแบบรายเดือน

เป็นไปตามมาตรฐาน NIOSH Method 2541 (NIOSH, 1994) ใช้ในการเก็บตัวอย่างอากาศประกอบด้วย

3.2.1.1 เครื่องดูดอากาศ (Sample Pump) ยี่ห้อ SKC universal Sample Pump ตั้งค่าอัตราการดูดอากาศด้วยอัตราการไหลที่ 0.05 ลิตรต่อนาที ใช้สำหรับเก็บตัวอย่างอากาศ โดยเครื่องดูดอากาศแสดงดังรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 เครื่องดูดอากาศ

3.2.1.2 สายยางเก็บตัวอย่าง (Tubing) สำหรับต่อเชื่อมเครื่องดูดอากาศกับหลอดเก็บตัวอย่างสายยาง

3.2.1.3 หลอดเก็บตัวอย่างตาม NIOSH Method 2541 (NIOSH, 1994) ชนิด Solid Sorbent Tube 10% (XAD-2, 2-hydroxymethyl piperdine) ขนาด 6 มิลลิเมตร ยาว 110 มิลลิเมตร (front = 120 mg ; back = 60 mg) โดยหลอดเก็บตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.3 หลอดเก็บตัวอย่าง Solid Sorbent Tube 10%

ที่มา : กรมควบคุมโรค, 2541

3.2.1.4 Protective tube cover

3.2.1.5 พาราฟิล์มหรือเทปกาว สำหรับปิดผนึกหลอดเก็บอย่างเมื่อเสร็จสิ้นการเก็บตัวอย่าง

3.2.1.6 ขาตั้งชุดเก็บตัวอย่างอากาศ (Tripod) ขาตั้งสำหรับใช้ตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศให้ได้ความสูง 1.4 เมตร การติดตั้งขาตั้งชุดเก็บตัวอย่างอากาศแสดงดังรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 การตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศ

3.2.2 เครื่องมือการเก็บตัวอย่างอากาศแบบรายวัน

เครื่องมือวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารแบบ Hand Held ชื่อทางการค้า Formaldemeter™ htV-M จากบริษัท PPM Technology Ltd, ประเทศอังกฤษ ใช้สำหรับตรวจวัดความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์แบบรายวัน รายละเอียดของเครื่องมือแสดงได้ดังรูปที่ 3.5 และตารางที่ 3.1

รูปที่ 3.5 เครื่อง Formaldemeter™ htV-M

ที่มา : PPM Technology Ltd, 2022

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติเครื่อง Formaldemeter™ htV-M

Sampling Method	10ml snatch-sample of air taken by internal pump
Sampling Frequency	2 minutes in normal IAQ conditions
Response Time	60 seconds in 'high accuracy' mode, approx. 8 seconds in 'lower accuracy' mode
Mechanical	150 x 80 x 34mm ABS plastic case Padded accessory-case 313 x 265 x 77mm
Weight	300g with 9v PP3 alkaline battery Total kit weighs 1.2 Kg
Range	0-10ppm as standard (0- 12.3 mg/m³ at 25°C). Extended range available on request
Resolution	0.01 ppm
Accuracy	10% at 2ppm
Precision	94% of all instrument readings meet the NIOSH criteria for an acceptable method when measuring 0. 3 ppm of formaldehyde over a relative humidity range of 25-70%. The NIOSH criterion for acceptability is that all results fall within ±25% of the true value at the 95% confidence level.

ที่มา : PPM Technology Ltd, 2022

3.2.3 เครื่องมือการเก็บตัวอย่างอากาศแบบต่อเนื่อง

เครื่องมือวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารแบบต่อเนื่องชื่อทางการค้า Mini Wireless IAQ Profile Monitor จาก PPM Technology Ltd, ประเทศอังกฤษ ใช้ตรวจวัดความเข้มข้นของฟอร์มัลดิไฮดในห้องประกอบกระดาษโดยกำหนดจุดติดตั้งที่ระดับความสูง 1.4 เมตร โดยมีรายละเอียดของเครื่องมือดังตารางที่ 3.2 และรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 เครื่อง Mini Wireless IAQ Profile Monitor

ที่มา : PPM Technology Ltd, 2022

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติเครื่อง Mini Wireless IAQ Profile Monitor

Mains Powered	12v DC via external DC adaptor with 2.5mm diameter jack plug
Operating Range	0-30°C, 15-90%RH
Dimensions	145mm x 145mm x 55mm (Houses 3 IAQ parameter sensors as well as temperature and humidity)
Easy to Install	Simply plug the included USB module into the PC and connect up the power to the IAQ monitor on the wall. The IAQ Monitor Units are easily wall mounted via VESA standard bracket
Software	Built in PPM Monitor Wireless exclusive management software for Management PC
Sampling Rate	Up to 3 parameter data values every minute

ที่มา : PPM Technology Ltd, 2022

3.3 พื้นที่ในการศึกษา

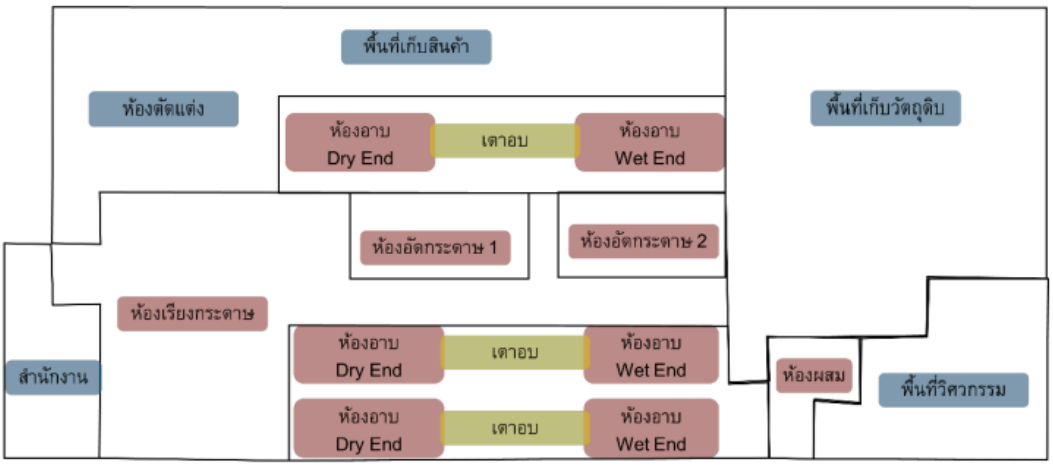
โรงงานตัวอย่างที่ทำการศึกษาเป็นโรงงานผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์แห่งหนึ่งในประเทศไทย เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และการตกแต่งภายใน มีกำลังการผลิตแผ่นวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์ขนาด 4 ฟุต x 8 ฟุต อยู่ที่ 900 แผ่นต่อวัน มีพนักงานปฏิบัติงานในทุกส่วนงาน 320 คน โดยดำเนินการผลิต 24 ชั่วโมงต่อวัน 7 วันต่อสัปดาห์

ลักษณะการปล่อยก๊าซฟอร์มัลดีไฮด์เกิดในกระบวนการผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์ โดยพื้นที่โรงงานแบ่งเป็น 2 ส่วน ในอาคารหลังคาสูงเดียวกัน ประกอบไปด้วยพื้นที่ส่วนการผลิตในการประกอบกระดาษที่ผ่านการชุบน้ำยาเรซิ่นและอัดแผ่นวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์แล้วซึ่งเป็นพื้นที่ปิดกั้นผนังด้วยแผ่น Matal Sheet ขนาด 4,100 ตารางเมตร ที่ควบคุมอุณหภูมิด้วยเครื่องปรับอากาศ และส่วนสำหรับตกแต่งและเก็บวัตถุดิบในการผลิตที่เป็นพื้นที่เปิดโล่ง ดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 โรงงานผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์กรณีศึกษา

3.3.1 ลักษณะอาคารและระบบระบายอากาศ

อาคารที่ดำเนินการวิจัยมีลักษณะเป็นอาคารชั้นเดียว แบ่งเป็นส่วนๆ ตามลักษณะการทำงานแต่ละ Process โดยจะมีการแบ่งพื้นที่เป็น 2 ส่วนหลัก คือ พื้นที่เก็บวัตถุดิบ พื้นที่เครื่องชุบกระดาษ (Coating) และพื้นที่ตัดแต่ง (Finishing) ซึ่งเป็นพื้นที่เปิดโล่ง โครงหลังคาสูง อีกส่วนหนึ่งเป็นพื้นที่ปิดโดยการกั้นห้องด้วย Metal Sheet พื้นที่ขนาด 4,100 ตารางเมตร เพื่อใช้ปฏิบัติงานสำหรับ Process การประกอบกระดาษ (Combination) และ พื้นที่ห้องอัดกระดาษ (Pressing) โดยห้องนี้จะมีการใช้งานระบบปรับอากาศเพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในห้อง แต่ละมีการถ่ายอากาศออกสู่ภายนอกมีเพียงการปรับอากาศให้เย็นด้วยเครื่องปรับอากาศเท่านั้น ซึ่งในการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซฟอร์มัลดีไฮด์ในงานวิจัยจะศึกษาในส่วนของกระบวนการผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์ แผนผังการผลิต ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 พื้นที่ส่วนการผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์กรณีศึกษา

3.3.2 ข้อมูลการผลิตและจำนวนพนักงาน

พื้นที่การผลิตที่เป็นกรณีศึกษาเป็นโรงงานผู้ผลิตชิ้นวัสดุปิดพื้นผิวแรงดันสูงที่เรียกว่า High Pressure Laminate ดำเนินการผลิตแผ่นวัสดุเคลือบผิวที่ความหนาระดับต่างๆ เพื่อใช้ในการตกแต่งอาคารและประกอบการทำเฟอร์นิเจอร์ โดยมีกำลังการผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ 900 แผ่นต่อวัน มีพนักงานทั้งสิ้น 320 คน โดยในส่วนของการผลิตแบ่งเป็น 4 กะปฏิบัติงานต่อวัน โดยดำเนินการผลิตเป็นเวลา 7 วัน วันละ 24 ชั่วโมง

3.4 ตำแหน่งเก็บตัวอย่างคุณภาพอากาศ

ภายในพื้นที่โรงงานผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์ในการศึกษาครั้งนี้จะดำเนินการเก็บตัวอย่างคุณภาพอากาศ 2 จุด ซึ่งมุ่งเน้นไปที่บริเวณที่พนักงานมีโอกาสได้รับสารฟอร์มัลดีไฮด์จาก

กระบวนการผลิตในงานไม้ (สุจิตรา แดงเรือง, 2554) โดยระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างคุณภาพอากาศรายวันและรายเดือนตั้งแต่ มกราคม พ.ศ. 2563 ถึง มกราคม 2566 โดยพื้นที่ในการเก็บตัวอย่างคุณภาพอากาศมีดังต่อไปนี้

3.4.1 พื้นที่เครื่องชุบกระดาษ

เป็นพื้นที่ที่ใช้สำหรับเคลือบกระดาษด้วยน้ำยาเรซิ่นที่ผสมแล้วตามสูตรที่ต้องการและส่งกระดาษที่เคลือบแล้วเข้าเตาอบเพื่อทำให้เรซิ่นแห้งและเคลือบติดเข้าไปในเนื้อของกระดาษ โดยในส่วนของการผลิตมีทั้งหมด 2 เครื่อง ได้แก่

3.4.1.1 เครื่องชุบกระดาษหน้า ใช้ในการเคลือบกระดาษที่มีลายโดยใช้น้ำยาเมลามีนเรซิ่นที่มีส่วนผสมของฟอร์มาลีนร้อยละ 40 เป็นสารประกอบซึ่งมีอัตราส่วนการผสมขึ้นอยู่กับสูตรการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์ แบ่งส่วนการทำงานของเครื่องหลักๆ มี 2 ส่วน คือ ส่วนที่กระดาษเคลือบน้ำยาก่อนเข้าเตาอบเรียกว่าพื้นที่ชุบส่วนเปียก (wet end) และส่วนที่กระดาษชุบน้ำยาซึ่งผ่านเตาอบแล้ว เรียกว่าพื้นที่ชุบส่วนแห้ง (dry end) โรงงานกรณีศึกษามีขนาดของเครื่องยาว 66 เมตร กว้าง 6 เมตร โดยภายในพื้นที่ชุบและเตาอบจะมีการติดตั้งระบบดูดอากาศเพื่อส่งเข้าเครื่องบำบัดอากาศ Wet Scrubber จำนวนพนักงานปฏิบัติงานในเครื่องชุบหน้าทั้งหมด 9 คน แบ่งเป็น 3 กะทำงาน เวลาเดินเครื่อง 24 ชั่วโมง 7 วัน

3.4.1.2 เครื่องชุบกระดาษพื้น ใช้ในการชุบกระดาษพื้นที่ไม่มีลวดลายสำหรับใช้ประกอบเพื่อเพิ่มความหนาของแผ่นลามิเนตโดยใช้ฟีนอลเรซิ่นที่จะมีค่า Free Formaldehyde จากการผสมสูตรของน้ำยา แบ่งส่วนการทำงานของเครื่องหลักๆ มี 2 ส่วน คือ ส่วนกระดาษชุบน้ำยาก่อนเข้าเตาอบ เรียกว่าพื้นที่ชุบส่วนเปียก (wet end) และส่วนที่กระดาษชุบน้ำยาซึ่งผ่านเตาอบเรียบร้อยแล้ว เรียกว่า พื้นที่ชุบส่วนแห้ง (dry end) โรงงานกรณีศึกษามีขนาดของเครื่องยาว 54 เมตร กว้าง 6 เมตร โดยภายในพื้นที่ชุบและเตาอบจะมีการติดตั้งระบบดูดอากาศเพื่อส่งเข้าเครื่องบำบัดอากาศ Wet Scrubber จำนวนพนักงานปฏิบัติงานในเครื่องชุบหน้าทั้งหมด 4 คน แบ่งเป็น 2 กะทำงาน เวลาเดินเครื่อง 24 ชั่วโมง 7 วัน

3.4.2 พื้นที่ห้องประกอบกระดาษ

เป็นพื้นที่ใช้สำหรับเรียงกระดาษประกบเข้าชุด โดยมีวัตถุดิบคือกระดาษหน้าที่ชุบเมลามีนเรซิ่นและกระดาษพื้นที่ชุบฟีนอลเรซิ่นเรียบร้อยแล้ว และจัดเก็บภายในห้องประกอบกระดาษมีลักษณะเป็นห้องเปิด ขนาดของห้องขนาด 30 เมตร กว้าง 12 เมตร ก่อนการปรับปรุงภายในห้องติดตั้งระบบปรับอากาศเพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในห้อง และมีพัดลมอุตสาหกรรมภายในห้อง จำนวนพนักงานปฏิบัติงานในห้องประกอบกระดาษทั้งหมด 33 คน แบ่งเป็น 3 กะทำงาน เวลาปฏิบัติงาน 24 ชั่วโมง 7 วัน

3.4.3 พื้นที่อัดลามิเนต

เป็นพื้นที่ใช้สำหรับนำกระดาษที่เรียงเข้าชุดเรียบร้อยแล้ว แบ่งเป็นชุด ๆ ด้วยพลาสติก BOPP ฟิล์ม เพื่อเตรียมเข้าเครื่องอัดลามิเนตแบ่งแยกพื้นที่เครื่องอัดเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่มีการใช้ความร้อนในการทำให้สารน้ำยาที่เคลือบกระดาษไว้ก่อนหน้านี้ละลายและซึมลงเนื้อกระดาษให้เป็นเนื้อเดียวกัน และสามารถก่อให้เกิดการระเหยของไอเรซิ่นจากการใช้ความร้อนได้ ส่วนนี้จะไม่มีพนักงานประจำพื้นที่ระบบจะทำงานอัตโนมัติ กับส่วนที่ 2 คือ ส่วนที่พนักงานปฏิบัติงานเพื่อส่งกระดาษเข้าเครื่องอัด มีทั้งหมด 2 เครื่อง

3.4.3.1 เครื่องอัดหมายเลข 1 พื้นที่ที่พนักงานต้องปฏิบัติงานมีลักษณะเป็นพื้นที่เปิด มีขนาดพื้นที่ 72 ตารางเมตรในพื้นที่ที่พนักงานปฏิบัติงานมีติดตั้งเครื่องปรับอากาศ จำนวนพนักงานปฏิบัติงานในเครื่องอัดหมายเลข 1 ทั้งหมด 15 คน แบ่งเป็น 3 กะทำงาน เวลาเดินเครื่อง 24 ชั่วโมงตลอด 7 วัน

3.4.3.2 เครื่องอัดหมายเลข 2 พื้นที่ที่พนักงานต้องปฏิบัติงานมีลักษณะเป็นพื้นที่เปิดบางส่วน มีขนาดพื้นที่ 48 ตารางเมตร ในพื้นที่ที่พนักงานปฏิบัติงานมีติดตั้งเครื่องปรับอากาศ จำนวนพนักงานปฏิบัติงานในเครื่องอัดหมายเลข 1 ทั้งหมด 15 คน แบ่งเป็น 3 กะทำงาน เวลาเดินเครื่อง 24 ชั่วโมงตลอด 7 วัน

3.5 การดำเนินการปรับปรุงคุณภาพอากาศ

การดำเนินการปรับปรุงคุณภาพอากาศในพื้นที่ปฏิบัติงานได้กำหนดวิธีการปรับปรุงตามแนวทางการควบคุมทางวิศวกรรมตามคำแนะนำของกรมควบคุมโรค (กรมควบคุมโรค, 2541) เพื่อลดระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดิไฮด์ไว้ทั้งหมดพร้อมกันทั้ง 4 วิธี ได้แก่

3.5.1 ติดตั้งห้องกั้นพื้นที่ของเครื่องชุบเพื่อควบคุมการแพร่กระจายของไอระเหย

พื้นที่ในกระบวนการชุบกระดาษ เดิมจะไม่มีการกั้นพื้นที่เครื่องชุบและเป็นพื้นที่โล่ง แต่มีระบบดูดอากาศที่บริเวณถาดน้ำยาเรซิ่นและที่เตาอบเท่านั้น ทำให้ไอระเหยจากสารเคมีก่อนเข้าเตาอบและหลังออกจากเตาอบยังสามารถแพร่กระจายออกได้ จึงดำเนินการปรับปรุงคุณภาพอากาศโดยติดตั้งผนังล้อมรอบตัวเครื่องชุปทุกจุดที่เป็นช่องเปิดโล่ง เพื่อควบคุมไอระเหยและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบดูดอากาศเพื่อเข้าระบบบำบัดอากาศ โดยรูปที่ 3.9 แสดงภาพก่อนการปรับปรุงพื้นที่บริเวณเครื่องชุบกระดาษและรูปที่ 3.10 แสดงภาพหลังการปรับปรุงพื้นที่บริเวณเครื่องชุบกระดาษ

รูปที่ 3.9 ก่อนการปรับปรุงพื้นที่บริเวณเครื่องชุบกระดาษ

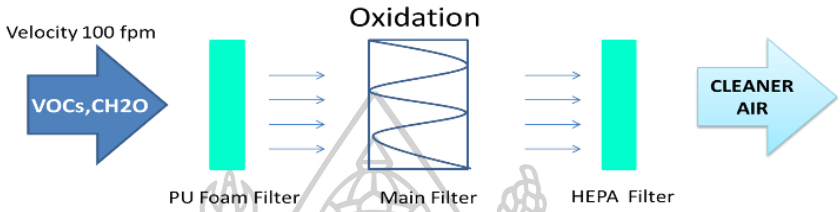
รูปที่ 3.10 การติดตั้งห้องกั้นพื้นที่บริเวณเครื่องชุบกระดาษ

3.5.2 ติดตั้งเครื่องฟอกอากาศและระบบท่อดูดเชื่อมต่อกับเครื่องฟอกอากาศในพื้นที่

พื้นที่ในกระบวนการประกอบกระดาษ มีแหล่งของไอระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์จากกระดาษที่ชุมน้ำยาเรซิ่นแล้วและเกิดการฟุ้งกระจายที่บริเวณโต๊ะประกอบกระดาษจากการพลิกกระดาษเพื่อเรียงประกอบกระดาษในแต่ละชั้นตามสูตรการผลิต ซึ่งเดิมพื้นที่ดังกล่าวไม่มีเครื่องฟอกอากาศ จึงดำเนินการติดตั้งเครื่องฟอกอากาศ เพื่อทำการลดค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในระยะสั้นระหว่างรอการดำเนินการติดตั้งระบบระบายอากาศแล้วเสร็จ ซึ่งการใช้เครื่องฟอกอากาศจะเหมาะกับพื้นที่ปิดที่ทราบขนาดพื้นที่ที่ชัดเจนเพื่อประกอบการเลือกใช้เครื่องฟอกอากาศที่เหมาะสมและต้องมั่นบำรุงรักษาตัวกรองหรืออุปกรณ์อยู่เสมอ เพื่อให้เครื่องมีประสิทธิภาพที่เหมาะสม หากขาดการบำรุงรักษา ตัวเครื่องเองอาจเป็นแหล่งแพร่กระจายของสารเคมีและเชื้อโรคได้

ตัวเครื่องฟอกอากาศที่เลือกใช้ประกอบไปด้วย PU Form Filter, Main Filter ที่บรรจุไปด้วย Activated Carbon ผสมกับ Potassium permanganate forming และ HEPA Filter

สามารถฟอกอากาศได้ที่ปริมาณ 700-1000 CFM (Cubic Feet per Minute) (EST Air purifier technology, 2023) โดยแสดงรูปแบบการทำงานของเครื่องฟอกอากาศดังรูปที่ 3.11 พร้อมติดตั้งระบบท่อดูดเชื่อมต่อจุดหน้างานกับเครื่องฟอกอากาศ โดยรูปที่ 3.12 แสดงพื้นที่กระบวนการชุบลามิเนตก่อนการติดตั้งเครื่องฟอกอากาศในพื้นที่และระบบท่อดูดและรูปที่ 3.13 แสดงพื้นที่กระบวนการประกอบกระดาษภายหลังการติดตั้งเครื่องฟอกอากาศในพื้นที่และระบบท่อดูด



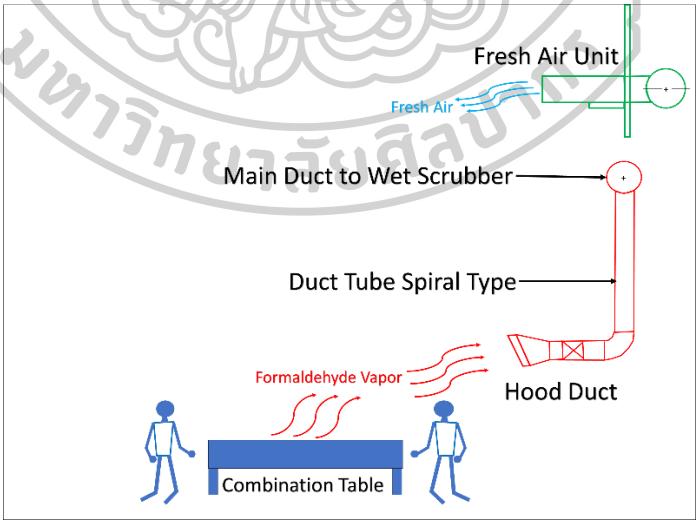
รูปที่ 3.11 รูปแบบการทำงานของเครื่องฟอกอากาศ
ที่มา : EST Air purifier technology, 2023

รูปที่ 3.12 ก่อนการติดตั้งเครื่องฟอกอากาศในพื้นที่และระบบท่อดูด

รูปที่ 3.13 หลังการติดตั้งเครื่องฟอกอากาศในพื้นที่และระบบท่อดูด

3.5.3 ติดตั้งระบบการหมุนเวียนของอากาศภายในห้องประกอบกระดาษ

พื้นที่ในกระบวนการประกอบกระดาษเดิมไม่มีระบบเติมอากาศ มีเพียงแค่เครื่องปรับอากาศที่ทำการหมุนเวียนอากาศภายในห้องเพื่อควบคุมอุณหภูมิให้ลดลงเท่านั้น ซึ่งจากแนวทางและนำของกรมควบคุมโรค (กรมควบคุมโรค, 2541) และ จากการศึกษาของนินนาท ราชประดิษฐ์ และคณะ (2563) ได้ทำการศึกษาแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพอากาศในห้องนอน พบว่าเมื่อเปรียบเทียบระหว่างห้องนอนที่ไม่มีการระบายอากาศกับมีการระบายอากาศ ห้องนอนที่ไม่มีการระบายอากาศมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นสูงจนในบางช่วงเวลาเกินค่ามาตรฐานที่เหมาะสมและมีปริมาณความเข้มข้นมากกว่าภายนอกห้อง ในขณะที่ห้องนอนที่มีการระบายอากาศมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่ามากแต่จะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องที่สูงกว่าอันเนื่องมาจากการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่ตั้งค่าควบคุมได้แค่อุณหภูมิเท่านั้น จึงใช้เป็นแนวทางในการประชุมร่วมกันกับฝ่ายวิศวกรรมและฝ่ายผลิตของโรงงานในการเลือกดำเนินการปรับปรุงคุณภาพอากาศโดยติดตั้งระบบดูดอากาศออกผ่านเข้าระบบบำบัดอากาศก่อนปล่อยออกสู่ภายนอกและเติมอากาศจากภายนอกเข้าไปในห้องเรียงเพื่อหมุนเวียนอากาศภายในห้อง โดยเติมอากาศจากภายนอกผ่าน AHU เพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นก่อนปล่อยอากาศเข้าพื้นที่ปฏิบัติงาน โดยรูปที่ 3.14 แสดงตัวอย่างระบบการหมุนเวียนของอากาศายในห้องประกอบกระดาษ, รูปที่ 3.15 แสดงรูปภายในห้องประกอบกระดาษก่อนการติดตั้งระบบการหมุนเวียนของอากาศและรูปที่ 3.16 แสดงรูปภายหลังการติดตั้งระบบการหมุนเวียนของอากาศภายในห้องประกอบกระดาษ



รูปที่ 3.14 ตัวอย่างระบบการหมุนเวียนของอากาศภายในห้องประกอบกระดาษ

รูปที่ 3.15 ภายในห้องประกอบกระดาษก่อนการติดตั้งระบบการหมุนเวียนของอากาศ

รูปที่ 3.16 หลังการติดตั้งระบบการหมุนเวียนของอากาศภายในห้องประกอบกระดาษ

3.5.4 ปิดกั้นแยกพื้นที่ระหว่างห้องชุบกระดาษและห้องประกอบกระดาษ

ห้องชุบกระดาษและห้องประกอบกระดาษก่อนการปรับปรุงพื้นที่จะไม่มีการกั้นแบ่งพื้นที่ดังกล่าวแยกจากกัน เมื่อกระดาษที่ทำการชุบน้ำยาเรซิ่นออกมาแล้ว เมื่อผ่านเตาอบจะเรียงและวางอยู่ในห้องที่เป็นพื้นที่เปิดโล่งติดกับห้องเรียง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบดูดอากาศเพื่อเข้าระบบบำบัดและการควบคุมไอระเหยจึงติดตั้งผนังรอบรอบตัวเครื่องทุกจุดที่เป็นช่องเปิดโล่ง โดยรูปที่ 3.17 แสดงพื้นที่ห้องชุบกระดาษและห้องประกอบกระดาษก่อนการปรับปรุงและรูปที่ 3.18 แสดงรูปภายหลังการปรับปรุงแยกพื้นที่ระหว่างห้องชุบกระดาษและห้องประกอบกระดาษ

รูปที่ 3.17 พื้นที่ห้องชุบกระดาษและห้องประกอบกระดาษก่อนการปรับปรุง

รูปที่ 3.18 ภายหลังการปรับปรุงแยกพื้นที่ระหว่างห้องชุบกระดาษและห้องประกอบกระดาษ

3.5.5 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการปรับปรุงคุณภาพอากาศในอาคาร

ในการปรับปรุงครั้งนี้ทางโรงงานได้เห็นถึงความสำคัญและใส่ใจในเรื่องของความปลอดภัยของพนักงานเป็นอย่างมาก จึงเป็นผู้ดำเนินการสนับสนุนงบประมาณในการปรับปรุงคุณภาพอากาศดังกล่าวทั้งหมด ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการปรับปรุงคุณภาพอากาศในอาคาร

การดำเนินการปรับปรุงคุณภาพอากาศ	ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง (บาท)	จำนวนพนักงานผู้รับสัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์
1. ติดตั้งห้องกั้นพื้นที่ของเครื่องชุบเพื่อควบคุมการแพร่กระจายของไอระเหย	396,354	13 คน
2. ติดตั้งเครื่องฟอกอากาศและระบบท่อดูดเชื่อมต่อกับเครื่องฟอกอากาศในพื้นที่	1,605,000	33 คน
3. ติดตั้งระบบการหมุนเวียนของอากาศภายในห้องประกอบกระดาษ	7,270,590	33 คน
4. ปิดกั้นแยกพื้นที่ระหว่างห้องชุบกระดาษและห้องประกอบกระดาษ	111,100	33 คน

3.6 การตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ

การตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์มีหลากหลายวิธี เช่น วิธีโครมาโตกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography, HPLC) หรือวิธีสเปคโตรเมตรี (Spectrometry) สำหรับงานวิจัยนี้จะดำเนินการเก็บและวิเคราะห์ไอระเหยและสารแขวนลอยในสิ่งแวดล้อมการทำงานด้วยวิธี Gas chromatography (GC) ตามมาตรฐาน NIOSH Manual of analytical method 2541 (NIOSH, 1994) โดยผู้ดำเนินการเก็บตัวอย่างในการตรวจวัดจากหน่วยงานภายนอกโรงงานที่ผ่านการรับรองจากกระทรวงแรงงานก่อนนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ในห้องวิเคราะห์ที่ผ่านการอนุญาตจากกระทรวงอุตสาหกรรม ซึ่งดำเนินการเก็บตัวอย่างสารตั้งต้นหลักเป็นการเก็บตัวอย่างรายเดือนตามมาตรฐาน NIOSH Method 2541 (NIOSH, 1994)

วิธีแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas Chromatography, GC) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการแยกสารผสมออกจากกันในสถานะแก๊ส โดยใช้คุณสมบัติของการละลายรวมถึงความสามารถในการดูดซับของสารแต่ละชนิดที่แตกต่างกัน โดยกระบวนการแยกสารประกอบที่สนใจจะเกิดขึ้นระหว่างเฟส 2 เฟส คือ เฟสคงที่ เป็นของเหลวหรือของแข็งที่อยู่ในคอลัม และเฟสเคลื่อนที่เป็นแก๊ส เรียกว่าแก๊สพา สารจะถูกแยกออกมาจากคอลัมและถูกตรวจวัดด้วยตัว Detector และรายงานผลออกมาในลักษณะเป็นพีคหรือเรียกว่ารูปแบบโครมาโทแกรม (Chromatogram) โดยใช้ในการตรวจระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ โดยการติดชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างปั๊มดูดอากาศ อัตราการไหลที่ 0.05 ลิตรต่อนาที เชื่อมกับหลอดเก็บตัวอย่างอากาศ (Solid Sorbent Tube 10% (XAD-2, 2-hydroxymethyl

piperdine) ขนาด 6 มิลลิเมตร ยาว 110 มิลลิเมตร (front = 120 mg ; back = 60 mg) ด้วยสายยางเชื่อมต่ออุปกรณ์ ที่ระดับหายใจ (breathing zone) ของเจ้าหน้าที่เก็บตัวอย่างต่อเนื่องจำนวน 1 ตัวอย่าง ตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง (TWA) ก่อนนำตัวดูดซับในหลอดตัวอย่างมาสกัดเพื่อมาวิเคราะห์ต่อด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีซึ่งการเก็บและการวิเคราะห์อ้างอิงตามวิธีมาตรฐานของ NIOSH Manual of analytical method 2541 (NIOSH, 1994) สอดคล้องกับแนวทางการเก็บตัวอย่างของประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม โดยต้องใช้ผู้ชำนาญในการตรวจวัดที่ผ่านการขึ้นทะเบียนห้องปฏิบัติการ

ในปัจจุบันเครื่องมืออ่านค่าโดยตรงมีการนำมาใช้อย่างกว้างขวางในงานสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและงานสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในสถานการณ์ที่ต้องการข้อมูลทันทีเพื่อเป็นประโยชน์ในการตัดสินใจเลือกมาตรการควบคุมสถานการณ์ แก้ไข และป้องกันได้อย่างรวดเร็ว เช่น การตอบโต้เหตุฉุกเฉินสารเคมี การทำงานในสถานที่อับอากาศ การตรวจวัดความเข้มข้นของสารเคมีในสิ่งแวดล้อมการทำงาน การวัดคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality, IAQ) และการตรวจติดตามคุณภาพอากาศในสิ่งแวดล้อม ผู้วิจัยจึงเพิ่มแนวทางการตรวจวัดโดยใช้เครื่องมือวัดแบบ Hand Held และ Continuous ในบางจุด เพื่อให้สามารถสังเกตุค่าความเข้มข้นได้รวดเร็วขึ้น เพื่อใช้เปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นที่ทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งเป็นการตรวจวัดด้วยเครื่องมืออ่านค่าโดยตรงในการตรวจวัด ได้แก่ เครื่อง Formaldemeter™ htV-M จาก PPM Technology Ltd, จากประเทศอังกฤษ สำหรับการตรวจวัดรายวัน และ เครื่อง Mini Wireless IAQ Profile Monitor จาก PPM Technology Ltd, จากประเทศอังกฤษ สำหรับการตรวจวัดแบบต่อเนื่อง (PPM Technology Ltd.,2022)

สำหรับการศึกษานี้ในการจัดเก็บตัวอย่างคุณภาพอากาศภายหลังจากการกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง มีขั้นตอนดังนี้

3.6.1 การเก็บตัวอย่างรายเดือน (Monthly Monitoring)

การจัดเก็บตัวอย่างคุณภาพอากาศเป็นไปตามมาตรฐาน NIOSH Method 2541(NIOSH, 1994) โดยการเก็บตัวอย่างนี้ ดำเนินการ โดย บริษัท บางกระดี อินดัลเทรียลปาร์ค จำกัด ซึ่งจะดำเนินการตรวจวัด 3 แห่ง ได้แก่ จุดโต๊ะประกอบกระดาษ 1-3 (Combination Table 1-3) จุดโต๊ะประกอบกระดาษ 4-5 (Combination Table 4-5) และจุดเครื่องอัด 1 (Press 1) มีขั้นตอนการเก็บตัวอย่างรายเดือน ดังนี้

3.6.1.1 จัดเตรียมอุปกรณ์ให้พร้อมก่อนการเก็บตัวอย่าง ได้แก่ ชาร์ตเครื่องดูดอากาศ การปรับเทียบตั้งค่าอัตราการไหลอากาศให้ใกล้เคียงกับที่กำหนด เพื่อใช้ในการเก็บตัวอย่างจริง

3.6.1.2 ก่อนติดตั้งเครื่องเก็บตัวอย่างคุณภาพอากาศ ทำการปรับเทียบความถูกต้องของชุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่ตรวจวัดอีกครั้ง ได้แก่ ปรับเทียบความถูกต้องของเครื่องดูดอากาศและ

การวัดอัตราการไหลของอากาศขณะที่มีอุปกรณ์ดักเก็บตัวอย่างประกอบอยู่ด้วย โดยจะทำการปรับเทียบความถูกต้องทั้งก่อนและหลังการเก็บตัวอย่าง

3.6.1.3 ต่อชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศดังแสดงในดังรูปที่ 3.19

รูปที่ 3.19 ชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศ
ที่มา : กรมควบคุมโรค, 2561

3.6.1.4 ติดตั้งชุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่ที่กำหนด เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง เพื่อให้สอดคล้องตามมาตรฐาน NIOSH Method 2541 (NIOSH, 1994)

3.6.1.5 ติดตั้งอุปกรณ์โดยให้หลอดเก็บตัวอย่างชี้ลง เพื่อป้องกันการเกิดช่องว่างในหลอดเก็บตัวอย่าง เรียกว่า Channeling ซึ่งจะทำให้อากาศเคลื่อนที่ผ่านช่องดังกล่าวแทนการเคลื่อนที่ผ่านสารดูดซับ และทำให้เกิด Breakthrough

3.6.1.6 ติดตั้งอุปกรณ์เพื่อเก็บตัวอย่างแบบพื้นที่ บนขาตั้งสำหรับยึดชุดอุปกรณ์ดักเก็บตัวอย่าง โดยวางขาตั้งยึดอุปกรณ์ในตำแหน่งที่กำหนดที่ระดับความสูงเดียวกับจมูกของผู้ปฏิบัติงานที่ 1.4 เมตร เนื่องจากเป็นระดับความสูงที่ผู้ปฏิบัติงานจะได้รับสัมผัสไอระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์

3.6.1.7 เตรียม Blank อย่างน้อย 2 หลอด จากหลอดเก็บตัวอย่างชุดเดียวกันโดยดำเนินการกับ Blank เช่นเดียวกับหลอดเก็บตัวอย่างจริง ทั้งการปรับเทียบ ความถูกต้อง บรรจุถุงพลาสติกแต่ไม่ดูดอากาศผ่านหรือเปิดปลายหลอดไว้ ใส่ภาชนะเก็บความเย็น เพื่อใช้สำหรับเปรียบเทียบผลวิเคราะห์

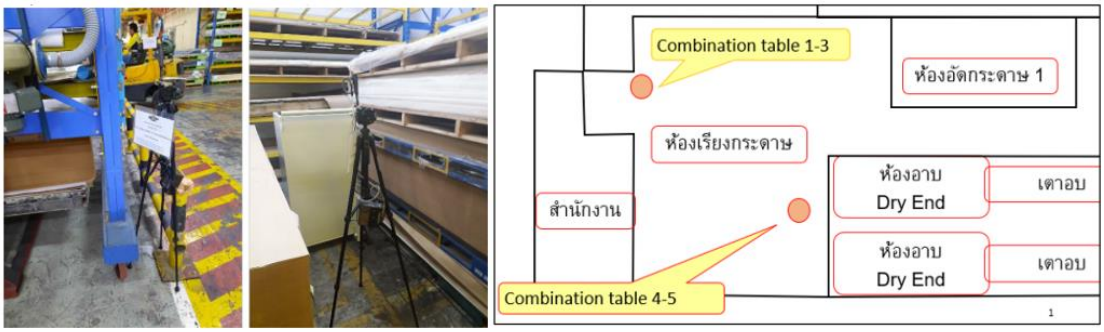
3.6.1.8 เปิดสวิตช์การทำงานของเครื่องปั๊ม พร้อมถ่ายรูปและจดบันทึกเวลาในการเริ่มเก็บตัวอย่าง

3.6.1.9 ตรวจสอบการทำงานของเครื่องว่าทำงานหรือไม่และอยู่ในสภาวะที่ปกติหรือไม่

3.6.1.10 ทิ้งระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง 360 นาที

3.6.1.11 เมื่อครบระยะเวลาเก็บตัวอย่างแล้ว ปิดสวิตซ์และบันทึกเวลาสิ้นสุดการเก็บตัวอย่าง โดยบันทึกชื่อพื้นที่ที่ติดตั้งอุปกรณ์ อัตราการไหลของอากาศ เวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดการเก็บตัวอย่าง ลงในแบบฟอร์มบันทึกข้อมูลการเก็บตัวอย่างอากาศ โดยการติดตั้งและตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง Monthly Monitoring ดังรูปที่ 3.20

3.6.1.12 นำส่งตัวอย่างคุณภาพอากาศไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ



(ก) การตรวจวัดตัวอย่างแบบรายเดือน (ข) ตำแหน่งเก็บตัวอย่างแบบรายเดือน

รูปที่ 3.20 ภาพถ่ายตำแหน่งเก็บตัวอย่าง Monthly Monitoring

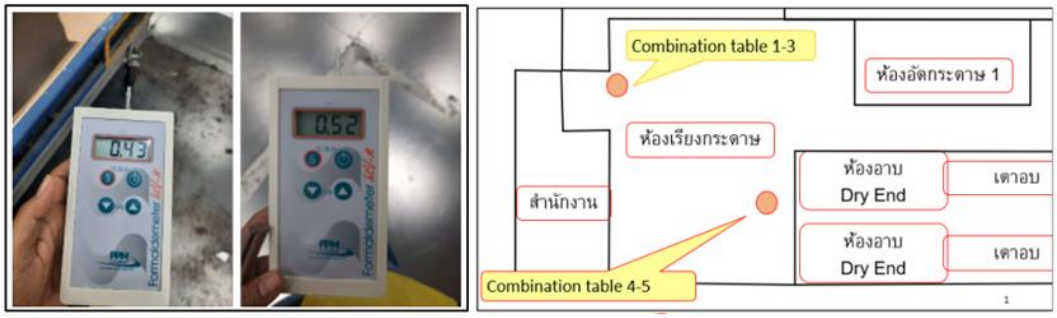
3.6.2 การเก็บตัวอย่างรายวัน (Daily Monitoring)

เครื่องมือวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารแบบ Hand Held แต่ในการศึกษานี้จะใช้ตรวจวัดเฉพาะปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศเท่านั้น ชื่อทางการค้า Formaldemeter™ htV-M จาก PPM Technology Ltd, จากประเทศอังกฤษ โดยดำเนินการตรวจวัดคุณภาพอากาศ 3 ค่า ได้แก่ ค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์, อุณหภูมิและ ความชื้นสัมพัทธ์ จุดติดตั้งในการวัดคัดเลือกจากตำแหน่งที่มีความถี่ของค่าความเข้มข้นสูงมากๆ ที่พื้นที่จุดโต๊ะประกอบกระดาษ 1-3 โดยการเก็บตัวอย่างนี้มีขั้นตอนดังนี้

3.6.2.1 ทำการสอบเทียบเครื่องมือก่อนเริ่มการตรวจด้วยชุดสอบเทียบก่อนทุกครั้ง

3.6.2.2 เก็บตัวอย่างที่จุดหน้างานโดย ถือเครื่องมือตรวจวัดสูงจากพื้น 1.4 เมตร

3.6.2.3 ปั๊มภายในเครื่องจะดูดอากาศเข้าในตัวเครื่องและรายงานผลการตรวจวัดผ่านทางหน้าจอของตัวเครื่องภายใน 2 นาที โดยตำแหน่งเก็บตัวอย่างแบบ Daily Monitoringแสดงดังรูปที่ 3.21



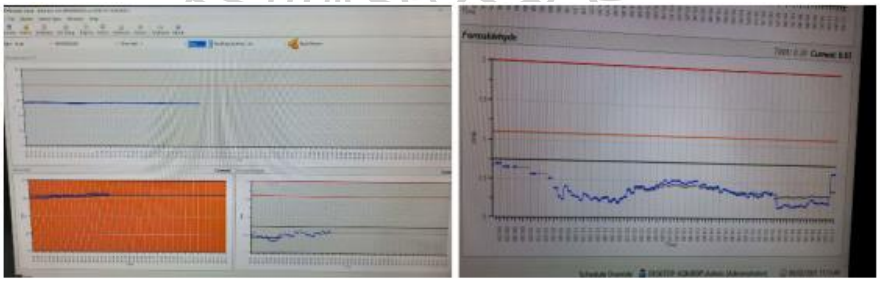
(ก) การตรวจวัดตัวอย่างแบบ Daily Monitoring (ข) ตำแหน่งเก็บตัวอย่าง Daily Monitoring

รูปที่ 3.21 ตำแหน่งเก็บตัวอย่างแบบ Daily Monitoring

3.6.3 การเก็บตัวอย่างแบบต่อเนื่อง (Continuous Monitoring)

เครื่องมือวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารแบบต่อเนื่อง แต่ในการศึกษานี้จะใช้ตรวจวัดเฉพาะปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศเท่านั้น ชื่อทางการค้า Mini Wireless IAQ Profile Monitor จาก PPM Technology Ltd, ประเทศอังกฤษ โดยดำเนินการตรวจวัดคุณภาพอากาศ 3 ค่า ได้แก่ ค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์, อุณหภูมิและ ความชื้นสัมพัทธ์ มีขั้นตอนดังนี้

3.6.3.1 ติดตั้งเครื่องตรวจไว้ในจุดเก็บตัวอย่างที่กำหนด โดยให้เครื่องมือตรวจวัดอยู่สูงจากพื้น 1.4 เมตร ดังรูปที่ 3.22

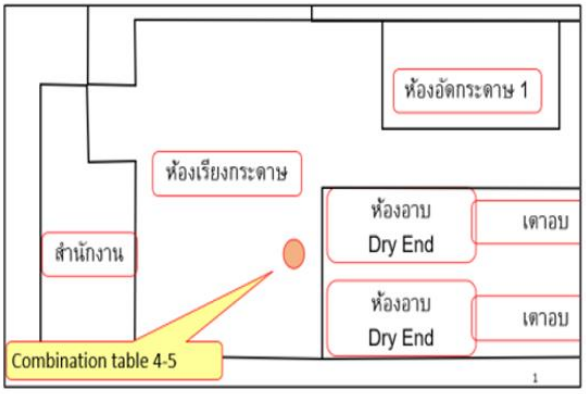


รูปที่ 3.22 ตัวอย่างผลการตรวจวัดผ่านระบบคอมพิวเตอร์

3.6.3.2 ปั๊มภายในเครื่องจะดูดอากาศเข้าในตัวเครื่องอย่างต่อเนื่องโดยบันทึกผลทุก ๆ 2 วินาที

3.6.3.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศระบบจะแสดงผลการตรวจวัดผ่านหน้าจอของโปรแกรม ดังรูปที่ 3.23

(ก) การตรวจวัดตัวอย่างแบบต่อเนื่อง



(ข) ตำแหน่งเก็บตัวอย่างแบบต่อเนื่อง

รูปที่ 3.23 การเก็บตัวอย่างแบบต่อเนื่อง

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูลและค่าสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.7.1 การวิเคราะห์ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ

การวิเคราะห์ตัวอย่าง การศึกษานี้ใช้เทคนิคการวิเคราะห์แก๊สโครมาโทกราฟี (Gas Chromatography, GC) ตามมาตรฐาน NIOSH 2541 (NIOSH, 1994) และบันทึกผลการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศจากอุปกรณ์ตรวจวัดโดยตรง

3.7.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ดำเนินการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลของระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในพื้นที่ปฏิบัติงานในรูปแบบทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS (Statistical Package for the Social Science) เวอร์ชั่น 23 ในการดำเนินการศึกษาโดยทดสอบการแจกแจงข้อมูลผลการตรวจวัดว่าเป็นแบบปกติหรือไม่ด้วย Kolmogorov-Smirnov Z test และ Shapiro-Wilk หากเป็นการแจกแจงแบบปกติจะใช้การวิเคราะห์แบบ t-test หรือหากผลการทดสอบเป็นการแจกแจงแบบไม่ปกติจะใช้การวิเคราะห์แบบ t-test แบบ Mann-Whitney U test ต่อไป (กมลชนก พานิชการ, 2561)

บทที่ 4
ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศของโรงงานผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์ในพื้นที่จัดประกอบกระดาษ2 ตำแหน่ง ได้แก่ พื้นที่จุดโต๊ะประกอบกระดาษ 1-3 และจุดโต๊ะประกอบกระดาษ 4-5 ตั้งแต่ 2 มกราคม พ.ศ. 2563 ถึง 29 มกราคม พ.ศ. 2566 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการปรับปรุงโรงงานเพื่อลดอันตรายจากฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ มาตรการในการปรับปรุงคุณภาพอากาศของสารฟอร์มัลดีไฮด์ดำเนินการตามแนวทางของกรมควบคุมโรคเสนอแนะ ได้แก่ การควบคุมที่แหล่งกำเนิดของการเกิดมลพิษในพื้นที่ปฏิบัติงาน การปรับปรุงพัฒนาระบบระบายอากาศและการติดตั้งเครื่องฟอกอากาศ (กรมควบคุมโรค, 2561) ได้ผลการศึกษา ดังนี้

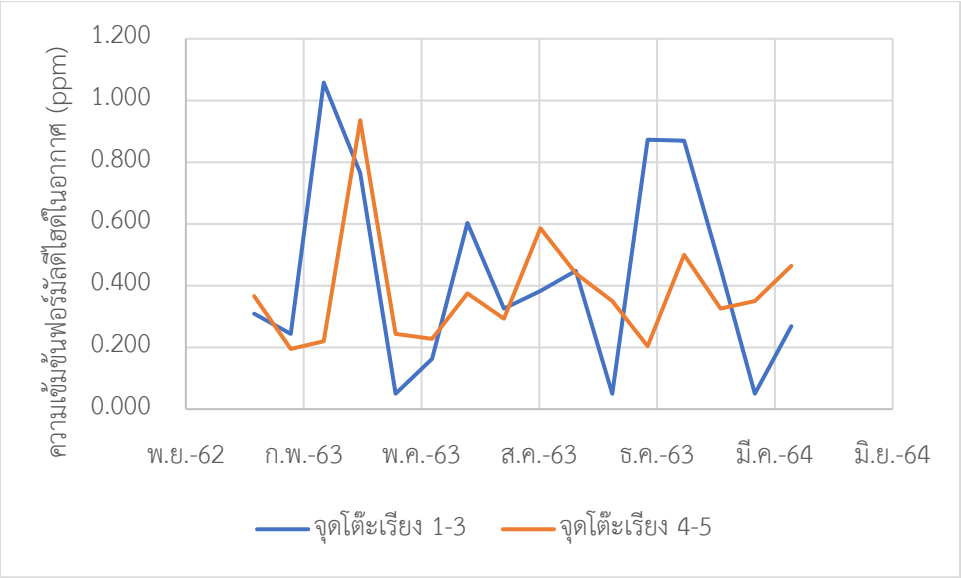
4.1 ผลการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศของโรงงานผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์

4.1.1 ผลการตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายเดือน

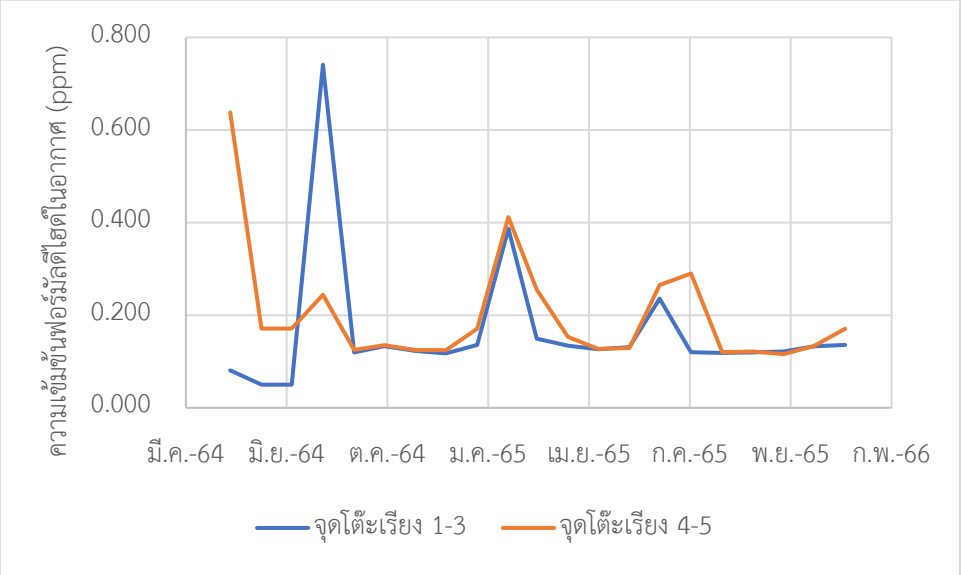
การเก็บคุณภาพอากาศภายในอาคารแบบรายเดือนดำเนินการตรวจวัดบริเวณพื้นที่ห้องจัดเรียงกระดาษที่โต๊ะประกอบกระดาษที่ 1-3 และโต๊ะประกอบกระดาษที่ 4-5 ตามมาตรฐาน NIOSH Method 2541 (NIOSH, 1994) โดยดำเนินการตรวจวัดตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศก่อนปรับปรุงคุณภาพอากาศทั้งหมด 16 ตัวอย่าง จาก 16 เดือน ช่วงระหว่าง มกราคม พ.ศ. 2563 ถึง เมษายน พ.ศ. 2564 และหลังการปรับปรุงคุณภาพอากาศ ทั้งหมด 21 ตัวอย่าง จาก 21 เดือน ช่วงระหว่าง พฤษภาคม พ.ศ. 2564 ถึง มกราคม พ.ศ. 2566 ดังตารางที่ 4.1 และค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายเดือนก่อนและหลังปรับปรุงดังรูปที่ 4.1 และ รูปที่ 4.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายเดือน

การตรวจวัด		**ปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ (ppm)**	
		ก่อนปรับปรุงคุณภาพอากาศ	**หลังก่อนปรับปรุงคุณภาพอากาศ**
โต๊ะประกอบกระดาษที่ 1-3	ค่าตรวจวัด	0.050-1.058	0.050-0.741
	ค่าเฉลี่ย	0.432 ± 0.318	0.165 ± 0.069
โต๊ะประกอบกระดาษที่ 4-5	ค่าตรวจวัด	0.195-0.936	0.117-0.663
	ค่าเฉลี่ย	0.380 ± 0.186	0.200± 0.084



รูปที่ 4.1 ฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายเดือนก่อนการปรับปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศ



รูปที่ 4.2 ฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายเดือนหลังการปรับปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศ

จากผลการตรวจวัดรายเดือน พบว่า ที่ตำแหน่งจุดโต๊ะประกอบกระดาษ 1-3 ก่อนการปรับปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายเดือนอยู่ระหว่าง 0.050-1.058 ppm มีค่าเฉลี่ยรายเดือนอยู่ที่ 0.432 ppm ซึ่งมีค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์เฉลี่ยตลอดระยะเวลาทำงานปกติ 8 ชั่วโมงสูงเกินกว่าการกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงานกำหนดที่

0.750 ppm ในบางเดือน แต่ขีดจำกัดความเข้มข้นสำหรับการสัมผัสในระยะเวลาสั้น ๆ ยังอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดที่ 15 นาทีไม่เกิน 2 ppm (กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, 2560) ภายหลังการปรับปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศ ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายเดือนมีค่าลดลง โดยความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายเดือนเฉลี่ยลดลง 0.267 ppm คิดเป็นร้อยละ 61.82 ผลการตรวจวัดมีค่าอยู่ระหว่าง 0.050-0.741 ppm มีค่าเฉลี่ยรายเดือนอยู่ที่ 0.165 ppm ซึ่งความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์เฉลี่ยตลอดระยะเวลาทำงานปกติ 8 ชั่วโมงและขีดจำกัดความเข้มข้นสำหรับการสัมผัสในระยะเวลาสั้นอยู่ในเกณฑ์ของกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงานกำหนด

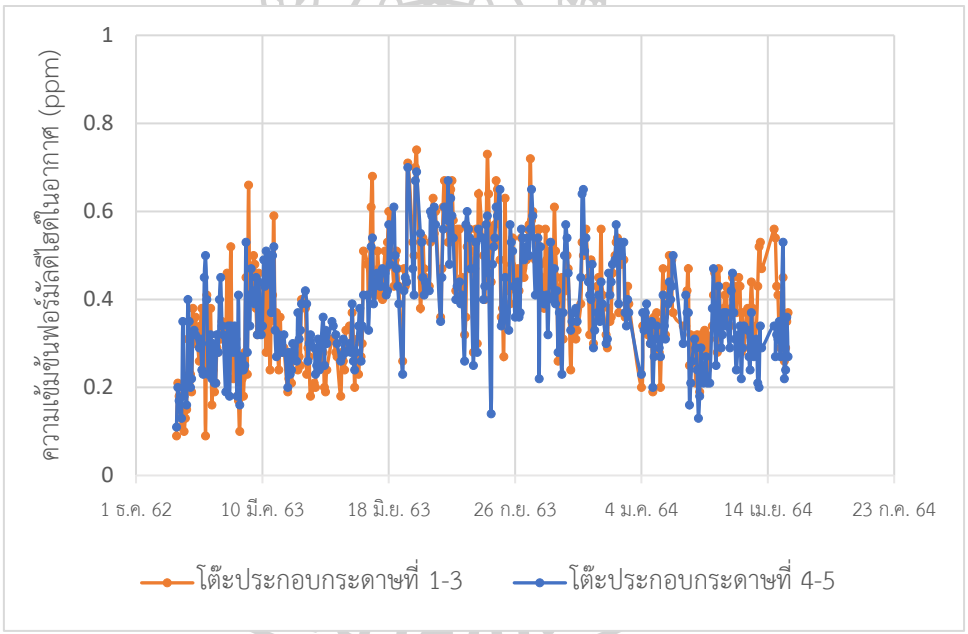
ในขณะที่ตำแหน่งจุดโต๊ะประกอบกระดาษ 4-5 มีปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์คล้ายคลึงกับตำแหน่งจุดโต๊ะประกอบกระดาษ 1-3 แต่มีค่าสูงกว่าเล็กน้อย ก่อนการปรับปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายเดือนอยู่ระหว่าง 0.195-0.936 ppm มีค่าเฉลี่ยรายเดือนอยู่ที่ 0.380 ppm ซึ่งมีค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์เฉลี่ยตลอดระยะเวลาทำงานปกติ 8 ชั่วโมงสูงเกินกว่าการกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงานกำหนดที่ 0.750 ppm ในบางเดือน แต่ขีดจำกัดความเข้มข้นสำหรับการสัมผัสในระยะเวลาสั้น ๆ ยังอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ภายหลังการปรับปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศ ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายเดือนมีค่าลดลง โดยความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายเดือนเฉลี่ยลดลง 0.180 ppm คิดเป็นร้อยละ 47.37 ผลการตรวจวัดมีค่าอยู่ระหว่าง 0.116-0.638 ppm มีค่าเฉลี่ยรายเดือนอยู่ที่ 0.200 ppm ซึ่งความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์เฉลี่ยตลอดระยะเวลาทำงานปกติ 8 ชั่วโมงและขีดจำกัดความเข้มข้นสำหรับการสัมผัสในระยะเวลาสั้นอยู่ในเกณฑ์ของกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงานกำหนด

4.1.2 ผลการตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายวัน

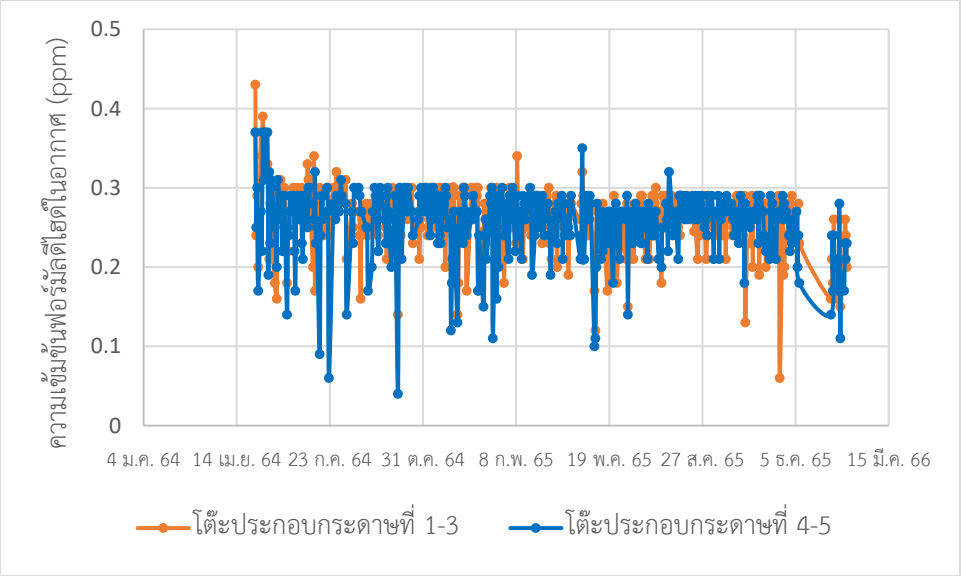
การเก็บคุณภาพอากาศภายในอาคารแบบรายวันดำเนินการตรวจวัดบริเวณพื้นที่ห้องประกอบกระดาษที่โต๊ะจัดประกอบกระดาษที่ 1-3 และโต๊ะประกอบกระดาษที่ 4-5 โดยดำเนินการตรวจวัดตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศก่อนการปรับปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศจำนวน 372 วันในระหว่าง 2 มกราคม พ.ศ. 2563 ถึง 30 เมษายน พ.ศ. 2564 และตรวจวัดตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศหลังการปรับปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศจำนวน 389 วัน ในระหว่าง 4 พฤษภาคม พ.ศ. 2564 ถึง 29 มกราคม พ.ศ. 2566 ดังตารางที่ 4.2 และค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายรายวันก่อนและหลังปรับปรุงดังรูปที่ 4.3 และ รูปที่ 4.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 ค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายวัน

การตรวจวัด		ปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ (ppm)	
		ก่อนปรับปรุงคุณภาพอากาศ	หลังก่อนปรับปรุงคุณภาพอากาศ
โต๊ะประกอบกระดาษที่ 1-3	ค่าตรวจวัด	0.090-0.740	0.041-0.430
	ค่าเฉลี่ย	0.391 ± 0.128	0.258 ± 0.041
โต๊ะประกอบกระดาษที่ 4-5	ค่าตรวจวัด	0.110-0.700	0.040-0.370
	ค่าเฉลี่ย	0.378 ± 0.118	0.255± 0.044



รูปที่ 4.3 ฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายวันก่อนการปรับปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศ



รูปที่ 4.4 ฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายวันหลังการปรับปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศ

ผลการตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายวันเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายเดือนมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย โดยก่อนการปรับปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศที่ตำแหน่งจุดโต๊ะประกอบกระดาษ 1-3 และที่ตำแหน่งจุดโต๊ะประกอบกระดาษ 4-5 พบว่า มีค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์เฉลี่ยตลอดระยะเวลาทำงานปกติ 8 ชั่วโมงสูงไม่เกินกว่าการกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงานกำหนดที่ 0.750 ppm และขีดจำกัดความเข้มข้นสำหรับการสัมผัสในระยะเวลาสั้น ๆ ยังอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดที่ 15 นาทีไม่เกิน 2 ppm ภายหลังการปรับปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศสามารถควบคุมปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศให้น้อยกว่า 0.300 ppm ตามเป้าหมายที่วางไว้ โดยช่วงต้นเดือนพฤษภาคมที่มีค่าสูงกว่า 0.300 ppm เนื่องจากการปรับปรุงยังไม่แล้วเสร็จทั้งระบบตามมาตรการที่ตั้งไว้แต่เมื่อระบบปรับปรุงสมบูรณ์สามารถควบคุมให้ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศลดลงน้อยกว่า 0.300 ppm

ที่ตำแหน่งจุดโต๊ะประกอบกระดาษ 1-3 ก่อนการปรับปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายวันอยู่ระหว่าง 0.090-0.740 ppm มีค่าเฉลี่ยรายวันอยู่ที่ 0.391 ppm ภายหลังการปรับปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศ ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายวันมีค่าลดลง โดยความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายวันเฉลี่ยลดลง 0.132 ppm คิดเป็นร้อยละ 33.89 ผลการตรวจวัดมีค่าอยู่ระหว่าง 0.060-0.430 ppm มีค่าเฉลี่ยรายเดือนอยู่ที่ 0.258 ppm

ในขณะที่ตำแหน่งจุดโต๊ะประกอบกระดาษ 4-5 ก่อนการปรับปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายวันอยู่ระหว่าง 0.110-0.700 ppm มีค่าเฉลี่ยรายวันอยู่ที่ 0.378 ppm ภายหลังการปรับปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศ ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายวันมีค่าลดลง โดยความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายวันเฉลี่ยลดลง 0.123 ppm คิดเป็นร้อยละ 32.45 ผลการตรวจวัดมีค่าอยู่ระหว่าง 0.040-0.370 ppm มีค่าเฉลี่ยรายวันอยู่ที่ 0.255 ppm

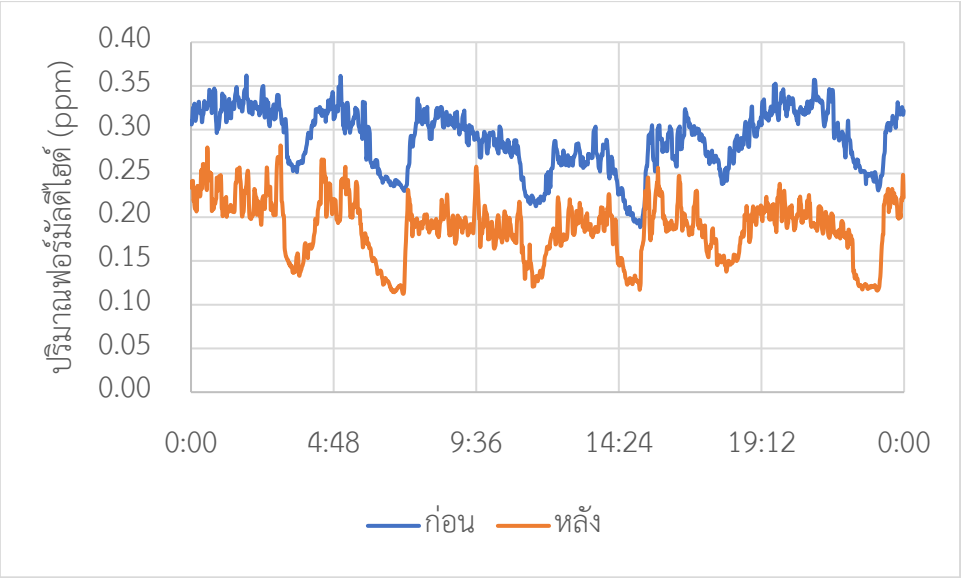
4.1.3 ผลการตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศแบบต่อเนื่อง

การเก็บคุณภาพอากาศภายในอาคารแบบต่อเนื่องดำเนินการตรวจวัดบริเวณพื้นที่ห้องจัดเรียงกระดาษที่โต๊ะประกอบกระดาษที่ 4-5 ในการศึกษาแนวโน้มฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศตรวจวัดค่าทุก 1 นาทีด้วยเครื่อง Mini Wireless IAQ Profile Monitor โดยที่ตรวจวัดตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศก่อนการปรับปรุงคุณภาพอากาศ 53 วัน ระหว่างวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2564 – 30 เมษายน พ.ศ. 2564 และผลตรวจวัดตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศหลังการปรับปรุงคุณภาพอากาศ 129 วัน ระหว่างวันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2564 – 30 กันยายน พ.ศ. 2564 พบว่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศแบบต่อเนื่องมีค่าลดลงระหว่าง 0.113-0.282 ppm มีค่าเฉลี่ยรายนาทีอยู่ที่ 0.187± 0.199 ppm ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศแบบต่อเนื่อง

การตรวจวัด	**ปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ (ppm) (1 มกราคม 2564 – 30 เมษายน 2564)**	
	ก่อนปรับปรุงคุณภาพอากาศ	**หลังก่อนปรับปรุงคุณภาพอากาศ**
ค่าตรวจวัดแบบต่อเนื่อง	0.189-0.362	0.113-0.282
ค่าเฉลี่ยแบบต่อเนื่อง	0.383± 0.153	0.187± 0.199

จากการเปรียบเทียบผลการตรวจวัดความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในพื้นที่ปฏิบัติงาน ก่อนและหลังการปรับปรุงควบคุมคุณภาพอากาศ พบว่าหลังการปรับปรุงค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในพื้นที่ปฏิบัติงานเฉลี่ยรายนาทีลดลง ร้อยละ 35 แสดงได้ดังรูปที่ 4.5 ซึ่งสามารถควบคุมปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศของโรงงานผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์ไม่เกิน 0.300 ppm ตามมาตรฐาน ACGIH (ACGIH,2016)



รูปที่ 4.5 ฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศแบบต่อเนื่องก่อนและหลังการปรับปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศ

จากรูปที่ 3.23 ที่ตำแหน่งจุดโต๊ะประกอบกระดาษ 4-5 ก่อนการปรับปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศแบบต่อเนื่องเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.189-0.362 ppm มีค่าเฉลี่ยรายนาทีอยู่ที่ 0.288 ppm ภายหลังการปรับปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศแบบต่อเนื่องมีค่าลดลงดังผลตรวจวัดปริมาณฟอร์มันดีไฮด์รายวันและรายเดือน โดยความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศแบบต่อเฉลี่ยลดลง 0.101 ppm คิดเป็นร้อยละ 35.11 ผลการตรวจวัดมีค่าอยู่ระหว่าง 0.113-0.282 ppm มีค่าเฉลี่ยรายนาทีอยู่ที่ 0.187 ppm

การปรับปรุงคุณภาพอากาศของสารฟอร์มัลดีไฮด์ดำเนินการตามแนวทางของกรมควบคุมโรคเสนอแนะ ได้แก่ การควบคุมที่แหล่งกำเนิดของการเกิดมลพิษในพื้นที่ปฏิบัติงาน การปรับปรุงพัฒนาระบบระบายอากาศและการติดตั้งเครื่องฟอกอากาศช่วยลดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศได้ประมาณร้อยละ 34.00 สามารถควบคุมคุณภาพอากาศได้น้อยกว่า 0.300 ppm สอดคล้องกับการศึกษาของลิขิต ศรีประเสริฐสุข (2540) ที่ศึกษาฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศภายในห้องดองสัตว์ห้องพิพิธภัณฑสถานธรรมชาติวิทยาและห้องเก็บสารเคมี ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยซึ่งมีค่าฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศภายในอาคารต่ำกว่ามาตรฐานความเข้มข้นสูงสุดที่ 30 นาที โดยที่อิทธิพลของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ไม่ส่งผลต่อฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศภายในอย่างมีนัยยะ เมื่อติดตั้งพัดลมระบายอากาศมีส่วนช่วยลดฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศภายในอาคารประมาณร้อยละ 30 เป็นแนวทาง

เช่นเดียวกันกับการอ้างอิงงานวิจัยที่ผ่านมาของธนาวุฒิ สุราษฎณ์ (2561) พบว่า เฟอร์นิเจอร์เครื่องไม้ เป็นแหล่งที่ปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์ออกมาสู่บรรยากาศภายในอาคารที่สำคัญ เมื่ออุณหภูมิห้องสูงเกิน 26 °C ปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์จะเพิ่มสูงขึ้น ประกอบกับในพื้นที่ไม่มีระบบระบายอากาศ ปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์จะเพิ่มสูงขึ้นด้วย ในขณะที่เมื่อเปิดหน้าต่างระบายอากาศออกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์จะลดลงอยู่ในระดับมาตรฐานกำหนด และสอดคล้องกับการศึกษาของ Ogawaและคณะ (2019) ที่ได้ศึกษาแนวทางการลดความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในห้องปฏิบัติการในโรงพยาบาลขนาดพื้นที่ 45 ตารางเมตร โดยดำเนินการติดตั้งจุดตรวจวัด 5 ตำแหน่ง พบว่า ภายหลังการติดตั้งเครื่องระบายอากาศและการควบคุมพฤติกรรมของผู้ใช้งาน ปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศลดลงเฉลี่ยที่ 0.052 ppm คิดเป็นร้อยละ 42.53

4.2 ผลการวิเคราะห์ผลทางสถิติปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ

เมื่อนำผลการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศของโรงงานผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์ในพื้นที่จัดประกอบกระดาษ 2 ตำแหน่ง ได้แก่ พื้นที่จุดโต๊ะประกอบกระดาษ 1-3 และจุดโต๊ะประกอบกระดาษ 4-5 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการปรับปรุงโรงงานเพื่อลดอันตรายจากฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ ตามมาตรการในการปรับปรุงคุณภาพอากาศของสารฟอร์มัลดีไฮด์ดำเนินการตามแนวทางของกรมควบคุมโรคเสนอแนะ ได้แก่ การควบคุมที่แหล่งกำเนิดของการเกิดมลพิษในพื้นที่ปฏิบัติงาน ควบคู่กับการปรับปรุงพัฒนาระบบระบายอากาศและการติดตั้งเครื่องฟอกอากาศ โดยใช้โปรแกรม SPSS ได้ผลดังนี้

4.2.1 ผลเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์

จากการเก็บตัวอย่างในอากาศก่อนและหลังปรับการปรุงการควบคุมคุณภาพอากาศแบบรายเดือนสามารถเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าสถิติพื้นฐานปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศก่อนและหลังปรับการปรุงการควบคุมคุณภาพอากาศ แบบรายเดือน

มาตรการควบคุม	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ก่อน	32	0.406	0.258	0.046
หลัง	42	0.182	0.137	0.021

จำนวนตัวอย่างความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์แบบรายเดือนในอากาศก่อนการปรับปรุงการควบคุมคุณภาพอากาศ จำนวน 32 ตัวอย่าง จำนวนตัวอย่างความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศหลังการปรับปรุงการควบคุมคุณภาพอากาศ 42 ตัวอย่าง ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศก่อน

การปรับปรุงการควบคุมคุณภาพอากาศมีค่าเฉลี่ยที่ 0.406 ppm มีค่าเบี่ยงมาตรฐาน 0.258 และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยที่ 0.046 ในขณะที่ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศหลังการปรับปรุงการควบคุมคุณภาพอากาศมีค่าเฉลี่ยที่ 0.182 ppm มีค่าเบี่ยงมาตรฐาน 0.137 และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยที่ 0.021 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยก่อนและหลังการควบคุมคุณภาพอากาศค่อนข้างแตกต่างกัน โดยก่อนการปรับปรุงมีค่าเฉลี่ยของฟอร์มัลดีไฮด์สูงกว่าหลังการปรับปรุงการควบคุมคุณภาพอากาศ 0.224 ppm คิดเป็นร้อยละ 55.08

ตารางที่ 4.5 ค่าสถิติทดสอบปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศก่อนและหลังปรับปรุงการควบคุมคุณภาพอากาศแบบรายเดือน

มาตรการควบคุม	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
ก่อน	0.161	32	0.034	0.907	32	0.010
หลัง	0.319	42	0.000	0.626	42	0.000

หมายเหตุ : a. Lilliefors Significance Correction

เมื่อนำข้อมูลมาทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตรวจสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูลก่อนและหลัง แสดงดังตารางที่ 4.5 พบว่า การกระจายตัวของ Kolmogorov-Smirnov หรือ Lilliefors Significance Correction มีค่าลักษณะการกระจายตัวของค่าคลาดเคลื่อนค่าก่อนอยู่ที่ 0.161 และค่าคลาดเคลื่อนค่าหลังอยู่ที่ 0.319 ในขณะที่ผลการกระจายตัวของ Shapiro-Wilk มีค่าลักษณะการกระจายตัวของค่าคลาดเคลื่อนค่าก่อนอยู่ที่ 0.907 และค่าคลาดเคลื่อนค่าหลังอยู่ที่ 0.626 ซึ่งค่าการกระจายตัวก่อนการปรับปรุงการควบคุมคุณภาพากาศมีค่า p-valueน้อยกว่า 0.05 ดังนั้นข้อมูลที่ได้มาไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ จึงไม่ควรทดสอบความแตกต่างด้วย Independent t test จะต้องใช้สถิติแบบนอนพาราเมตริกในการทดสอบ จึงทดสอบด้วยสถิติแบบนอนพาราเมตริกของ Mann-Whitney โดยผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลทดสอบทางสถิติแบบนอนพาราเมตริกของ Mann-Whitney

Test Statics[a]	ฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ
Mann-Whitney U	242.000
Wilcoxon W	1,145.000
Z	-4.693
Asymp. Sig. (2-tailed)	0.000

หมายเหตุ : a. Grouping Variable: status

จากตารางที่ 4.6 พบว่า ค่าสถิติ Mann-Whitney U Test มีค่า 242.000 และพิจารณาที่ค่า Asymp. Sig. (2-tailed) มีค่า 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า p-value ที่ 0.05 ดังนั้นสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยของฟอร์มัลดีไฮด์ก่อนและหลังกระบวนการ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยสามารถสรุปได้ว่าภายหลังจากการปรังปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศ ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติในการเก็บตัวอย่างแบบต่อเนื่อง ด้วยโปรแกรม SPSS version 23 โดยสถิติ paired sample t-test พบว่าค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ก่อนและหลังการปรับปรุงการควบคุมคุณภาพอากาศ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับสูงที่ระดับ 0.01 กล่าวคือค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์หลังการปรับปรุงควบคุมคุณภาพอากาศต่ำกว่าค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ก่อนการปรับปรุงระบบควบคุมคุณภาพอากาศอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 4.7 ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการเปรียบทียบผลทางสถิติจากการเก็บตัวอย่างแบบรายเดือน

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ก่อนและหลังการปรับปรุงควบคุมคุณภาพอากาศด้วยค่าสถิติ t-test

ค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ยของความต่าง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต่าง	t	P
ก่อน	0.383 ± 0.153	0.01	0.27	10.05	<0.001
หลัง	0.187 ± 0.199				

4.2.2 เปรียบเทียบผลตามฤดูกาล

ในการศึกษาปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศตามฤดูด้วยวิธีการทางสถิติ แบ่งผลการศึกษาออกเป็น 3 ฤดูโดยใช้ข้อมูลรายวัน แบ่งออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่

(1) ฤดูร้อน ในช่วงเดือน 16 กุมภาพันธ์ ถึง 15 พฤษภาคม

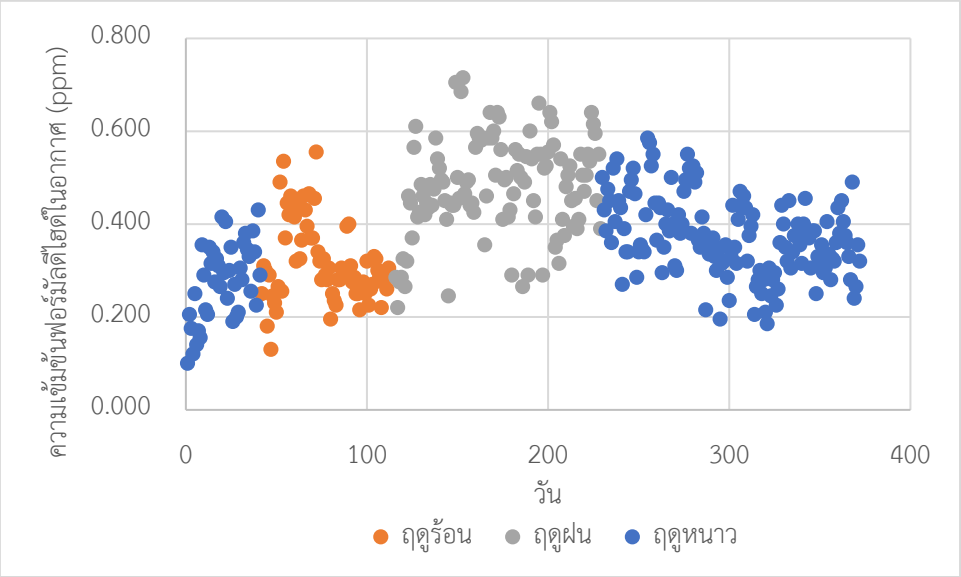
(2) ฤดูฝน ในช่วงเดือน 16 พฤษภาคม ถึง 15 ตุลาคม

(3) ฤดูหนาว ในช่วงเดือน 16 ตุลาคม ถึง 15 กุมภาพันธ์

ดำเนินการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างฤดู โดยแยกวิเคราะห์ก่อนและหลังการปรับปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศภายในพื้นที่โรงงาน โดยใช้ สถิติ Kruskal Wallis เนื่องจาก

กลุ่มตัวอย่างมีประชากรขนาดใหญ่และเป็นตัวอย่าง 3 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกันแต่ไม่จำเป็นต้องมีประชากรเท่ากัน มีผลการวิเคราะห์ ดังนี้

4.2.2.1 ผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายวันก่อนการปรับปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศภายในพื้นที่โรงงาน แสดงดังรูปที่ 4.3 และภาคผนวก ก โดยรูปที่ 4.6 แสดงผลตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายวันก่อนการปรับปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศภายในพื้นที่โรงงานเฉลี่ยตามลำดับวันที่ตรวจวัดในแต่ละฤดูกาล



รูปที่ 4.6 ฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายวันก่อนการปรับปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศตามฤดูกาล

ตารางที่ 4.8 ค่าสถิติพื้นฐานปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศก่อนปรับการปรุงการควบคุมคุณภาพอากาศตามฤดูกาล

ฤดู	Mean (ppm)	N (วัน)	Std. Deviation
ร้อน	0.326	126	0.079
ฝน	0.477	117	0.107
หนาว	0.358	129	0.102
รวม	0.384	372	0.116

จากตารางที่ 4.8 แสดงถึงจำนวนตัวอย่างความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศก่อนการปรับปรุงการควบคุมคุณภาพอากาศ จำนวน 372 ตัวอย่าง แบ่งออกเป็นฤดูร้อน 126

ตัวอย่าง ฤดูฝน 117 ตัวอย่างและฤดูหนาว 129 ตัวอย่าง ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศก่อนการปรับปรุงการควบคุมคุณภาพอากาศมีค่าเฉลี่ยที่ 0.384 ppm มีค่าเบี่ยงมาตรฐาน 0.116 ฤดูฝนมีค่าเฉลี่ยปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศมากที่สุดที่ 0.477 ppm มีค่าเบี่ยงมาตรฐาน 0.107 ในขณะที่ฤดูร้อนมีค่าเฉลี่ยปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศมากที่สุดที่ 0.326 ppm มีค่าเบี่ยงมาตรฐาน 0.079 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยฤดูฝนและฤดูร้อนค่อนข้างแตกต่างกัน โดยฤดูฝนมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าฤดูร้อน 0.151 ppm คิดเป็นร้อยละ 31.61

ตารางที่ 4.9 ค่าสถิติทดสอบปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศก่อนปรับการปรุงการควบคุมคุณภาพอากาศตามฤดูกาล

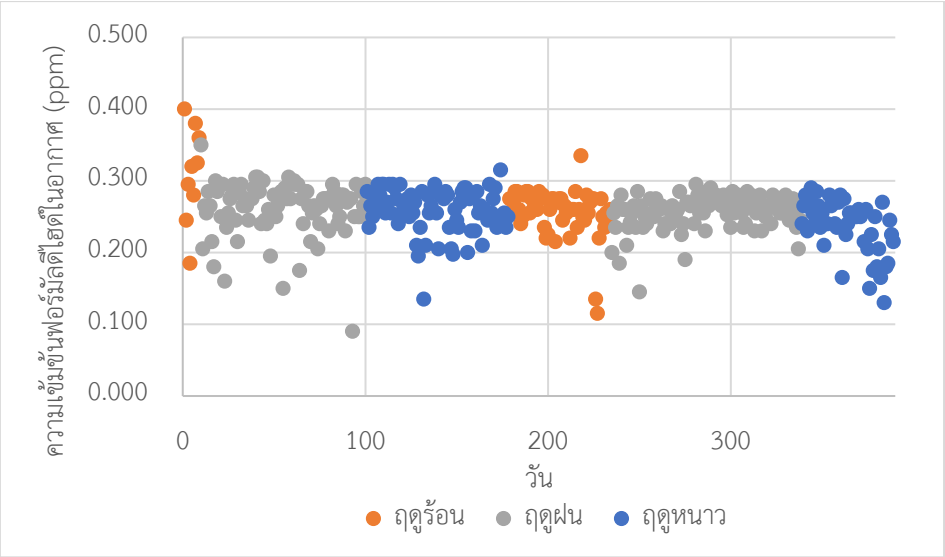
Test Statistics[a,b]	ฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ
Chi-Square	108.763
df	2
Asymp. Sig.	0.001

หมายเหตุ : a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: season

จากตารางที่ 4.9 พบว่า ค่าสถิติ Kruskal Wallis Test มีค่า Chi-Square 108.763 และพิจารณาที่ค่า Asymp. Sig. มีค่า 0.001 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า p-value ที่ 0.05 ดังนั้นสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศแต่ละฤดูก่อนการปรับปรุงการควบคุมคุณภาพอากาศ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยฤดูฝนมีค่ามากที่สุด

4.2.2.2 ผลการตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายวันหลังการปรับปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศภายในพื้นที่โรงงาน แสดงดังรูปที่ 4.4 และภาคผนวก ก โดยรูปที่ 4.7 แสดงผลตรวจวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายวันหลังการปรับปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศภายในพื้นที่โรงงานเฉลี่ยตามลำดับวันที่ตรวจวัดในแต่ละฤดูกาล



รูปที่ 4.7 ฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศรายวันหลังการปรับปรุงมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศภายในอาคารตามฤดูกาล

ตารางที่ 4.10 ค่าสถิติพื้นฐานปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศหลังปรับการปรุงการควบคุมคุณภาพอากาศตามฤดูกาล

ฤดู	Mean (ppm)	N (วัน)	Std. Deviation
ร้อน	0.264	65	0.043
ฝน	0.259	195	0.031
หนาว	0.250	129	0.035
รวม	0.257	389	0.035

จากตารางที่ 4.10 แสดงถึงจำนวนตัวอย่างความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศหลังการปรับปรุงการควบคุมคุณภาพอากาศ จำนวน 389 ตัวอย่าง แบ่งออกเป็นฤดูร้อน 65 ตัวอย่าง ฤดูฝน 195 ตัวอย่างและฤดูหนาว 129 ตัวอย่าง ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศหลังการปรับปรุงการควบคุมคุณภาพอากาศมีค่าเฉลี่ยที่ 0.257 ppm มีค่าเบี่ยงมาตรฐาน 0.035 โดยฤดูร้อนมีค่าเฉลี่ยปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศมากที่สุดที่ 0.264 ppm มีค่าเบี่ยงมาตรฐาน 0.043 ในขณะที่ฤดูหนาวมีค่าเฉลี่ยปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศน้อยที่สุดที่ 0.250 ppm มีค่าเบี่ยงมาตรฐาน 0.035 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละฤดูมีค่าแตกต่างกันน้อยมาก

ตารางที่ 4.11 ค่าสถิติทดสอบปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศหลังปรับการปรุงการควบคุมคุณภาพอากาศตามฤดูกาล

Test Statistics[a,b]	ฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ
Chi-Square	5.744
df	2
Asymp. Sig.	0.057

หมายเหตุ : a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: season

จากตารางที่ 4.11 พบว่า ค่าสถิติ Kruskal Wallis Test มีค่า Chi-Square 5.744 และพิจารณาที่ค่า Asymp. Sig. มีค่า 0.057 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า p-value ที่ 0.05 ดังนั้นสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศแต่ละฤดูหลังการปรับปรุงการควบคุมคุณภาพอากาศ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยฤดูร้อนมีค่ามากที่สุด แต่ข้อมูลฤดูร้อน 9 วันแรกเป็นช่วงที่อยู่ระหว่างดำเนินการปรับปรุงจึงส่งผลให้มีค่าสูง ในภายหลังฤดูร้อนไม่มีความแตกต่างระหว่างฤดูกาลอื่น เพราะจากแนวโน้มผลตรวจวัดค่อนข้างคงที่ไม่มีแนวโน้มการเพิ่มหรือลดลงตามฤดูกาล

ในการตรวจวัดปริมาณของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศตามฤดูกาลภายในห้องประกอบกระดาษ พบว่า ปริมาณของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศฤดูฝนมากกว่าฤดูหนาวและฤดูร้อนตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของมัทนา เภอเกลี้ยง (2560) ศึกษาความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์ของคนงานโรงงานผลิตไม้เอ็มดีเอฟ พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศเฉลี่ยส่วนบุคคลในช่วงฤดูร้อน (ความเข้มข้นสูงสุดที่ 0.33 ppm) มีค่าน้อยกว่าช่วงฤดูฝน (ความเข้มข้นสูงสุดที่ 0.53 ppm) อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของลิขิต ศรีประเสริฐสุข (2540) ได้อ้างอิงงานวิจัยของ Winberry et al. ในปี ค.ศ.1993 ที่พบว่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีผลต่อความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ภายในห้องโดยเมื่ออุณหภูมิและความชื้นเพิ่มมากขึ้นจะมีการระเหยมากขึ้น ในฤดูร้อนจะมีค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์สูงกว่าในฤดูหนาว และงานวิจัยของ Khoder et al. (2000) ที่ศึกษาความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอาคารที่พักอาศัย 7 แห่งในกรุงไคโร ที่ในช่วงฤดูร้อนมีความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์สูงขึ้นร้อยละ 53 จากช่วงฤดูใบไม้ผลิ แต่ภายหลังจากการปรับปรุงการควบคุมคุณภาพอากาศที่มีลักษณะพื้นที่ปิดมากขึ้นเพื่อควบคุมปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศลดลง แม้ว่ามีการเปลี่ยนฤดูกาลปริมาณของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศยังคงมีค่าคงที่

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาแนวทางการลดการปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์จากกระบวนการผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์ ดำเนินการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่บริเวณ พื้นที่จุดโต๊ะประกอบกระดาษ 1-3 และจุดโต๊ะประกอบกระดาษ 4-5 ตั้งแต่ 2 มกราคม พ.ศ. 2563 ถึง 29 มกราคม พ.ศ. 2566 โดยปรับปรุงคุณภาพอากาศของสารฟอร์มัลดีไฮด์ดำเนินการตามแนวทางของกรมควบคุมโรคเสนอแนะ ได้แก่ การควบคุมที่แหล่งกำเนิดของการเกิดมลพิษในพื้นที่ปฏิบัติงาน การปรับปรุงพัฒนาระบบระบายอากาศและการติดตั้งเครื่องฟอกอากาศ มีผลสรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะงานวิจัย ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ผลการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศของโรงงานผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์แบบรายเดือน รายวันและแบบต่อเนื่องเป็นไปในทิศทางเดียวกันทั้งพื้นที่จุดโต๊ะประกอบกระดาษ 1-3 และจุดโต๊ะประกอบกระดาษ 4-5 แสดงดังตารางที่ 5.1 ซึ่งสามารถควบคุมปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศของโรงงานผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์ให้อยู่ในระดับไม่เกิน 0.300 ppm

ตารางที่ 5.1 สรุปผลการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศของโรงงานผลิตวัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์

การตรวจวัด	ปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ (ppm)	
	ก่อนปรับปรุงคุณภาพอากาศ	หลังก่อนปรับปรุงคุณภาพอากาศ
ค่าตรวจวัดรายเดือน	0.050-1.058	0.050-0.741
ค่าเฉลี่ยรายเดือน	0.406	0.182
ค่าตรวจวัดรายวัน	0.100-0.715	0.090-0.400
ค่าเฉลี่ยรายวัน	0.384	0.257
ค่าตรวจวัดแบบต่อเนื่อง	0.000-1.733	0.000-5.544
ค่าเฉลี่ยแบบต่อเนื่อง	0.288	0.187

5.1.2 การปรับปรุงคุณภาพอากาศของสารฟอร์มัลดีไฮด์ดำเนินการตามแนวทางของกรมควบคุมโรคเสนอแนะ ได้แก่ การควบคุมที่แหล่งกำเนิดของการเกิดมลพิษในพื้นที่ปฏิบัติงาน การปรับปรุงพัฒนาระบบระบายอากาศและการติดตั้งเครื่องฟอกอากาศช่วยลดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศได้ประมาณร้อยละ 34.00 สามารถควบคุมคุณภาพอากาศภายในอาคารได้น้อยกว่า 0.300 ppm ข้อมูลที่ได้มาไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติต้องทดสอบด้วยสถิติแบบนอนพาราเมตริกของ Mann-Whitney ค่าเฉลี่ยของฟอร์มัลดีไฮด์ก่อนและหลังกระบวนการ ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

5.1.3 ปริมาณของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศก่อนการปรับปรุงการควบคุมคุณภาพอากาศฤดูฝนมีมากที่สุด รองลงมาคือฤดูหนาวและฤดูร้อนมีค่าเฉลี่ยรายวันที่ 0.477 ppm, 0.358 ppm และ 0.326 ppm ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศแต่ละฤดูก่อนการปรับปรุงการควบคุมคุณภาพอากาศ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

5.1.4 ปริมาณของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศหลังการปรับปรุงการควบคุมคุณภาพอากาศฤดูร้อนมีมากที่สุด รองลงมาคือฤดูฝนและฤดูหนาวมีค่าเฉลี่ยรายวันที่ 0.264 ppm, 0.259 ppm และ 0.250 ppm ตามลำดับ หากมีการเก็บข้อมูลต่อมาอีกปีอาจไม่มีความแตกต่างระหว่างฤดูกาล เพราะจากแนวโน้มผลตรวจวัดค่อนข้างคงที่ไม่มีแนวโน้มการเพิ่มหรือลดลงตามฤดูกาลเนื่องจากผลตรวจวัดของฤดูร้อนเป็นช่วงที่อยู่ระหว่างดำเนินการปรับปรุงจึงส่งผลให้มีค่าสูง ค่าเฉลี่ยของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศแต่ละฤดูหลังการปรับปรุงการควบคุมคุณภาพอากาศ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การประเมินการปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์ควรมีการประเมินต่อในระยะยาวเพื่อให้แสดงถึงสภาพแวดล้อมในการทำงานที่คงที่

5.2.2 ควรศึกษาเพิ่มเติมในการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากสารฟอร์มัลดีไฮด์เข้าสู่ร่างกายผ่านระบบการหายใจเพื่อเป็นการเฝ้าระวังสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน เช่น การตรวจทางพยาธิวิทยา การศึกษาสมรรถภาพปอดและการก่อมะเร็ง เป็นต้น

5.2.3 ควรศึกษาข้อมูลการรับสัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมสุขภาพเพื่อเป็นแนวทางในการหาแนวทางป้องกันและติดตามสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน

5.2.4 แม้ว่าปัจจุบันโรงงานได้รับการแก้ไขแล้ว ผู้ประกอบการควรมีการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาสูตรโครงสร้างหรือส่วนผสมของวัตถุดิบที่มีส่วนประกอบของสารฟอร์มัลดีไฮด์ให้มีปริมาณลดลงเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่ต้นเหตุอย่างแท้จริง

รายการอ้างอิง

กฎกระทรวง เรื่อง กำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับสารเคมีอันตราย." (2556). **ราชกิจจานุเบกษา** เล่ม 130**,** ตอนพิเศษ 113ก (29 พฤศจิกายน): 9-19. กระทรวงแรงงาน.

กมลชนก พานิชการ. (2561). **สถิติสำหรับนักวิทยาศาสตร์ชีวภาพ**. นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

กมลวรรณ พรมเทศ, อรวรรณ แก้วบุญชู, กิติพงษ์ หาญเจริญ และธานี โกสุม. (2557). "การประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งของการรับสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์ทางการหายใจในนิสิตแพทย์ระหว่างเรียนภาคปฏิบัติทางกายวิภาค." **วารสารพิษวิทยาไทย สมาคมพิษวิทยาแห่งประเทศไทย**, 29, 1-2: 8-22.

กรมควบคุมมลพิษ. (2541). **ฟอร์มัลดีไฮด์**. กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

กรมควบคุมโรค. (2561). **แนวทางการเฝ้าระวังสุขภาพในสถานประกอบการที่มีการใช้สารฟอร์มัลดีไฮด์สำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุข**. สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข.

กรมควบคุมโรค. (2562). **สรุปรายงานการเฝ้าระวังโรคประจำปี 2562**. กองระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2553). **คู่มือการจัดการสารเคมีอันตรายสูงฟอร์มัลดีไฮด์**. กรมโรงงานอุตสาหกรรม.

กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน. (2565). **สถิติสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน พ.ศ. 2564**. กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน.

ถวิล กลิ่นวิมล, พงศธร ศุภอรรถกร, เทวินทร์ โชติธน ประสิทธิ์, ธนุตม์ ก้วยเจริญพานิชก์, ชลิยา วามะลุน, วิไลลักษณ์ ศรีธัญ รัตน์ และ ศุลีพร แสงกระจ่าง. (2553). "ปัจจัยเสี่ยงของการประกอบอาชีพกับการเกิดมะเร็งโพรงจมูกในจังหวัดอุบลราชธานี." **วารสารพิษวิทยาไทย สมาคมพิษวิทยาแห่งประเทศไทย**, 25, 2: 67-80.

ทัศน์พงษ์ ตันติปัญจพร, วรกมล บุณยโยธิน, สุทธินันท์ ฉันท์ธนกุล และ สุคนธา ศิริ. (2557). อาการทางสุขภาพจากการสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์ของเจ้าหน้าที่ผ่าและรักษาศพในโรงพยาบาลเขตกรุงเทพมหานคร. ใน **เอกสารประกอบการจัดประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 4**, 26-27 พฤศจิกายน 2557.

ธนาวุฒิ สุราษฎณ์. (2561). "อันตรายจากฟอร์มัลดีไฮด์ในสำนักงานและที่พักอาศัย." **วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 12, 2: 130-136.

นินนาท ราชประดิษฐ์, ประยุทธ ภูวรัตนาวิวิธ และธานี โกสุม. (2563). "การปรับปรุงคุณภาพของอากาศช่วงเวลากลางคืนภายในห้องนอนของบ้านพักอาศัยด้วยการระบายอากาศ." **วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**, 14, 11: 106-123.

บังอร ฉางทรัพย์. (2558). "ฟอร์มัลดีไฮด์ / ฟอร์มาลีน ภัยร้ายใกล้ตัว." **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ**, 1, 1: 97-109.

"ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง ขีดจำกัดความเข้มข้นของสารเคมีอันตราย." (2560). **ราชกิจจานุเบกษา** เล่ม 134, ตอนพิเศษ 198ง (3 สิงหาคม): 3.

"ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง บัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย พ.ศ. 2556." (2556). **ราชกิจจานุเบกษา** เล่ม 130, ตอนพิเศษ 125ง (27 กันยายน): 6-7.

ปรีดาภรณ์ ยืนฐานะกุล. (2550). "การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ Microsoft Excel." **วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ**, 10, 2.

มัทนา เภอเกลี้ยง. (2560). "การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์ของคนงานโรงงานผลิตไม้เอ็มดีเอฟ." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ลิขิต ศรีประเสริฐสุข. (2540). "การตรวจวัดฟอร์มันดีไฮด์ในอากาศในอาคารโดยใช้ท่อบรรจุตัวดูดซับชนิดแข็ง." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุจิตรา แดงเรือง. (2554). "การศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงาน จากการรับสัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์กรณีศึกษา อุตสาหกรรมการผลิตวัสดุปิดผิวเคลือบเมลามีน." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยศิลปากร.

Antov, P., Savov, V., and Neykov, N. (2020). **Reduction of Formaldehyde Emission from Engineered Wood Panels by Formaldehyde Scavengers – A Review**. Paper presented at the 13th International Scientific Conference WoodEMA 2020 and 31st International Scientific Conference ICWST 2020.

Atkinson, J. et al. (2009). **Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings**. Geneva: World Health Organization.

Department of Health and Human Services (U.S.). (2007). **NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards, Third printing, Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention**. the United State: National Institute for Occupational Safety and Health.

Department of Labor (U.S.). (2016). **Occupational Safety and Health Standards - Toxic and Hazardous Substances – Formaldehyde, CODE of Federal Regulations, Title** 29**, Labor, Pt.** 1910.

Dunky, M. (2004). "Adhesives Based on Formaldehyde Condensation Resins." **Macromolecular Symposia**, 217, 1: 417-430.

EST Air purifier technology. **Industrial Air Purifier**. Accessed November 7, 2023. Available from https://www.est.co.th/en/products-en/industrial-en.html

Gilbert, N. L., Gauvin, D., Guay, M., Héroux, M. E., Dupuis, G., Legris, M., . . . Lévesque, B. (2006). "Housing Characteristics and Indoor Concentrations of Nitrogen Dioxide and Formaldehyde in Quebec City, Canada." **Environmental Research**, 102, 1: 1-8.

Ho, S. S. H., Cheng, Y., Bai, Y., Ho, K. F., Dai, W. T., Cao, J. J., . . . Guo., W. (2016). "Risk Assessment of Indoor Formaldehyde and Other Carbonyls in Campus Environments in Northwestern China." **Taiwan Association for Aerosol Research, Aerosol and Air Quality Research**, 16, 8: 1967-1980.

Holness, D. L. (1989). "Nethercott JR. Health status of funeral service workers exposed to formaldehyde." **Arch Environ Health**, 44, 4: 222-228.

Jafari, M. J., Rahimi, A., Omidi, L., Behzadi, M. H., and Rajabi., M. H. (2015). "Occupational Exposure and Health Impairments of Formaldehyde on Employees of a Wood Industry." **Health Promot Perspect**, 5, 4: 296–303.

Khoder, M. I., Shakour, A. A., Farag, S. A., and Hameed, A. A. A. (2000). "Indoor and Outdoor Formaldehyde Concentrations in Homes in Residential Areas in Greater Cairo." **Journal of Environmental Monitoring**, 2000, 2: 123-126.

Li, B., Cheng, Z., Yao, R., Wang, H., Yu, W., Bu, Z., . . . Kipen, H. (2019). "An Investigation of Formaldehyde Concentration in Residences and the Development of a Model for the Prediction of Its Emission Rates." **Building and Environment**, 147: 540-550.

Metro Ply Group. **High Pressure Laminate**. Accessed November 17, 2023. Available from https://www.metroply.com/high-pressure-laminate

Monfared, A. L., Jaafari, A., and Sheibani, M. T. (2014). "Histologic and histometric assessments of the potential formaldehyde immunotoxicity in the mice." **Comparative Clinical Pathology**, 23: 529-534.

Offermann, F. J. (2017). "Formaldehyde Emission Rates From Lumber Liquidators Laminate Flooring Manufactured in China." **American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE)**, 59, 3: 102-110.

Ogawa, M., Kabe, I., Terauchi, Y., and Tomaka, S. (2019). "A Strategy for the Reduction of Formaldehyde Concentrations in a Hospital Pathology Laboratory." **Journal of Occupational Health**, 61, 1: 135-142.

Pamonpol, K. T. (2020). "Areerob and K. Prueksakorn. (2020). Indoor Air Quality Improvement by Simple Ventilated Practice and Sansevieria Trifaciata." **Atmosphere**, 11: 271.

PPM Technology Ltd. **PPM Technology Products**. Accessed November 2, 2022. Available from https://www.ppm-technology.com/products.htm

Salem, M. Z. M., and Böhm, M. (2013). "Understanding of Formaldehyde Emissions from Solid Wood: An Overview." **BioResources**, 8, 3: 4775-4790.

Salthammer, T. (2019). "Formaldehyde sources, formaldehyde concentrations and air exchange rates in European housings." **Building and Environment**, 150: 219–232.

Siegel, S. (1956). **Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences**. McGraw-Hill: New York.

The American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). (2016). **TLVs and BEIs. American**. Paper presented at the The American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

The Japan Society for Occupational Health (JSOH). (2018). "Recommendation of Occupational Exposure Limits (2018–2019)." **Journal of Occupational Health**, 60, 5: 419–542.

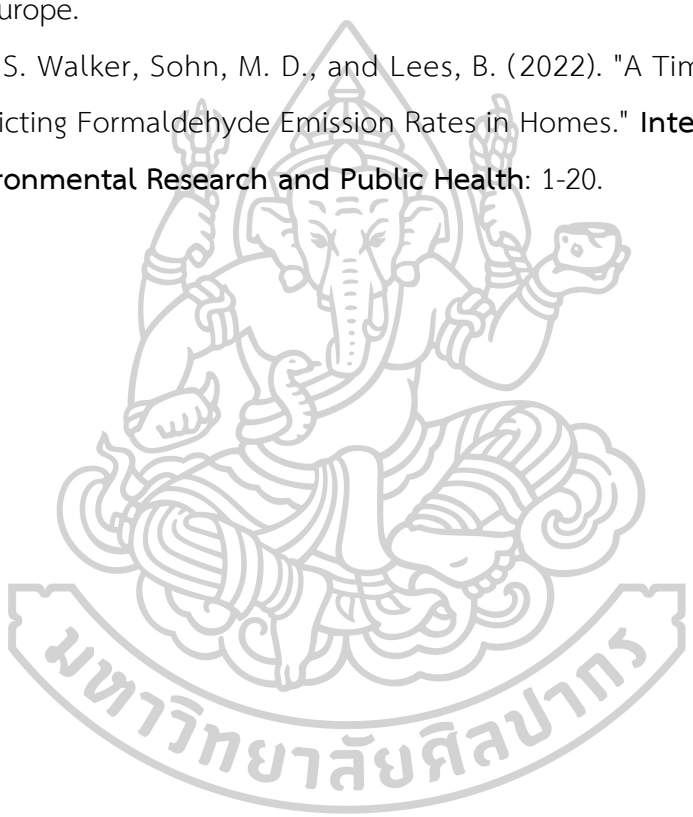
The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). (1994). **NIOSH Manual of Analytical Methods**. 4th ed.

The Safe Work Australia. (2019). Workplace Exposure Standards for Airborne Contaminants. In **The Safe Work Australia**.

Trincado, M., Grützmacher, H., and Prechtl, M. H. G. (2018). "CO_2-based Hydrogen Storage–Hydrogengeneration from Formaldehyde/water." **Physical Sciences Reviews**: 1-19.

World Health Organization (WHO). (2010). **WHO Guidelines for Indoor Air Quality**: **Selected Pollutants**. Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe.

Zhao, H., I. S. Walker, Sohn, M. D., and Lees, B. (2022). "A Time-Varying Model for Predicting Formaldehyde Emission Rates in Homes." **International Journal of Environmental Research and Public Health**: 1-20.



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฟอร์มัลดีไฮด์

ตาราง ก-1 ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์รายเดือนในอากาศก่อนการปรับปรุง

เดือน	ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ (ppm)	
	Combination table 1-3	Combination table 4-5
ม.ค. 2563	0.309	0.366
ก.พ. 2563	0.244	0.195
มี.ค. 2563	1.058	0.220
เม.ย. 2563	0.765	0.936
พ.ค. 2563	0.050	0.244
มิ.ย. 2563	0.163	0.228
ก.ค. 2563	0.603	0.375
ส.ค. 2563	0.326	0.293
ก.ย. 2563	0.383	0.586
ต.ค. 2563	0.448	0.440
พ.ย. 2563	0.050	0.350
ธ.ค. 2563	0.873	0.204
ม.ค. 2564	0.870	0.500
ก.พ. 2564	0.456	0.326
มี.ค. 2564	0.050	0.350
เม.ย. 2564	0.269	0.464

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตาราง ก-2 ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์รายเดือนในอากาศหลังการปรับปรุง

เดือน	ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ (ppm)	
	Combination table 1-3	Combination table 4-5
พ.ค. 2564	0.081	0.638
มิ.ย. 2564	0.050	0.171
ก.ค. 2564	0.050	0.171
ส.ค. 2564	0.741	0.244
ก.ย. 2564	0.120	0.125
ต.ค. 2564	0.133	0.135
พ.ย. 2564	0.123	0.125
ธ.ค. 2564	0.118	0.124
ม.ค. 2565	0.136	0.171
ก.พ. 2565	0.387	0.412
มี.ค. 2565	0.150	0.255
เม.ย. 2565	0.134	0.153
พ.ค. 2565	0.126	0.127
มิ.ย. 2565	0.131	0.129
ก.ค. 2565	0.236	0.265
ส.ค. 2565	0.120	0.290
ก.ย. 2565	0.119	0.120
ต.ค.2565	0.120	0.1217
พ.ย. 2565	0.122	0.116
ธ.ค. 2565	0.133	0.134
ม.ค. 2566	0.136	0.171

ตาราง ก-3 ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์รายวันในอากาศก่อนการปรับปรุง

วัน	โต๊ะประกอบ		วัน	โต๊ะประกอบ		วัน	โต๊ะประกอบ	
	1-3	4-5		1-3	4-5		1-3	4-5
02-ม.ค.-63	0.09	0.11	28-ม.ค.-63	0.30	0.30	20-ก.พ.-63	0.10	0.16
03-ม.ค.-63	0.21	0.20	29-ม.ค.-63	0.38	0.32	21-ก.พ.-63	0.22	0.27
04-ม.ค.-63	0.18	0.17	30-ม.ค.-63	0.16	0.22	22-ก.พ.-63	0.22	0.24
06-ม.ค.-63	0.11	0.13	31-ม.ค.-63	0.24	0.3	23-ก.พ.-63	0.18	0.24
07-ม.ค.-63	0.15	0.35	01-ก.พ.-63	0.19	0.21	24-ก.พ.-63	0.28	0.25
08-ม.ค.-63	0.10	0.18	02-ก.พ.-63	0.21	0.21	25-ก.พ.-63	0.45	0.53
09-ม.ค.-63	0.13	0.21	03-ก.พ.-63	0.29	0.32	26-ก.พ.-63	0.23	0.28
10-ม.ค.-63	0.15	0.16	04-ก.พ.-63	0.28	0.28	27-ก.พ.-63	0.66	0.41
11-ม.ค.-63	0.31	0.40	05-ก.พ.-63	0.32	0.40	28-ก.พ.-63	0.40	0.34
12-ม.ค.-63	0.23	0.35	06-ก.พ.-63	0.31	0.45	01-มี.ค.-63	0.42	0.47
13-ม.ค.-63	0.23	0.20	07-ก.พ.-63	0.35	0.34	02-มี.ค.-63	0.44	0.40
14-ม.ค.-63	0.19	0.22	08-ก.พ.-63	0.34	0.32	03-มี.ค.-63	0.50	0.42
15-ม.ค.-63	0.38	0.32	09-ก.พ.-63	0.32	0.19	04-มี.ค.-63	0.48	0.39
16-ม.ค.-63	0.30	0.33	10-ก.พ.-63	0.46	0.31	05-มี.ค.-63	0.38	0.45
17-ม.ค.-63	0.36	0.32	11-ก.พ.-63	0.34	0.34	06-มี.ค.-63	0.32	0.32
20-ม.ค.-63	0.26	0.29	12-ก.พ.-63	0.27	0.18	07-มี.ค.-63	0.46	0.44
21-ม.ค.-63	0.34	0.31	13-ก.พ.-63	0.52	0.34	09-มี.ค.-63	0.33	0.32
22-ม.ค.-63	0.38	0.24	14-ก.พ.-63	0.28	0.3	10-มี.ค.-63	0.39	0.34
23-ม.ค.-63	0.30	0.23	15-ก.พ.-63	0.22	0.28	11-มี.ค.-63	0.43	0.49
24-ม.ค.-63	0.38	0.45	16-ก.พ.-63	0.28	0.34	12-มี.ค.-63	0.43	0.43
25-ม.ค.-63	0.09	0.50	17-ก.พ.-63	0.31	0.29	13-มี.ค.-63	0.28	0.51
26-ม.ค.-63	0.41	0.40	18-ก.พ.-63	0.18	0.18	14-มี.ค.-63	0.49	0.44
27-ม.ค.-63	0.25	0.23	19-ก.พ.-63	0.17	0.41	16-มี.ค.-63	0.24	0.50

ตาราง ก-3 ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์รายวันในอากาศก่อนการปรับปรุง (ต่อ)

วัน	โต๊ะประกอบ		วัน	โต๊ะประกอบ		วัน	โต๊ะประกอบ	
	1-3	4-5		1-3	4-5		1-3	4-5
17-มี.ค.-63	0.37	0.37	16-เม.ย.-63	0.27	0.30	21-พ.ค.-63	0.31	0.26
18-มี.ค.-63	0.41	0.50	17-เม.ย.-63	0.18	0.32	22-พ.ค.-63	0.20	0.24
19-มี.ค.-63	0.59	0.52	20-เม.ย.-63	0.21	0.29	23-พ.ค.-63	0.27	0.28
20-มี.ค.-63	0.35	0.33	21-เม.ย.-63	0.20	0.23	25-พ.ค.-63	0.23	0.34
21-มี.ค.-63	0.37	0.27	22-เม.ย.-63	0.28	0.25	26-พ.ค.-63	0.27	0.38
23-มี.ค.-63	0.24	0.32	23-เม.ย.-63	0.24	0.31	27-พ.ค.-63	0.27	0.26
24-มี.ค.-63	0.36	0.29	24-เม.ย.-63	0.26	0.24	28-พ.ค.-63	0.30	0.34
25-มี.ค.-63	0.28	0.30	27-เม.ย.-63	0.28	0.36	29-พ.ค.-63	0.51	0.41
26-มี.ค.-63	0.28	0.28	28-เม.ย.-63	0.20	0.25	01-มิ.ย.-63	0.48	0.41
27-มี.ค.-63	0.29	0.32	29-เม.ย.-63	0.19	0.33	02-มิ.ย.-63	0.41	0.33
30-มี.ค.-63	0.19	0.20	30-เม.ย.-63	0.24	0.30	04-มิ.ย.-63	0.61	0.52
31-มี.ค.-63	0.22	0.28	04-พ.ค.-63	0.31	0.35	05-มิ.ย.-63	0.68	0.54
01-เม.ย.-63	0.24	0.23	05-พ.ค.-63	0.31	0.34	06-มิ.ย.-63	0.44	0.39
02-เม.ย.-63	0.21	0.24	07-พ.ค.-63	0.28	0.32	08-มิ.ย.-63	0.41	0.44
03-เม.ย.-63	0.26	0.30	08-พ.ค.-63	0.27	0.30	09-มิ.ย.-63	0.51	0.46
06-เม.ย.-63	0.30	0.26	11-พ.ค.-63	0.18	0.26	10-มิ.ย.-63	0.47	0.45
07-เม.ย.-63	0.24	0.37	12-พ.ค.-63	0.28	0.27	11-มิ.ย.-63	0.41	0.43
08-เม.ย.-63	0.27	0.31	13-พ.ค.-63	0.26	0.31	12-มิ.ย.-63	0.46	0.43
09-เม.ย.-63	0.25	0.33	14-พ.ค.-63	0.24	0.28	13-มิ.ย.-63	0.40	0.47
10-เม.ย.-63	0.40	0.39	15-พ.ค.-63	0.33	0.28	15-มิ.ย.-63	0.51	0.46
13-เม.ย.-63	0.38	0.42	18-พ.ค.-63	0.34	0.30	16-มิ.ย.-63	0.47	0.41
14-เม.ย.-63	0.23	0.39	19-พ.ค.-63	0.30	0.28	17-มิ.ย.-63	0.53	0.42
15-เม.ย.-63	0.29	0.26	20-พ.ค.-63	0.37	0.39	18-มิ.ย.-63	0.60	0.57

ตาราง ก-3 ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์รายวันในอากาศก่อนการปรับปรุง (ต่อ)

วัน	โต๊ะประกอบ		วัน	โต๊ะประกอบ		วัน	โต๊ะประกอบ	
	1-3	4-5		1-3	4-5		1-3	4-5
19-มิ.ย.-63	0.60	0.48	23-ก.ค.-63	0.63	0.54	22-ส.ค.-63	0.53	0.47
22-มิ.ย.-63	0.43	0.61	24-ก.ค.-63	0.55	0.61	24-ส.ค.-63	0.28	0.25
23-มิ.ย.-63	0.49	0.50	25-ก.ค.-63	0.60	0.57	25-ส.ค.-63	0.51	0.47
24-มิ.ย.-63	0.51	0.47	29-ก.ค.-63	0.36	0.35	26-ส.ค.-63	0.56	0.53
25-มิ.ย.-63	0.47	0.43	30-ก.ค.-63	0.47	0.45	27-ส.ค.-63	0.30	0.28
26-มิ.ย.-63	0.43	0.39	31-ก.ค.-63	0.61	0.56	28-ส.ค.-63	0.64	0.56
29-มิ.ย.-63	0.26	0.23	01-ส.ค.-63	0.67	0.61	31-ส.ค.-63	0.54	0.54
30-มิ.ย.-63	0.47	0.42	03-ส.ค.-63	0.59	0.58	01-ก.ย.-63	0.50	0.40
01-ก.ค.-63	0.43	0.45	04-ส.ค.-63	0.53	0.67	02-ก.ย.-63	0.40	0.43
02-ก.ค.-63	0.44	0.44	05-ส.ค.-63	0.53	0.48	03-ก.ย.-63	0.53	0.57
03-ก.ค.-63	0.71	0.70	06-ส.ค.-63	0.65	0.63	04-ก.ย.-63	0.73	0.59
07-ก.ค.-63	0.53	0.47	07-ส.ค.-63	0.67	0.59	05-ก.ย.-63	0.64	0.46
08-ก.ค.-63	0.50	0.41	08-ส.ค.-63	0.58	0.54	07-ก.ย.-63	0.44	0.14
09-ก.ค.-63	0.70	0.67	10-ส.ค.-63	0.42	0.40	08-ก.ย.-63	0.56	0.48
10-ก.ค.-63	0.74	0.69	11-ส.ค.-63	0.56	0.43	09-ก.ย.-63	0.53	0.52
13-ก.ค.-63	0.38	0.55	13-ส.ค.-63	0.56	0.44	10-ก.ย.-63	0.57	0.54
14-ก.ค.-63	0.45	0.53	14-ส.ค.-63	0.44	0.39	11-ก.ย.-63	0.67	0.61
15-ก.ค.-63	0.54	0.45	15-ส.ค.-63	0.45	0.41	12-ก.ย.-63	0.65	0.59
16-ก.ค.-63	0.47	0.41	17-ส.ค.-63	0.32	0.26	14-ก.ย.-63	0.49	0.65
17-ก.ค.-63	0.45	0.44	18-ส.ค.-63	0.36	0.57	15-ก.ย.-63	0.36	0.34
20-ก.ค.-63	0.43	0.42	19-ส.ค.-63	0.52	0.60	16-ก.ย.-63	0.38	0.35
21-ก.ค.-63	0.53	0.60	20-ส.ค.-63	0.47	0.56	17-ก.ย.-63	0.27	0.36
22-ก.ค.-63	0.60	0.59	21-ส.ค.-63	0.56	0.54	18-ก.ย.-63	0.63	0.45

ตาราง ก-3 ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์รายวันในอากาศก่อนการปรับปรุง (ต่อ)

วัน	โต๊ะประกอบ		วัน	โต๊ะประกอบ		วัน	โต๊ะประกอบ	
	1-3	4-5		1-3	4-5		1-3	4-5
19-ก.ย.-63	0.45	0.37	17-ต.ค.-63	0.45	0.41	17-พ.ย.-63	0.39	0.45
21-ก.ย.-63	0.42	0.33	19-ต.ค.-63	0.38	0.39	18-พ.ย.-63	0.53	0.64
22-ก.ย.-63	0.39	0.57	20-ต.ค.-63	0.56	0.39	19-พ.ย.-63	0.50	0.65
23-ก.ย.-63	0.48	0.53	21-ต.ค.-63	0.49	0.41	20-พ.ย.-63	0.54	0.51
24-ก.ย.-63	0.54	0.51	22-ต.ค.-63	0.40	0.32	21-พ.ย.-63	0.56	0.54
25-ก.ย.-63	0.47	0.43	24-ต.ค.-63	0.51	0.53	23-พ.ย.-63	0.45	0.44
26-ก.ย.-63	0.43	0.36	26-ต.ค.-63	0.41	0.40	24-พ.ย.-63	0.32	0.41
28-ก.ย.-63	0.47	0.44	27-ต.ค.-63	0.61	0.47	25-พ.ย.-63	0.49	0.40
29-ก.ย.-63	0.42	0.36	28-ต.ค.-63	0.51	0.39	26-พ.ย.-63	0.39	0.48
30-ก.ย.-63	0.45	0.37	29-ต.ค.-63	0.45	0.42	27-พ.ย.-63	0.30	0.29
01-ต.ค.-63	0.54	0.56	30-ต.ค.-63	0.26	0.28	28-พ.ย.-63	0.37	0.33
02-ต.ค.-63	0.47	0.54	31-ต.ค.-63	0.41	0.37	30-พ.ย.-63	0.43	0.37
03-ต.ค.-63	0.45	0.49	02-พ.ย.-63	0.45	0.23	01-ธ.ค.-63	0.45	0.41
05-ต.ค.-63	0.49	0.52	03-พ.ย.-63	0.31	0.37	02-ธ.ค.-63	0.42	0.35
06-ต.ค.-63	0.56	0.54	04-พ.ย.-63	0.44	0.50	03-ธ.ค.-63	0.56	0.44
07-ต.ค.-63	0.57	0.50	05-พ.ย.-63	0.42	0.57	04-ธ.ค.-63	0.41	0.39
08-ต.ค.-63	0.72	0.56	06-พ.ย.-63	0.50	0.54	07-ธ.ค.-63	0.32	0.30
09-ต.ค.-63	0.58	0.65	07-พ.ย.-63	0.47	0.46	08-ธ.ค.-63	0.29	0.31
10-ต.ค.-63	0.60	0.59	09-พ.ย.-63	0.24	0.33	09-ธ.ค.-63	0.38	0.46
12-ต.ค.-63	0.49	0.41	10-พ.ย.-63	0.33	0.35	10-ธ.ค.-63	0.35	0.41
14-ต.ค.-63	0.56	0.54	11-พ.ย.-63	0.34	0.37	11-ธ.ค.-63	0.36	0.44
15-ต.ค.-63	0.56	0.22	13-พ.ย.-63	0.31	0.38	12-ธ.ค.-63	0.46	0.48
16-ต.ค.-63	0.48	0.52	14-พ.ย.-63	0.33	0.35	14-ธ.ค.-63	0.50	0.49

ตาราง ก-3 ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์รายวันในอากาศก่อนการปรับปรุง (ต่อ)

วัน	โต๊ะประกอบ		วัน	โต๊ะประกอบ		วัน	โต๊ะประกอบ	
	1-3	4-5		1-3	4-5		1-3	4-5
15-ธ.ค.-63	0.53	0.57	19-ม.ค.-64	0.20	0.27	22-ก.พ.-64	0.28	0.21
16-ธ.ค.-63	0.54	0.50	20-ม.ค.-64	0.35	0.31	23-ก.พ.-64	0.33	0.23
17-ธ.ค.-63	0.37	0.39	21-ม.ค.-64	0.47	0.41	24-ก.พ.-64	0.32	0.27
18-ธ.ค.-63	0.52	0.53	22-ม.ค.-64	0.36	0.34	25-ก.พ.-64	0.24	0.21
19-ธ.ค.-63	0.48	0.50	23-ม.ค.-64	0.32	0.31	27-ก.พ.-64	0.31	0.21
21-ธ.ค.-63	0.49	0.53	25-ม.ค.-64	0.43	0.39	01-มี.ค.-64	0.34	0.38
22-ธ.ค.-63	0.36	0.37	26-ม.ค.-64	0.50	0.44	02-มี.ค.-64	0.41	0.47
23-ธ.ค.-63	0.36	0.34	27-ม.ค.-64	0.47	0.40	03-มี.ค.-64	0.46	0.34
24-ธ.ค.-63	0.43	0.40	28-ม.ค.-64	0.49	0.43	04-มี.ค.-64	0.45	0.25
25-ธ.ค.-63	0.39	0.37	29-ม.ค.-64	0.37	0.50	05-มี.ค.-64	0.28	0.36
04-ม.ค.-64	0.20	0.23	06-ก.พ.-64	0.34	0.30	06-มี.ค.-64	0.47	0.43
05-ม.ค.-64	0.34	0.37	08-ก.พ.-64	0.34	0.41	08-มี.ค.-64	0.32	0.29
06-ม.ค.-64	0.34	0.33	09-ก.พ.-64	0.42	0.37	09-มี.ค.-64	0.36	0.32
07-ม.ค.-64	0.36	0.37	10-ก.พ.-64	0.47	0.37	10-มี.ค.-64	0.38	0.37
08-ม.ค.-64	0.35	0.39	11-ก.พ.-64	0.25	0.16	11-มี.ค.-64	0.41	0.34
09-ม.ค.-64	0.32	0.34	12-ก.พ.-64	0.32	0.21	12-มี.ค.-64	0.43	0.37
11-ม.ค.-64	0.30	0.30	13-ก.พ.-64	0.30	0.26	13-มี.ค.-64	0.37	0.34
12-ม.ค.-64	0.34	0.35	15-ก.พ.-64	0.29	0.31	15-มี.ค.-64	0.34	0.29
13-ม.ค.-64	0.19	0.20	16-ก.พ.-64	0.21	0.29	16-มี.ค.-64	0.38	0.42
14-ม.ค.-64	0.36	0.27	17-ก.พ.-64	0.32	0.24	17-มี.ค.-64	0.45	0.46
15-ม.ค.-64	0.33	0.31	18-ก.พ.-64	0.29	0.13	18-มี.ค.-64	0.4	0.37
16-ม.ค.-64	0.37	0.34	19-ก.พ.-64	0.19	0.18	19-มี.ค.-64	0.43	0.31
18-ม.ค.-64	0.28	0.29	20-ก.พ.-64	0.32	0.29	20-มี.ค.-64	0.37	0.24

ตาราง ก-3 ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์รายวันในอากาศก่อนการปรับปรุง (ต่อ)

วัน	โต๊ะประกอบ		วัน	โต๊ะประกอบ		วัน	โต๊ะประกอบ	
	1-3	4-5		1-3	4-5		1-3	4-5
22-มี.ค.-64	0.45	0.32	27-เม.ย.-64	0.26	0.22	27-เม.ย.-64	0.26	0.26
23-มี.ค.-64	0.43	0.34	28-เม.ย.-64	0.29	0.24			
24-มี.ค.-64	0.28	0.22	29-เม.ย.-64	0.35	0.36			
25-มี.ค.-64	0.37	0.29	30-เม.ย.-64	0.37	0.27			
26-มี.ค.-64	0.29	0.34						
29-มี.ค.-64	0.38	0.33						
30-มี.ค.-64	0.32	0.27						
31-มี.ค.-64	0.37	0.24						
01-เม.ย.-64	0.44	0.37						
02-เม.ย.-64	0.38	0.29						
03-เม.ย.-64	0.29	0.27						
05-เม.ย.-64	0.34	0.31						
06-เม.ย.-64	0.43	0.21						
07-เม.ย.-64	0.52	0.2						
08-เม.ย.-64	0.53	0.34						
09-เม.ย.-64	0.47	0.29						
19-เม.ย.-64	0.56	0.34						
20-เม.ย.-64	0.54	0.27						
21-เม.ย.-64	0.43	0.32						
22-เม.ย.-64	0.41	0.31						
23-เม.ย.-64	0.31	0.35						
24-เม.ย.-64	0.29	0.27						
26-เม.ย.-64	0.45	0.53						

ตาราง ก-4 ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์รายวันในอากาศหลังการปรับปรุง

วัน	โต๊ะประกอบ		วัน	โต๊ะประกอบ		วัน	โต๊ะประกอบ	
	1-3	4-5		1-3	4-5		1-3	4-5
04-พ.ค.-64	0.43	0.37	08-มิ.ย.-64	0.22	0.25	09-ก.ค.-64	0.27	0.25
05-พ.ค.-64	0.24	0.25	09-มิ.ย.-64	0.27	0.24	12-ก.ค.-64	0.30	0.09
06-พ.ค.-64	0.29	0.30	10-มิ.ย.-64	0.26	0.29	13-ก.ค.-64	0.26	0.24
07-พ.ค.-64	0.20	0.17	11-มิ.ย.-64	0.29	0.27	14-ก.ค.-64	0.27	0.29
10-พ.ค.-64	0.37	0.27	14-มิ.ย.-64	0.30	0.29	15-ก.ค.-64	0.24	0.26
11-พ.ค.-64	0.34	0.22	15-มิ.ย.-64	0.27	0.22	16-ก.ค.-64	0.24	0.29
12-พ.ค.-64	0.39	0.37	16-มิ.ย.-64	0.26	0.17	20-ก.ค.-64	0.26	0.30
13-พ.ค.-64	0.34	0.31	17-มิ.ย.-64	0.29	0.28	21-ก.ค.-64	0.30	0.27
14-พ.ค.-64	0.35	0.37	18-มิ.ย.-64	0.30	0.29	22-ก.ค.-64	0.24	0.06
17-พ.ค.-64	0.33	0.37	21-มิ.ย.-64	0.27	0.26	27-ก.ค.-64	0.30	0.28
18-พ.ค.-64	0.22	0.19	22-มิ.ย.-64	0.26	0.29	29-ก.ค.-64	0.29	0.26
19-พ.ค.-64	0.21	0.32	23-มิ.ย.-64	0.30	0.23	30-ก.ค.-64	0.32	0.29
20-พ.ค.-64	0.28	0.23	24-มิ.ย.-64	0.28	0.21	02-ส.ค.-64	0.28	0.27
21-พ.ค.-64	0.26	0.31	25-มิ.ย.-64	0.26	0.29	03-ส.ค.-64	0.30	0.29
22-พ.ค.-64	0.23	0.30	28-มิ.ย.-64	0.29	0.26	04-ส.ค.-64	0.29	0.31
25-พ.ค.-64	0.18	0.25	29-มิ.ย.-64	0.33	0.25	05-ส.ค.-64	0.30	0.29
27-พ.ค.-64	0.16	0.20	30-มิ.ย.-64	0.31	0.30	09-ส.ค.-64	0.31	0.28
28-พ.ค.-64	0.29	0.31	01-ก.ค.-64	0.31	0.30	10-ส.ค.-64	0.21	0.14
31-พ.ค.-64	0.31	0.26	02-ก.ค.-64	0.29	0.28	16-ส.ค.-64	0.28	0.27
01-มิ.ย.-64	0.30	0.29	05-ก.ค.-64	0.20	0.28	17-ส.ค.-64	0.25	0.23
02-มิ.ย.-64	0.28	0.22	06-ก.ค.-64	0.34	0.26	18-ส.ค.-64	0.27	0.30
04-มิ.ย.-64	0.30	0.29	07-ก.ค.-64	0.17	0.32	23-ส.ค.-64	0.27	0.30
07-มิ.ย.-64	0.18	0.14	08-ก.ค.-64	0.25	0.23	24-ส.ค.-64	0.24	0.29

ตาราง ก-4 ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์รายวันในอากาศหลังการปรับปรุง (ต่อ)

วัน	โต๊ะประกอบ		วัน	โต๊ะประกอบ		วัน	โต๊ะประกอบ	
	1-3	4-5		1-3	4-5		1-3	4-5
25-ส.ค.-64	0.16	0.27	04-ต.ค.-64	0.14	0.04	12-พ.ย.-64	0.30	0.28
26-ส.ค.-64	0.24	0.27	05-ต.ค.-64	0.27	0.23	15-พ.ย.-64	0.28	0.27
31-ส.ค.-64	0.28	0.25	06-ต.ค.-64	0.29	0.30	16-พ.ย.-64	0.25	0.23
01-ก.ย.-64	0.27	0.25	07-ต.ค.-64	0.24	0.26	17-พ.ย.-64	0.30	0.29
02-ก.ย.-64	0.24	0.17	08-ต.ค.-64	0.29	0.21	18-พ.ย.-64	0.27	0.24
06-ก.ย.-64	0.28	0.20	11-ต.ค.-64	0.27	0.30	19-พ.ย.-64	0.30	0.23
07-ก.ย.-64	0.26	0.27	14-ต.ค.-64	0.26	0.27	22-พ.ย.-64	0.24	0.28
08-ก.ย.-64	0.28	0.27	15-ต.ค.-64	0.29	0.30	23-พ.ย.-64	0.27	0.28
09-ก.ย.-64	0.25	0.30	19-ต.ค.-64	0.30	0.27	24-พ.ย.-64	0.20	0.30
10-ก.ย.-64	0.26	0.29	20-ต.ค.-64	0.23	0.24	25-พ.ย.-64	0.27	0.29
13-ก.ย.-64	0.24	0.22	26-ต.ค.-64	0.27	0.26	26-พ.ย.-64	0.26	0.25
14-ก.ย.-64	0.27	0.28	27-ต.ค.-64	0.21	0.29	29-พ.ย.-64	0.28	0.26
15-ก.ย.-64	0.29	0.30	28-ต.ค.-64	0.26	0.27	30-พ.ย.-64	0.30	0.12
16-ก.ย.-64	0.28	0.29	29-ต.ค.-64	0.25	0.30	01-ธ.ค.-64	0.21	0.18
20-ก.ย.-64	0.27	0.26	01-พ.ย.-64	0.30	0.29	02-ธ.ค.-64	0.26	0.21
21-ก.ย.-64	0.25	0.23	02-พ.ย.-64	0.29	0.27	03-ธ.ค.-64	0.30	0.27
22-ก.ย.-64	0.21	0.29	03-พ.ย.-64	0.29	0.30	07-ธ.ค.-64	0.14	0.13
23-ก.ย.-64	0.26	0.30	04-พ.ย.-64	0.30	0.29	08-ธ.ค.-64	0.18	0.24
24-ก.ย.-64	0.29	0.27	05-พ.ย.-64	0.24	0.27	09-ธ.ค.-64	0.29	0.27
27-ก.ย.-64	0.26	0.20	08-พ.ย.-64	0.30	0.24	10-ธ.ค.-64	0.26	0.25
28-ก.ย.-64	0.30	0.24	09-พ.ย.-64	0.29	0.30	13-ธ.ค.-64	0.30	0.23
30-ก.ย.-64	0.29	0.26	10-พ.ย.-64	0.25	0.26	14-ธ.ค.-64	0.27	0.30
01-ต.ค.-64	0.26	0.29	11-พ.ย.-64	0.29	0.30	15-ธ.ค.-64	0.30	0.29

ตาราง ก-4 ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์รายวันในอากาศหลังการปรับปรุง (ต่อ)

วัน	โต๊ะประกอบ		วัน	โต๊ะประกอบ		วัน	โต๊ะประกอบ	
	1-3	4-5		1-3	4-5		1-3	4-5
16-ธ.ค.-64	0.24	0.27	24-ม.ค.-65	0.21	0.3	25-ก.พ.-65	0.29	0.19
17-ธ.ค.-64	0.17	0.24	25-ม.ค.-65	0.26	0.27	28-ก.พ.-65	0.26	0.24
22-ธ.ค.-64	0.3	0.26	26-ม.ค.-65	0.18	0.24	01-มี.ค.-65	0.27	0.29
23-ธ.ค.-64	0.29	0.27	27-ม.ค.-65	0.24	0.28	02-มี.ค.-65	0.28	0.29
24-ธ.ค.-64	0.26	0.29	28-ม.ค.-65	0.26	0.25	03-มี.ค.-65	0.29	0.28
27-ธ.ค.-64	0.3	0.27	31-ม.ค.-65	0.28	0.21	04-มี.ค.-65	0.26	0.25
28-ธ.ค.-64	0.29	0.27	01-ก.พ.-65	0.3	0.29	07-มี.ค.-65	0.28	0.27
29-ธ.ค.-64	0.3	0.17	02-ก.พ.-65	0.25	0.26	08-มี.ค.-65	0.23	0.29
30-ธ.ค.-64	0.17	0.24	03-ก.พ.-65	0.27	0.28	09-มี.ค.-65	0.26	0.27
04-ม.ค.-65	0.245	0.15	04-ก.พ.-65	0.28	0.3	10-มี.ค.-65	0.28	0.24
05-ม.ค.-65	0.28	0.24	07-ก.พ.-65	0.25	0.22	11-มี.ค.-65	0.29	0.28
06-ม.ค.-65	0.23	0.26	08-ก.พ.-65	0.23	0.26	14-มี.ค.-65	0.27	0.28
07-ม.ค.-65	0.26	0.21	09-ก.พ.-65	0.34	0.29	15-มี.ค.-65	0.3	0.26
10-ม.ค.-65	0.28	0.26	10-ก.พ.-65	0.26	0.24	16-มี.ค.-65	0.23	0.24
11-ม.ค.-65	0.28	0.29	11-ก.พ.-65	0.24	0.27	17-มี.ค.-65	0.25	0.19
12-ม.ค.-65	0.3	0.28	14-ก.พ.-65	0.26	0.21	18-มี.ค.-65	0.21	0.24
13-ม.ค.-65	0.28	0.3	15-ก.พ.-65	0.21	0.29	21-มี.ค.-65	0.27	0.25
14-ม.ค.-65	0.29	0.11	17-ก.พ.-65	0.27	0.28	22-มี.ค.-65	0.28	0.27
17-ม.ค.-65	0.26	0.29	18-ก.พ.-65	0.25	0.26	23-มี.ค.-65	0.29	0.26
18-ม.ค.-65	0.3	0.16	21-ก.พ.-65	0.26	0.28	24-มี.ค.-65	0.2	0.23
19-ม.ค.-65	0.27	0.29	22-ก.พ.-65	0.28	0.29	25-มี.ค.-65	0.26	0.28
20-ม.ค.-65	0.26	0.2	23-ก.พ.-65	0.27	0.3	28-มี.ค.-65	0.28	0.27
21-ม.ค.-65	0.28	0.29	24-ก.พ.-65	0.24	0.28	29-มี.ค.-65	0.26	0.29

ตาราง ก-4 ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์รายวันในอากาศหลังการปรับปรุง (ต่อ)

วัน	โต๊ะประกอบ		วัน	โต๊ะประกอบ		วัน	โต๊ะประกอบ	
	1-3	4-5		1-3	4-5		1-3	4-5
30-มี.ค.-65	0.28	0.21	10-พ.ค.-65	0.26	0.21	14-มิ.ย.-65	0.21	0.27
31-มี.ค.-65	0.25	0.28	11-พ.ค.-65	0.24	0.27	15-มิ.ย.-65	0.24	0.26
01-เม.ย.-65	0.27	0.24	12-พ.ค.-65	0.28	0.22	16-มิ.ย.-65	0.27	0.28
04-เม.ย.-65	0.26	0.26	13-พ.ค.-65	0.26	0.26	17-มิ.ย.-65	0.27	0.24
05-เม.ย.-65	0.19	0.25	17-พ.ค.-65	0.17	0.23	20-มิ.ย.-65	0.24	0.26
06-เม.ย.-65	0.24	0.28	18-พ.ค.-65	0.24	0.27	21-มิ.ย.-65	0.28	0.27
07-เม.ย.-65	0.28	0.24	19-พ.ค.-65	0.21	0.26	22-มิ.ย.-65	0.29	0.23
08-เม.ย.-65	0.28	0.29	20-พ.ค.-65	0.26	0.27	23-มิ.ย.-65	0.29	0.23
18-เม.ย.-65	0.26	0.21	23-พ.ค.-65	0.19	0.18	24-มิ.ย.-65	0.26	0.27
19-เม.ย.-65	0.28	0.24	24-พ.ค.-65	0.29	0.27	27-มิ.ย.-65	0.21	0.25
20-เม.ย.-65	0.32	0.35	25-พ.ค.-65	0.26	0.26	28-มิ.ย.-65	0.21	0.27
21-เม.ย.-65	0.29	0.21	26-พ.ค.-65	0.24	0.28	29-มิ.ย.-65	0.27	0.21
22-เม.ย.-65	0.28	0.21	27-พ.ค.-65	0.18	0.24	30-มิ.ย.-65	0.24	0.28
25-เม.ย.-65	0.27	0.29	30-พ.ค.-65	0.26	0.21	01-ก.ค.-65	0.21	0.27
26-เม.ย.-65	0.24	0.27	31-พ.ค.-65	0.22	0.26	04-ก.ค.-65	0.29	0.24
27-เม.ย.-65	0.28	0.26	01-มิ.ย.-65	0.24	0.27	05-ก.ค.-65	0.24	0.26
28-เม.ย.-65	0.26	0.29	02-มิ.ย.-65	0.26	0.27	06-ก.ค.-65	0.24	0.27
29-เม.ย.-65	0.27	0.28	06-มิ.ย.-65	0.21	0.26	07-ก.ค.-65	0.28	0.24
03-พ.ค.-65	0.17	0.10	07-มิ.ย.-65	0.28	0.29	08-ก.ค.-65	0.30	0.27
04-พ.ค.-65	0.12	0.11	08-มิ.ย.-65	0.15	0.14	11-ก.ค.-65	0.24	0.21
05-พ.ค.-65	0.24	0.20	09-มิ.ย.-65	0.26	0.27	12-ก.ค.-65	0.27	0.21
06-พ.ค.-65	0.27	0.28	10-มิ.ย.-65	0.21	0.26	14-ก.ค.-65	0.18	0.20
09-พ.ค.-65	0.24	0.26	13-มิ.ย.-65	0.27	0.23	15-ก.ค.-65	0.29	0.25

ตาราง ก-4 ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์รายวันในอากาศหลังการปรับปรุง (ต่อ)

วัน	โต๊ะประกอบ		วัน	โต๊ะประกอบ		วัน	โต๊ะประกอบ	
	1-3	4-5		1-3	4-5		1-3	4-5
18-ก.ค.-65	0.29	0.25	22-ส.ค.-65	0.21	0.26	22-ก.ย.-65	0.27	0.29
19-ก.ค.-65	0.25	0.28	23-ส.ค.-65	0.28	0.29	23-ก.ย.-65	0.26	0.27
20-ก.ค.-65	0.28	0.26	24-ส.ค.-65	0.24	0.27	26-ก.ย.-65	0.27	0.28
21-ก.ค.-65	0.26	0.22	25-ส.ค.-65	0.25	0.28	27-ก.ย.-65	0.26	0.28
22-ก.ค.-65	0.27	0.32	26-ส.ค.-65	0.27	0.29	28-ก.ย.-65	0.24	0.27
25-ก.ค.-65	0.29	0.27	29-ส.ค.-65	0.29	0.25	29-ก.ย.-65	0.25	0.26
26-ก.ค.-65	0.27	0.24	30-ส.ค.-65	0.24	0.27	30-ก.ย.-65	0.28	0.24
27-ก.ค.-65	0.28	0.26	31-ส.ค.-65	0.21	0.26	03-ต.ค.-65	0.29	0.27
29-ก.ค.-65	0.24	0.27	01-ก.ย.-65	0.24	0.24	04-ต.ค.-65	0.27	0.27
01-ส.ค.-65	0.25	0.21	02-ก.ย.-65	0.28	0.29	05-ต.ค.-65	0.26	0.23
02-ส.ค.-65	0.28	0.29	05-ก.ย.-65	0.26	0.27	06-ต.ค.-65	0.27	0.25
03-ส.ค.-65	0.24	0.29	06-ก.ย.-65	0.27	0.29	07-ต.ค.-65	0.26	0.29
04-ส.ค.-65	0.29	0.29	07-ก.ย.-65	0.26	0.27	10-ต.ค.-65	0.24	0.28
05-ส.ค.-65	0.29	0.27	08-ก.ย.-65	0.25	0.21	11-ต.ค.-65	0.29	0.18
08-ส.ค.-65	0.28	0.26	09-ก.ย.-65	0.24	0.27	12-ต.ค.-65	0.13	0.28
09-ส.ค.-65	0.27	0.29	12-ก.ย.-65	0.25	0.27	14-ต.ค.-65	0.23	0.26
10-ส.ค.-65	0.27	0.28	13-ก.ย.-65	0.27	0.29	17-ต.ค.-65	0.23	0.25
11-ส.ค.-65	0.29	0.26	14-ก.ย.-65	0.25	0.21	18-ต.ค.-65	0.26	0.27
15-ส.ค.-65	0.26	0.27	15-ก.ย.-65	0.26	0.27	19-ต.ค.-65	0.29	0.27
16-ส.ค.-65	0.27	0.29	16-ก.ย.-65	0.24	0.26	20-ต.ค.-65	0.20	0.26
17-ส.ค.-65	0.27	0.28	19-ก.ย.-65	0.24	0.28	21-ต.ค.-65	0.28	0.26
18-ส.ค.-65	0.25	0.26	20-ก.ย.-65	0.26	0.27	25-ต.ค.-65	0.29	0.29
19-ส.ค.-65	0.26	0.29	21-ก.ย.-65	0.21	0.27	26-ต.ค.-65	0.28	0.23

ตาราง ก-4 ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์รายวันในอากาศหลังการปรับปรุง (ต่อ)

วัน	โต๊ะประกอบ		วัน	โต๊ะประกอบ		วัน	โต๊ะประกอบ	
	1-3	4-5		1-3	4-5		1-3	4-5
27-ต.ค.-65	0.19	0.29	30-พ.ย.-65	0.24	0.26	30-พ.ย.-65	0.24	0.26
28-ต.ค.-65	0.28	0.29	01-ธ.ค.-65	0.29	0.23			
31-ต.ค.-65	0.26	0.27	02-ธ.ค.-65	0.26	0.24			
01-พ.ย.-65	0.23	0.24	06-ธ.ค.-65	0.24	0.27			
02-พ.ย.-65	0.28	0.23	07-ธ.ค.-65	0.23	0.2			
03-พ.ย.-65	0.2	0.22	08-ธ.ค.-65	0.28	0.24			
04-พ.ย.-65	0.25	0.23	09-ธ.ค.-65	0.23	0.18			
07-พ.ย.-65	0.27	0.21	12-ธ.ค.-65	0.16	0.14			
08-พ.ย.-65	0.27	0.29	13-ธ.ค.-65	0.21	0.24			
09-พ.ย.-65	0.26	0.27	14-ธ.ค.-65	0.18	0.17			
10-พ.ย.-65	0.27	0.28	15-ธ.ค.-65	0.26	0.24			
11-พ.ย.-65	0.26	0.22	16-ธ.ค.-65	0.16	0.2			
14-พ.ย.-65	0.26	0.21	19-ธ.ค.-65	0.2	0.21			
15-พ.ย.-65	0.28	0.26	20-ธ.ค.-65	0.16	0.17			
17-พ.ย.-65	0.29	0.27	21-ธ.ค.-65	0.26	0.28			
18-พ.ย.-65	0.06	0.27	22-ธ.ค.-65	0.15	0.11			
21-พ.ย.-65	0.26	0.29	23-ธ.ค.-65	0.17	0.19			
22-พ.ย.-65	0.19	0.26	26-ธ.ค.-65	0.2	0.17			
23-พ.ย.-65	0.2	0.28	27-ธ.ค.-65	0.26	0.23			
24-พ.ย.-65	0.24	0.27	28-ธ.ค.-65	0.24	0.21			
25-พ.ย.-65	0.24	0.27	29-ธ.ค.-65	0.2	0.23			
28-พ.ย.-65	0.26	0.24						
29-พ.ย.-65	0.28	0.22						

ภาคผนวก ข

การเข้าร่วมประชุมวิชาการระดับชาติ

การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงาน
โครงการประชุมวิชาการ การนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ครั้งที่ 15
ร่วมกับสมาคมภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย
ภายใต้หัวข้อ “BCG Model กับการพัฒนาโดยใช้พื้นที่เป็นตัวตั้ง : โอกาสและความท้าทาย
สู่การพัฒนาคุณภาพชีวิตอย่างยั่งยืน”
วันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2566 เวลา 08.30 น.– 16.30 น.
ณ ห้องสัมนา 3 ชั้น 2 อาคารศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้เข้าร่วมประชุม

ชื่อ-นามสกุล คุณอังคณา ธเนศวิเศษกุล (ผู้แสดงปาฐกถา)
หน่วยงาน มูลนิธิพัฒนาการท่องเที่ยวยั่งยืน
ชื่อเรื่อง การพัฒนาการท่องเที่ยวยั่งยืน

ประเด็นที่แลกเปลี่ยนความคิดเห็น

การสร้างความร่วมมือกับชุมชนเป็นการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมและความคุ้นเคยเดิมของคนในชุมชน ซึ่งเป็นการปรับเปลี่ยนที่ไม่ง่ายและต้องใช้เวลา ทางมูลนิธิใช้แนวทางอย่างไรในการดึงความร่วมมือจากชาวบ้านมาร่วมกิจกรรมและการสร้างวัฒนธรรมในการพัฒนาการท่องเที่ยวที่ยั่งยืน

ความคิดเห็นของผู้แสดงปาฐกถา

แนวทางในการดำเนินการของมูลนิธิจะชี้ให้ชุมชนรอบข้างเห็นถึงผลกระทบของแต่ละส่วนงานโดยเฉพาะชาวบ้านที่ส่วนใหญ่มีรายได้จากการประมงและท่องเที่ยว เพื่อให้ชุมชนเห็นว่า หากไม่เริ่มดำเนินการแล้วผลกระทบจะเกิดกับชุมชนของเขาโดยตรง เมื่อชุมชนคล้อยตามก็เริ่มให้ความรู้พร้อมวิธีการดำเนินงานที่เหมาะสม เพื่อให้ชุมชนพัฒนาต่อไปได้ด้วยตนเอง

ภาพที่ 1 การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของผู้แสดงปาฐกถา

ชื่อ-นามสกุล รองศาสตราจารย์ ดร.อภิเศก ปั้นสุวรรณ (ผู้นำเสนอผลงานวิจัยภาคโปสเตอร์)
หน่วยงาน คณะอักษรศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
ชื่อเรื่อง สมุทรสงครามศึกษา: เมืองแห่งสายน้ำทางปัญญา วัฒนธรรม และเศรษฐกิจ

ประเด็นที่แลกเปลี่ยนความคิดเห็น

เศษฐกิจที่ขยายตัวขึ้นอาจส่งผลต่อวัฒนธรรมประเพณีเก่าแก่ที่อาจจะไม่มีผู้สืบถอดและยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในพื้นที่เมื่อมีการขยายตัวทางเศรษกิจที่เพิ่มมากขึ้นได้ เราสามารถที่จะดูแลวัฒนธรรม, เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมไปควบคู่กันได้อย่างไรบ้าง

ความคิดเห็นของผู้นำเสนอผลงาน

ชุมชนเก่าแก่ ที่มีวัฒนธรรมเฉพาะกำลังเลือนหาย วัฒนธรรมประเพณีหลายอย่างที่มีเฉพาะที่ชุมชนสมุทรสงครามที่เดียวมีจำนวนผู้สืบถอดที่ลดลงอันเนื่องมาจากความเจริญและการท่องเที่ยว หากหลายภาพส่วนช่วยกันดูแลให้เกิดการท่องเที่ยวที่ยั่งยืนทั้งทางด้านวัฒนธรรมและสิ่งแวดล้อมก็สามารถที่จะช่วยให้เศรษฐกิจของชุมชนดีขึ้นด้วยหากมีโครงการปรับปรุงสนับสนุนในเรื่องการดูแลสิ่งแวดล้อมให้กับชุมชน

ภาพที่ 2 การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของผู้ผู้นำเสนอผลงาน

ชื่อ-นามสกุล คุณธนารีย์ นุ่มกลิ่น (ผู้นำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยาย)

หน่วยงาน หน่วยพัฒนาท้องถิ่นและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง

ชื่อเรื่อง เครื่องแยกเมล็ดมะขามป้อมและการทำผลิตภัณฑ์ชาสุขภาพจากเมล็ดมะขามป้อม กรณีศึกษา กลุ่มวิสาหกิจชุมชนรางสาลี่ อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี

ประเด็นที่แลกเปลี่ยนความคิดเห็น

การผลิตสินค้าที่มีประโยชย์และไม่เหลือเป็นของเสียถือเป็นการใช้ทรัพยากรที่คุ้มค่ามาก ซึ่งจากเดิมจะใช้เพียงแค่เนื้อของมะขามป้อมแต่ตอนนี้สามารถแยกออกมาแล้วนำไปผลิตเป็นชาได้อีกด้วย แต่ในตัวอุปกรณ์ตัดเม็ดมะขามป้อมนั้นหากมีการปรับเปลี่ยนไซด์ตามขนาดของเม็ดมะขามป้อมได้หรือไม่ เพื่อให้สามารถใช้งานกับผลมะขามป้อมที่มีขนาดที่ไม่เท่ากัน

ความคิดเห็นของผู้นำเสนอผลงาน

ตัวอุปกรณ์ตัดเม็ดมะขามป้อมนั้นสามารถออกแบบให้มีการปรับเปลี่ยนไซด์ตามขนาดของเม็ดมะขามป้อมได้โดยจะต้องถอดตัวใบมีดออกมาเปลี่ยนเมื่อมีการปรับขนาดของผลมะขามป้อมในแต่ละไซด์ ซึ่งเครื่องนี้เป็นเครื่องต้นแบบที่ยังคงต้องพัฒนาต่อไป

ภาพที่ 3 การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของผู้ผู้นำเสนอผลงาน

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล ทิพาพร จันทอง

วุฒิการศึกษา

พ.ศ. 2543 สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษา วิชาเอกวิทย์-คณิต
โรงเรียนประสาทรัฐประชากิจ
อำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี

พ.ศ. 2547 สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต
วิชาเอกอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา