



การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์ของคณงานในโรงงาน
ผลิตไม้เอ็มดีเอฟ (MDF: Medium Density Fiberboard)
Health Risk Assessment for Workers Exposed to Formaldehyde
in a Medium Density Fiberboard Manufacturing Plant

มัทนา เกอเกลี้ยง
Mattana Perkleang

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Science in Environmental Management
Prince of Songkla University

2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์ของคณงานในโรงงาน
ผลิตไม้เอ็มดีเอฟ (MDF: Medium Density Fiberboard)
Health Risk Assessment for Workers Exposed to Formaldehyde
in a Medium Density Fiberboard Manufacturing Plant

มัทนา เกอเกลี้ยง
Mattana Perkleang

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Science in Environmental Management
Prince of Songkla University

2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ

(ดร.ดุชนันท์ หมั่นท้อ)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลงชื่อ

(รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ลงชื่อ.....

(นางสาวมัทนา เกอเกลี้ยง)

นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูก
ใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นางสาวมัทนา เกอเกลี้ยง)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์	การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์ของพนักงาน ในโรงงานผลิตไม้เอ็มดีเอฟ (MDF: Medium Density Fiberboard).
ผู้เขียน	นางสาวมัทนา เกอเกลี้ยง
สาขาวิชา	การจัดการสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา	2559

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อทำการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของพนักงานที่ปฏิบัติงานในอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟจากการสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์ผ่านทางหายใจ โดยใช้วิธีการเก็บตัวอย่างอากาศของ NIOSH Method โดยแบบติดตั้งในพื้นที่ 37 พื้นที่ และแบบติดตัวพนักงาน 36 คน ในพื้นที่ พบมีค่าอยู่ในช่วง 6.46- 70.37 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m^3) หรือเท่ากับ 5.26- 57.29 ส่วนในล้านส่วน (ppm) เมื่อทำการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน Threshold Limit Value–Short Term Exposure Limit (TLV–STEL) ของ OSHA (Occupational Safety and Health Administration) (2 ส่วนในล้านส่วน (ppm)) พบว่ามีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนดในทุกจุดเก็บตัวอย่าง

ส่วนแบบติดตัวพนักงานพบค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นที่พนักงานกลุ่มตัวอย่าง 36 คน พบมีค่าอยู่ในช่วง 0.05 - 0.36 ส่วนในล้านส่วน (ppm) เมื่อเทียบกับมาตรฐานต่างๆ พบว่ามีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทั้ง 36 คน เมื่อเปรียบเทียบกับประกาศของกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) พ.ศ. 2520 และมาตรฐาน OSHA แต่เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน NIOSH พบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทั้ง 36 คน

เมื่อทำการประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งพบว่า ในช่วงฤดูร้อน กลุ่มตัวอย่างมีโอกาสเกิดโรคมะเร็ง 7.50 คน ใน 1,000,000 ถึง 1.65 คน ใน 10,000 ส่วนในช่วงฤดูฝน กลุ่มตัวอย่างมีโอกาสเกิดโรคมะเร็ง 7.39 คน ใน 1,000,000 ถึง 2.37 คน ใน 10,000 ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้ของ Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) คือ $(1 \times 10^{-6} - 1 \times 10^{-4})$ (ATSDR, 2001) พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่มีค่าเกินค่าที่ยอมรับได้ในช่วงฤดูร้อน มีจำนวน 4 คน และในช่วงฤดูฝน จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 11 และ 33 ตามลำดับ ที่มีความเสี่ยงสูงเกินเกณฑ์ยอมรับได้

สำหรับการประเมินความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกเหนือจากมะเร็ง (Non-Cancer Risk) ในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝนของการศึกษาครั้งนี้ มีค่าระหว่าง 6.12-40.82 และ 5.10-66.33 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานที่ US EPA ได้แนะนำไว้คือ 1

Thesis Title Health risk assessment for workers exposed to formaldehyde in a medium density fiberboard manufacturing plant

Author Miss Mattana Perkleang

Major Programs Environmental Management

Academic Year 2016

ABSTRACTS

This study investigates concentrations of formaldehyde in indoor air samples from a medium density fiberboard manufacturing plant in Thailand. Two air sampling methods were conducted, area (n=37) and personal sampling (n=36). A health risk assessment was also performed to evaluate the risks due to formaldehyde in the indoor air of the plant. Indoor air concentrations ranged from 5.26 to 57.26 ppm. Air formaldehyde levels from the area sampling method at all sampled locations exceeded the TLV-STEL (Threshold Limit Value-Short Term Exposure Limit) of 2 ppm recommended by OSHA (Occupational Safety and Health Administration).

Cancer and non-cancer risk assessment was evaluated by calculating the lifetime cancer risk and hazard quotient (HQ), respectively using formaldehyde concentrations from the personal sampling method. Cancer risk assessment formaldehyde in the summer and the rainy season suggested that the probability of cancer risk owing to formaldehyde was higher than the ATSDR's limit value around 4, 12 persons from group study 36 persons or Accounted for 11, 33 percent, respectively.

Reassuringly, the probability of non-cancer risk due to formaldehyde in the summer and the rainy season ranged from 6.12-40.82 and 5.10-66.33, respectively, was higher than the U.S. EPA's reference.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร.ดุขฎิ หมื่นท้อ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ซึ่งคอยชี้แนะแนวทางทางความคิดให้กับผู้วิจัยในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ท่านได้สละเวลาเข้ามาเป็นส่วนสำคัญของการวิจัยและการศึกษาในครั้งนี้ คอยช่วยเหลือและติดตามการทำวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด และผู้วิจัยต้องขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้ซึ่งเป็นเสมือนแสงเทียนที่คอยส่องสว่างในยามที่การวิจัยต้องประสบพบเจอกับปัญหา ท่านคอยยื่นมือเข้ามาช่วยเหลือ เพื่อให้ผู้วิจัยได้ค้นพบแนวทางในการแก้ปัญหา ผู้วิจัยทราบซึ่งในความกรุณาของท่านทั้งสองและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบ ดร.พิรพัฒน์ โกศลศักดิ์สกุล ประธานกรรมการสอบ รองศาสตราจารย์ ดร.แพทย์หญิง พิชญา พรรคทองสุขและ ดร.พัฒนศักดิ์ คำมณีจันทร์ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ คณะการจัดการสิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งได้กรุณาสละเวลาในการสอบพร้อมให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะต่างๆ เพื่อให้งานวิจัยฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณครอบครัว คุณแม่ สุนี คุณพ่อ จัด เกอเกลี้ยง ผู้มอบโอกาสทางการศึกษาซึ่งเป็นสมบัติอันล้ำค่าสำหรับผู้วิจัย ผู้ที่คอยเป็นกำลังใจสำคัญทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงโรงงาน ผู้สนับสนุนทุนการศึกษาวิจัย พนักงานกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาวิจัย นอกจากนี้ยังได้รับความช่วยเหลือจาก นางสาวอรอนงค์ คงสวัสดิ์ และเพื่อนร่วมการศึกษาในการร่วมกันทำวิจัยและคอยให้กำลังใจที่ต่อกันเสมอมา

มัทนา เกอเกลี้ยง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(5)
Abstract	(6)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
รายการตาราง	(11)
รายการภาพประกอบ	(13)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 การตรวจเอกสาร	3
1.2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารพอร์มัลดีไฮด์	4
1.2.2 การใช้งานในด้านต่างๆ	6
1.2.3 ความเป็นพิษของพอร์มัลดีไฮด์	11
1.2.4 การปลดปล่อยสารระเหยพอร์มัลดีไฮด์จากการผลิตไม้เอ็มดีเอฟ	17
1.2.5 ค่ามาตรฐานความเข้มข้นของพอร์มัลดีไฮด์ในสถานประกอบการ	17
1.2.6 การประเมินความเสี่ยง	19
1.2.7 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ	20
1.2.8 ไม้เอ็มดีเอฟ (MDF; Medium Density Fiber Board)	26
1.2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	31
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	33
1.4 สมมุติฐานของการวิจัย	34
1.5 ขอบเขตของงานวิจัย	34
1.6 กรอบแนวคิด	35
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	36
บทที่ 2 วิธีการดำเนินการวิจัย	37
2.1 วัสดุและอุปกรณ์	37
2.1.1 อุปกรณ์เก็บตัวอย่าง	37
2.1.2 สารเคมีที่ใช้	38

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2 วิธีการดำเนินการวิจัย	39
2.2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล	40
2.2.2 การสำรวจพื้นที่ที่ทำการศึกษา	40
2.2.3 การเก็บตัวอย่างอากาศ	42
2.2.4 การควบคุมคุณภาพของการวิเคราะห์ตัวอย่าง	57
2.2.5 การวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในตัวอย่างอากาศ	57
2.2.6 การวิเคราะห์ข้อมูล สรุปผล และรายงานผลการวิจัย	59
2.2.7 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ	60
2.2.8 การวิเคราะห์ข้อมูล สรุปผล และรายงานผลการวิจัย	61
บทที่ 3 ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย	60
3.1 ปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประเภทติดตั้งกับพื้นที่ปฏิบัติงานภายในอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟ	63
3.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประเภทติดกับตัวบุคคล	67
3.2.1 ประกาศของกระทรวงมหาดไทย ประเทศไทย	71
3.2.2 The Occupational Safety and Health Administration (OSHA)	71
3.2.3 The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)	74
3.3 ข้อมูลการรับสัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์และการวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมสุขภาพของกลุ่มตัวอย่าง	74
3.3.1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง	74
3.3.2 ข้อมูลประวัติการทำงาน	75
3.3.3 ข้อมูลพฤติกรรมของกลุ่มตัวอย่าง	75
3.4 การประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง (Cancer Risk)	78
3.4.1 ผลการประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง (Cancer Risk)	80
3.4.2 ผลการประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง (Cancer Risk) เทียบกับงานวิจัยอื่นๆ	87
3.5 การประเมินความเสี่ยงอื่นนอกจากมะเร็ง (Non-Cancer Risk)	88

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
4.1 ผลการศึกษาความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศภายในอาคาร จากอุตสาหกรรมผลิตไม้เอ็มดีเอฟ (MDF: Medium Density Fiberboard)	91
4.1.1 ปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประเภท ติดตั้งกับพื้นที่ปฏิบัติงานภายในอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟ	91
4.1.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประเภทติด กับตัวบุคคล	93
4.2 พฤติกรรมสุขภาพของกลุ่มตัวอย่าง	96
4.3 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานจากการสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ จากอุตสาหกรรมผลิตไม้เอ็มดีเอฟ	97
4.3.1 ผลการประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง (Cancer Risk)	97
4.3.2 ผลการประเมินความเสี่ยงอื่นนอกจากมะเร็ง (Non-Cancer Risk)	98
4.4 มาตรการและแนวทางการแก้ไขป้องกันความเสี่ยง	98
4.4.1 มาตรการและแนวทางที่ดำเนินการแล้ว	98
4.4.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง	99
บรรณานุกรม	102
ภาคผนวก ก	105
ภาคผนวก ข	112
ประวัติผู้วิจัย	125

รายการตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1-1	ข้อมูลทางเคมีของฟอร์มัลดีไฮด์	4
ตารางที่ 1-2	สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties) ของก๊าซฟอร์มัลดีไฮด์และฟอร์มัลลิน	4
ตารางที่ 1-3	สมบัติทางเคมีของก๊าซฟอร์มัลดีไฮด์และฟอร์มัลลิน	6
ตารางที่ 1-4	ระดับความเป็นพิษของสารฟอร์มัลดีไฮด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ	15
ตารางที่ 1-5	ข้อมูลค่ามาตรฐานความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในสถานประกอบการ	19
ตารางที่ 1-6	สูตรการคำนวณการได้รับสารเข้าสู่ร่างกาย โดยผ่านเส้นทางต่างๆ	22
ตารางที่ 1-7	ค่าคงที่สำหรับประเมินสิ่งคุกคามที่ได้รับสำหรับการสัมผัสในพื้นที่อุตสาหกรรม	24
ตารางที่ 2-1	ข้อมูลระยะเวลาการปฏิบัติงานของพนักงาน	41
ตารางที่ 2-2	ข้อมูลจำนวนพนักงานในแต่ละพื้นที่ปฏิบัติงาน	41
ตารางที่ 2-3	ข้อมูลจำนวนพนักงานในแต่ละพื้นที่แยกตามช่วงเวลาปฏิบัติงาน	42
ตารางที่ 2-4	ข้อมูลจุดเก็บตัวอย่างอากาศ	43
ตารางที่ 2-5	ข้อมูลจุดเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตั้งกับพื้นที่ปฏิบัติงาน	46
ตารางที่ 2-6	ข้อมูลจุดเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดกับตัวผู้ปฏิบัติงาน (กะเช้า)	48
ตารางที่ 2-7	ข้อมูลรหัสกลุ่มตัวอย่าง ตำแหน่งงาน และลักษณะงาน	50
ตารางที่ 3-1	ปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประเภทติดตั้งกับพื้นที่	63
ตารางที่ 3-2	ปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประเภทติดกับตัวบุคคล	68
ตารางที่ 3-3	ความเข้มข้นเฉลี่ยของของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประเภทติดกับตัวบุคคล	72
ตารางที่ 3-4	ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างสำหรับการเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดกับตัวบุคคล	74
ตารางที่ 3-5	ข้อมูลพฤติกรรมการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง	76
ตารางที่ 3-6	อาการเฉียบพลันของกลุ่มตัวอย่าง	78
ตารางที่ 3-7	ข้อมูลค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งตลอดชีวิต (Lifetime cancer risk)	80

รายการตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 3-8 กลุ่มตัวอย่างที่มีค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งตลอดชีวิต (Lifetime cancer risk) ในช่วงฤดูร้อน (6 เมษายน พ.ศ. 2558) เกินเกณฑ์ที่ยอมรับได้	83
ตารางที่ 3-9 กลุ่มตัวอย่างที่มีค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งตลอดชีวิต (Lifetime cancer risk) ในช่วงฤดูฝน (7 ธันวาคม พ.ศ. 2558) เกินเกณฑ์ที่ยอมรับได้	85
ตารางที่ 3-10 การเปรียบเทียบค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งตลอดชีวิต (Lifetime cancer risk) กับงานวิจัยอื่นๆ	87
ตารางที่ 3-11 ค่าความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ)	88
ตารางที่ 4-1 ระดับความเป็นพิษของสารฟอร์มัลดีไฮด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ	92
ตารางที่ 4-2 ค่าความเสี่ยงการเกิดโรคมะเร็งแบ่งตามฤดูกาล	97
ตารางที่ ข-1 ข้อมูลความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัดแบบติดตัวพนักงาน	113
ตารางที่ ข-2 ข้อมูลปริมาณของสารก่อมะเร็งที่ได้รับ (mg/(kg.day))	114
ตารางที่ ข-3 ข้อมูล Slope Factor ของสารก่อมะเร็ง ((kg.day)/mg)	116
ตารางที่ ข-4 ข้อมูลค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งตลอดชีวิต (Lifetime cancer risk)	118
ตารางที่ ข-5 ค่าความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกเหนือจากมะเร็ง (Non-Cancer Risk)	119

รายการภาพประกอบ

		หน้า
ภาพที่ 1-1	แผนผังสัดส่วนการใช้ฟอร์มาลีนในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ของประเทศไทย	7
ภาพที่ 1-2	แผนผังอุตสาหกรรมต่อเนื่องและการใช้ประโยชน์จากฟอร์มาลดีไฮด์	9
ภาพที่ 1-3	ตัวอย่างกระบวนการผลิตยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์	10
ภาพที่ 1-4	ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ	22
ภาพที่ 1-5	ผังกระบวนการผลิตไม้เอ็มดีเอฟ (MDF: Medium Density Fiberboard)	29
ภาพที่ 1-6	กระบวนการผลิตไม้เอ็มดีเอฟ (MDF: Medium Density Fiberboard)	30
ภาพที่ 2-1	เครื่องมือและชุดอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างสารฟอร์มาลดีไฮด์แบบพื้นที่และติดตัวบุคคล	39
ภาพที่ 2-2	จุดเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตั้งกับพื้นที่ (ชั้นล่าง)	44
ภาพที่ 2-3	จุดเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตั้งกับพื้นที่ (ชั้นบน)	45
ภาพที่ 2-4	ผังของจุดเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดกับตัวบุคคล (ผู้ปฏิบัติงาน)	49
ภาพที่ 2-5	การเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตั้งกับพื้นที่	55
ภาพที่ 2-6	การเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดกับตัวบุคคล	56
ภาพที่ 3-1	การเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตั้งกับพื้นที่ จำนวน 37 พื้นที่	65
ภาพที่ 3-2	จุดเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตั้งกับพื้นที่ (ชั้นล่าง)	65
ภาพที่ 3-3	จุดเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตั้งกับพื้นที่ (ชั้นบน)	66
ภาพที่ 3-4	ผังของจุดเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดกับตัวบุคคล (ผู้ปฏิบัติงาน)	70
ภาพที่ 3-5	ผังแสดงค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งตลอดชีวิต (Lifetime cancer risk) ของผู้ปฏิบัติงาน	82

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ปัจจุบันสิ่งแวดล้อมของโลกได้ถูกมนุษย์ทำลายลงเป็นอย่างมาก อาทิเช่น การตัดไม้ทำลายป่า สภาพของสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปดังกล่าว ย่อมส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิดบนโลกรวมทั้งมนุษย์ ดังนั้นจึงก่อให้เกิดกระแสค่านิยมรักษ์สิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น สำหรับในกลุ่มธุรกิจที่มีความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงกับสิ่งแวดล้อมโดยตรง การทำลายสิ่งแวดล้อมย่อมส่งผลกระทบต่อการดำเนินธุรกิจตามไปด้วย ดังนั้นผู้ประกอบการจึงมีความจำเป็นต้องหาวิธีการหรือกระบวนการต่างๆ เพื่อบริหารจัดการธุรกิจภายใต้ข้อจำกัดด้านสิ่งแวดล้อม สำหรับประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศที่กำลังพัฒนาที่ยังคงประสบกับปัญหาการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง ประกอบกับข้อกำหนดกฎหมายการบังคับใช้กฎหมายด้านสิ่งแวดล้อมและแรงงานยังไม่มีประสิทธิภาพที่เพียงพอ ตลอดจนการส่งเสริมการลงทุนทางอุตสาหกรรมที่ยังขาดการคำนึงถึงปัญหาสุขภาพและสิ่งแวดล้อม จึงทำให้คนงานและประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่อุตสาหกรรมของประเทศไทยมีโอกาสได้รับสารมลพิษมากกว่าคนงานและประชาชนในประเทศที่พัฒนาแล้ว (สุจิตรา แดงเรือง, 2554) การดำเนินงานของภาคอุตสาหกรรมต่างๆ หลากประเภทในประเทศไทย ก่อให้เกิดการปนเปื้อนและการแพร่กระจายของสารมลพิษในสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปนเปื้อนของสารมลพิษในบรรยากาศ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสุขภาพของคนงาน ประชาชน และสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ได้

รูปแบบและลักษณะของสารมลพิษที่มีการปนเปื้อนในบรรยากาศมีหลากหลายชนิดและสถานะ เช่น ฝุ่นละออง โทลูอีน คาร์บอนมอนนอกไซด์ และโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic aromatic hydrocarbons; PAHs) และยังมีสารมลพิษชนิดอื่นๆ อีกจำนวนมาก ซึ่งล้วนแล้วแต่มีพิษต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมรอบข้าง รวมถึงฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde) ซึ่งเป็นสารเคมีในกลุ่มแอลดีไฮด์ มีสถานะเป็นแก๊สที่อุณหภูมิห้อง มีกลิ่นฉุนแสบจมูก เมื่อได้รับสัมผัสจะก่อให้เกิดอาการระคายเคืองต่อตา จมูก ผิวหนัง ทำให้ปวดศีรษะและมึนงง

โดยปกติฟอร์มัลดีไฮด์ไม่สามารถเก็บอยู่ในสถานะแก๊สได้ เนื่องจากอยู่ในรูปของพอลิเมอร์ (CH_2O)_n ดังนั้นจึงต้องเตรียมอยู่ในรูปสารละลายเข้มข้นร้อยละ 37-40 โดยปริมาตร ซึ่งเรียกว่าสารละลายฟอร์มาลิน (Formalin Solution) ที่ใช้ในการดองพืชและสัตว์ ในเชิงพาณิชย์ไม่มีการจำหน่ายฟอร์มัลดีไฮด์บริสุทธิ์ แต่มีการจำหน่ายในรูปสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์เข้มข้นร้อยละ 30-50 โดยมวล (เรียกว่าสารละลายพาราฟอร์มัลดีไฮด์) ในรูปของแข็ง เรียกว่า Trioxane (CH_2O)₃ และในรูปพอลิเมอร์

พาราฟอร์มัลดีไฮด์จะถูกเปลี่ยนกลับมาเป็นพอร์มัลดีไฮด์เมื่อได้รับความร้อน จึงสะดวกในการเก็บและขนส่ง พอร์มัลดีไฮด์มีประโยชน์ในการเป็นวัตถุดิบหรือสารตั้งต้นที่สำคัญในการเตรียมสารอื่นๆ เช่น กรดฟอร์มิกใช้ทำพลาสติก ที่เรียกว่า ยูเรียพอร์มัลดีไฮด์ พาราพอร์มัลดีไฮด์ และถ้าทำปฏิกิริยากับฟีนอลจะได้ฟีนอลพอร์มัลดีไฮด์ (Bakelite) ที่ใช้เป็นกาวสำหรับทำเฟอร์นิเจอร์ไม้ และใช้ทำโคมเพื่อเป็นฉนวน เป็นต้น (คัทลียา เงินจัน, 2555)

เฟอร์นิเจอร์ส่วนใหญ่ในปัจจุบันนี้ถูกผลิตจากแผ่นไม้ประกอบ (Wood Composite) ตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑจากแผ่นไม้อัด หรือปาร์ติเกิลบอร์ด (Particle Board) ซึ่งไม้ประเภทนี้จะใช้กาวยูเรียพอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวยึด พอร์มัลดีไฮด์ในรูปของเหลวจะแทรกซึมอยู่ภายในไม้ประกอบที่นำมาใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ และจะกลายเป็นสารระเหยพอร์มัลดีไฮด์ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตา แต่สามารถรับรู้ได้จากกลิ่น รวมถึงในบางรายจะมีอาการระคายเคือง แสบตา แสบจมูก วิงเวียนศีรษะ บางรายอาจเกิดอาการเป็นผื่นขึ้นตามผิวหนัง โดยอาการที่แสดงของแต่ละคนจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยส่วนบุคคลร่วมด้วย แต่การได้รับสารพอร์มัลดีไฮด์ในปริมาณน้อยๆ เป็นระยะเวลานานๆ ติดต่อกันอาจส่งผลให้เกิดอาการไอ หายใจติดขัด และอาจถึงขั้นเสียชีวิตได้ (ศูนย์อาชีวอนามัยมาบตาพุด, 2553) ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการฟุ้งกระจายของพอร์มัลดีไฮด์ในอากาศนี้เป็นผลกระทบที่ค่อนข้างรุนแรงและอันตรายต่อสุขภาพ เนื่องจากมีงานวิจัยรายงานว่า พอร์มัลดีไฮด์เป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ (Carcinogenic to Humans) เมื่อได้รับสัมผัสทางการหายใจ โดยจัดอยู่ในกลุ่ม I (The International Agency for Research on Cancer; IARC, 2006)

อุตสาหกรรมผลิตไม้เอ็มดีเอฟ (MDF: Medium Density Fiberboard) เป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้พอร์มัลดีไฮด์เป็นสารตั้งต้นในการผลิตกาวยูเรียพอร์มัลดีไฮด์ เพื่อใช้ในกระบวนการผลิตวัสดุทดแทนไม้ และมีปริมาณสัดส่วนการใช้กาวยูเรียพอร์มัลดีไฮด์สูงกว่ากระบวนการผลิตไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด และอุตสาหกรรมผลิตไม้อื่นๆ ดังนั้นสิ่งที่ได้จากกระบวนการผลิต นอกจากผลิตภัณฑตามความต้องการแล้วยังส่งผลให้พอร์มัลดีไฮด์ฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศการทำงานในปริมาณมากและมีความเข้มข้นสูง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานในกระบวนการผลิต ประชาชน และสิ่งแวดล้อมข้างเคียงได้ เนื่องจากอุตสาหกรรมผลิตไม้เอ็มดีเอฟนั้นไม่สามารถหลีกเลี่ยงการใช้กาวที่มีส่วนผสมของสารพอร์มัลดีไฮด์ได้ จึงทำให้พนักงานมีโอกาสรับสัมผัสพอร์มัลดีไฮด์ที่มีปริมาณมากและความเข้มข้นสูงทางการหายใจ ตลอดระยะเวลาปฏิบัติงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน และอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยจากการรับสัมผัสพอร์มัลดีไฮด์เป็นระยะเวลานานอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากฝุ่นไม้ หรือสาร พอร์มัลดีไฮด์ มีส่วนเกี่ยวข้องต่อการเป็นมะเร็ง (Vaughan et al., 2000)

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาความเข้มข้นของพอร์มัลดีไฮด์ในอากาศภายในอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟ ประเมินการรับสัมผัสพอร์มัลดีไฮด์ของพนักงานในกระบวนการผลิตผ่านทางทางการหายใจ

ตลอดจนประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของพนักงานที่ปฏิบัติงานในกระบวนการผลิตไม้เอ็มดีเอฟ ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ทั้งในทางตรงต่อพนักงานที่ปฏิบัติงาน ประชาชน และสิ่งแวดล้อมในบริเวณใกล้เคียงกับสถานที่ที่ทำการศึกษา และในทางอ้อมต่อหน่วยงานภาครัฐทั้งในส่วนกลาง ส่วนภูมิภาค และส่วนท้องถิ่นที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้ หน่วยงานระดับนโยบายของประเทศยังสามารถนำข้อมูลจากงานวิจัยนี้ไปใช้ในการกำหนดมาตรการ และแนวทางการจัดการปัญหาการปนเปื้อนของฟอร์มัลดีไฮด์ในสิ่งแวดล้อมได้

1.2 การตรวจเอกสาร

ทฤษฎีต่างๆ รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์ของคณงานในโรงงานผลิตไม้เอ็มดีเอฟ มีดังต่อไปนี้

1.2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารฟอร์มัลดีไฮด์

ฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde) หรือฟอร์มาลิน (Formalin) คือสารตัวเดียวกัน เป็นสารไม่มีสีและติดไฟง่ายที่อุณหภูมิห้อง จัดเป็นวัตถุมีพิษและสารอันตรายที่มีคุณสมบัติเป็นสารก่อให้เกิดอันตรายจากไฟและการระเบิด สารที่มีฤทธิ์กัดกร่อน เพียงแต่ถ้าเมื่ออยู่ในรูปของเหลวหรือสารละลายจะเรียกว่าฟอร์มาลีน

ส่วนฟอร์มัลดีไฮด์มีสถานะเป็นก๊าซหรือสารระเหยที่อุณหภูมิปกติ สารประกอบฟอร์มาลินจะมีฟอร์มัลดีไฮด์เป็นส่วนประกอบอยู่ร้อยละ 30-50 โดยน้ำหนัก สารละลายฟอร์มาลินจะไม่เสถียรเมื่อเก็บไว้นานโดยเฉพาะที่อุณหภูมิสูงจะเกิดปฏิกิริยากลายเป็นกรดฟอร์มิก จึงต้องมีการเติมสารที่ทำให้เสถียร (Stabilizer) (ศูนย์อาชีวอนามัยมาบตาพุด, 2553) (ตารางที่ 1-1, 1-2 และ 1-3)

ตามข้อมูลในคำจำกัดความของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds; VOCs) ในงานด้านมลพิษทางอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality; IQA) ของสหรัฐอเมริกา ระบุไว้ว่า เป็นสารมลพิษทางอากาศที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย ทั้งในกรณีปรากฏผลในระยะเฉียบพลันหรือระยะเรื้อรังที่ปรากฏพบบ่อยภายในอาคาร ซึ่งสารหนึ่งในกลุ่มนี้คือสารฟอร์มัลดีไฮด์

ตารางที่ 1-1 ข้อมูลทางเคมีของฟอร์มาลดีไฮด์

ชื่อทางเคมี (Chemical Name)	ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde)
หมายเลข CAS Registry	000050-00-0
ชื่อพ้อง Synonyms	Formaldehyde; Formic Aldehyde; Formalin; Methanol Methaldehyde
ชื่อ IUPAC Name	Formaldehyde
หมายเลข CAS Number	8013-13-6
สูตรเคมี	CH ₂ O
โครงสร้างทางเคมี	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{H} \end{array}$

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553

ตารางที่ 1-2 สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties) ของก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์และฟอร์มาลีน

สมบัติของ Formaldehyde	ก๊าซ Formaldehyde	ของเหลว Formalin
สภาพที่ปรากฏ	ไม่พบสี	ไม่พบสี
กลิ่น	กลิ่นฉุนและค่อนข้างรุนแรง	กลิ่นฉุนและค่อนข้างรุนแรง
น้ำหนักของโมเลกุลสาร	30.03 g.mol ⁻¹	30.03 g.mol ⁻¹
จุดเดือดของสาร	- 19.5 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศ	96 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศ
จุดหลอมเหลว / จุดเยือกแข็ง	-117 องศาเซลเซียส	- 92 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิวิกฤต	ระหว่าง 137.2 ถึง 141.2 องศาเซลเซียส	ไม่มี
คุณสมบัติ ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	2.8 – 4.0 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 1-2 สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties) ของก๊าซฟอร์มัลดีไฮด์และฟอร์มาลีน (ต่อ)

สมบัติของ Formaldehyde	ก๊าซ Formaldehyde	ของเหลว Formalin
ความหนาแน่นไอสัมพันธ์	1.08 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (อากาศ =1)	1.04 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (น้ำ =1)
Log K _{ow}	0.35	0.35
ความดันไอ	3,890 มม.ปรอท ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	1.52 มม. ปรอท ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส
ความสามารถในการละลาย	ละลายได้ดีในน้ำ แอลกอฮอล์ อีเทอร์ และอะซีโตน	ละลายได้ดีในน้ำ แอลกอฮอล์ อีเทอร์ และอะซีโตน
อุณหภูมิที่ทำให้เกิดการ ติดไฟได้เอง	424 องศาเซลเซียส	424 องศาเซลเซียส
ขีดจำกัดในการระเบิด	ร้อยละ 7-73 โดยปริมาตร	ร้อยละ 7-7 โดยปริมาตร

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553

ตารางที่ 1-3 สมบัติทางเคมีของก๊าซฟอร์มัลดีไฮด์และฟอร์มัลลิน

สมบัติทางเคมี	ก๊าซฟอร์มัลดีไฮด์	ฟอร์มัลลิน
การเกิดปฏิกิริยา	<ol style="list-style-type: none"> 1. Polymerization 2. Oxidation 3. Addition 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Polymerization 2. Decomposition 3. Reduction 4. Oxidation 5. Addition 6. Condensation
สารที่ต้องหลีกเลี่ยง	Dithiocarbamates, amines, AZO Compounds, caustics, alkali และ alkali earth metals, nitro compound, nitrides, unsaturated aliphatics และ organic peroxides, oxidizing agents, sulfides, reducing agents	
สารอันตรายที่เกิดจากการสลายตัว	เมื่อถูกความร้อนจะทำให้สารเกิดการสลายตัวเป็นกรดฟอร์มิก โดยหากเกิดเพลิงไหม้จะทำให้เกิดการสลายตัวให้ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), คาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂) และไฮโดรเจน (H) ซึ่งจะเกิดหมอกควันที่เป็นพิษและส่งผลกระทบต่ออันตราย	

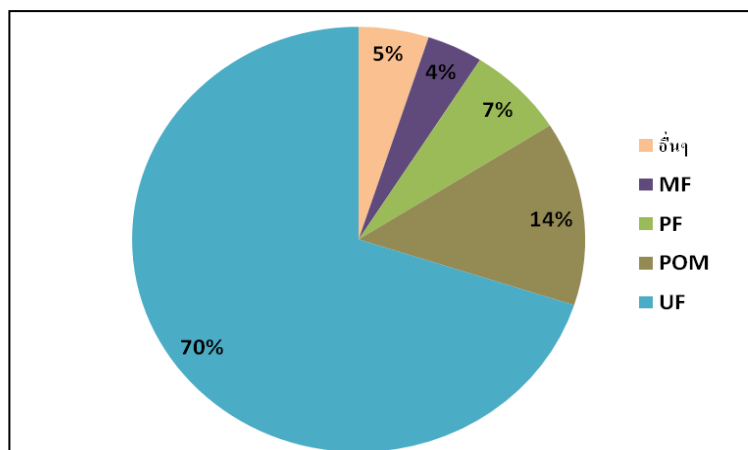
ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553

1.2.2 การใช้งานในด้านต่างๆ

ฟอร์มัลดีไฮด์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรม เกษตรกรรม และทางการแพทย์ ดังนี้ (แก้ว ขจรไชยกูล, 2543)

1.2.2.1 ด้านอุตสาหกรรม

ประเทศไทยส่วนใหญ่ใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ในการผลิตสารยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ถึงร้อยละ 70 ของการผลิตทั้งหมด โดยปริมาณการใช้ฟอร์มัลลินในแต่ละประเภทอุตสาหกรรม แสดงไว้ในภาพที่ 1-1



ภาพที่ 1-1 แผนผังสัดส่วนการใช้ฟอร์มาลีนในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ของประเทศไทย
ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553

ความหมาย

UF (Urea-Formaldehyde) ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

MF (Melamine Formaldehyde) เมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์

PF (Phenol Formaldehyde) ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์

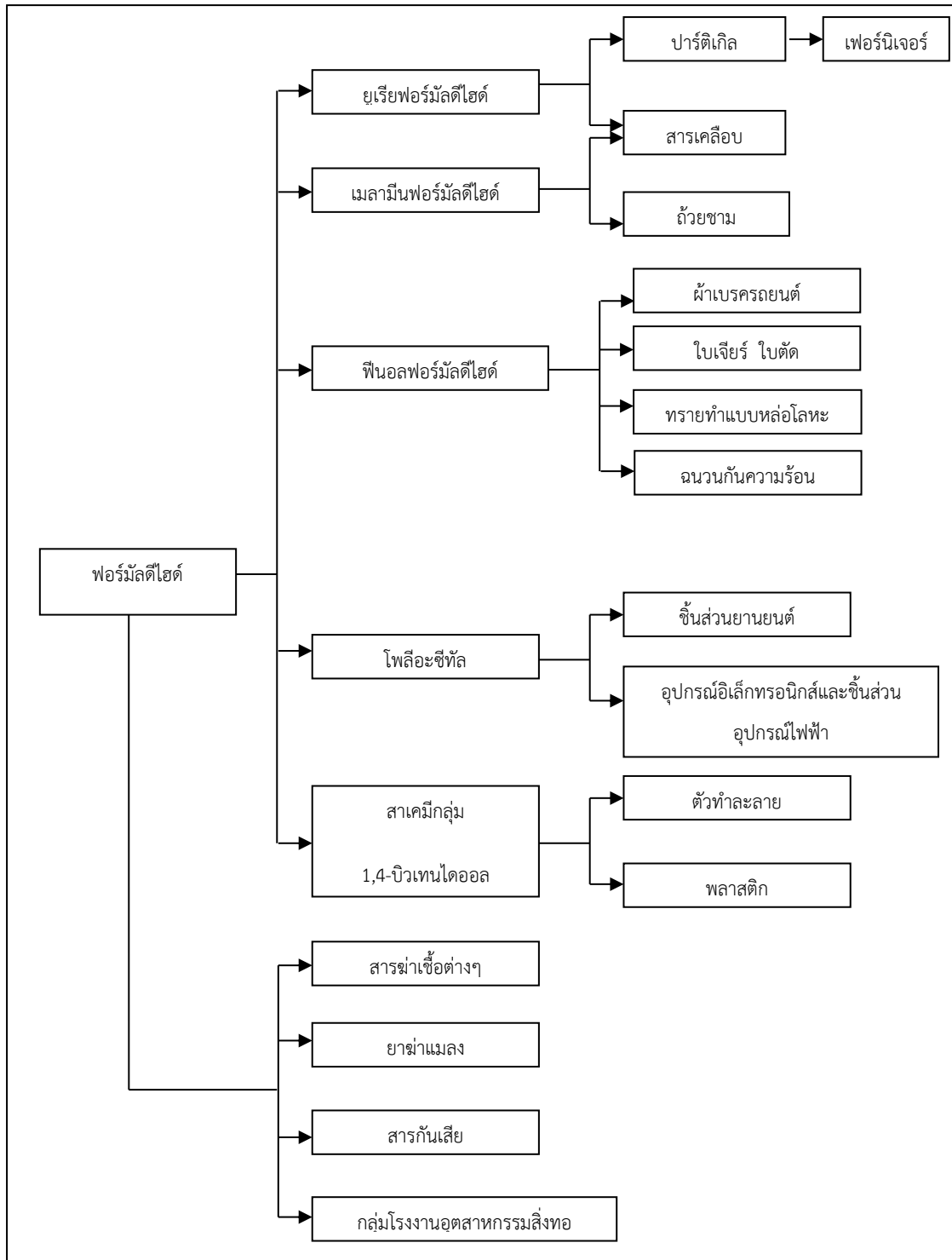
POM (Polyoxymethylene) โพลีออกซีเมทิลีน หรือ (Polyacetal Plastic) พลาสติกโพลีอะซีทัล

สารประกอบเชิงซ้อนของฟอร์มาลดีไฮด์ มีคุณสมบัติทำให้ผ้าและกระดาษแข็งเกาะกัน จึงนำมาใช้ในการทำบอร์ดหรือไม้อัด ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ เพื่อผลิตผงที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงลักษณะน้ำหนักและความแข็งแรงของไหมสังเคราะห์ ใช้ในการรักษาผ้าไม่ให้ยับ หรือย่นในอุตสาหกรรมกระดาษ เพื่อให้กระดาษลื่นและกันน้ำได้ สำหรับการใส่ฟอร์มาลดีไฮด์ในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ มีดังนี้

1) ฟอร์มาลดีไฮด์ใช้เป็นสารตั้งต้นสำหรับผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่ใช้มากคือ นำไปทำเม็ดพลาสติกชนิดต่างๆ ที่มีชื่อเรียกกันว่า ยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ (Urea-Formaldehyde) หรือ ฟีนอล-ฟอร์มาลดีไฮด์ (Phenol-Formaldehyde) ที่ใช้เป็นกาวสำหรับเฟอร์นิเจอร์ไม้ ใช้ทำโฟมเพื่อเป็นฉนวน และใช้ในการผลิตเรซิน (Melamine-Formaldehyde) เป็นต้น

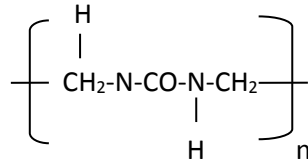
- 2) ใช้ในการสังเคราะห์สีต่างๆ เช่น สีคราม สีแดง และสีอะครีลิก
- 3) ใช้ในการย้อมเพื่อปรับปรุงให้สีและสีย้อมติดแน่นขึ้น
- 4) ใช้ในการฟอกสี การพิมพ์ และฟอกหนัง เป็นต้น
- 5) ใช้ในการผสมโลหะ เพื่อระงับการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน
- 6) ใช้สำหรับถ่ายภาพ ทำให้เก็บรักษาได้นาน

หากศึกษารายละเอียดของการนำฟอร์มาลีนมาใช้ในอุตสาหกรรมจะพบว่า อุตสาหกรรมต่อเนื่องที่มีการนำสารฟอร์มาลีนมาใช้ประโยชน์มีอยู่หลายประเภท ดังแสดงในภาพที่ 1-2



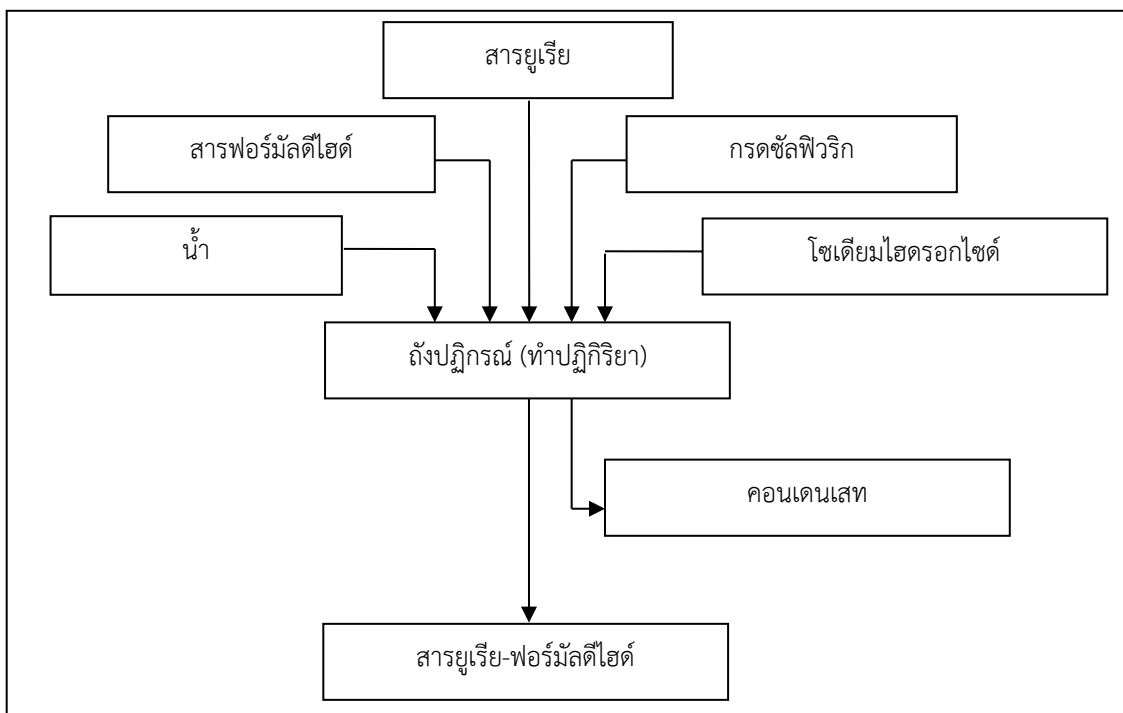
ภาพที่ 1-2 แผนผังอุตสาหกรรมต่อเนื่องและการใช้ประโยชน์จากฟอร์มาลดีไฮด์
ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553

สำหรับโรงงานปาร์ติเกิลบอร์ดหรือกลุ่มธุรกิจวัสดุทดแทนไม้ จะมีส่วนผสมที่สำคัญของฟอร์มาลดีไฮด์ในรูปของยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (Urea Formaldehyde) ซึ่งมีสูตรโครงสร้างดังนี้



โดยที่ n คือ ตัวเลขใดๆ

ยูเรียและฟอร์มาลีนความเข้มข้นร้อยละ 42-50 โดยน้ำหนัก ถูกผลิตเป็นยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ โดยผ่านกระบวนการใช้กรดซัลฟิวริกและโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ให้เหมาะสมในแต่ละขั้นตอน โดยศึกษาตัวอย่างกระบวนการผลิตยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ได้ดังภาพที่ 1-3



ภาพที่ 1-3 ตัวอย่างกระบวนการผลิตยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553

1.2.2.2 ด้านการเกษตร

- 1) ใช้สำหรับการทำลายและป้องกันจุลินทรีย์และต้นไม้ที่เป็นโรค
- 2) ใช้ป้องกันผลผลิตจากการเสียหายระหว่างการขนส่งและการเก็บรักษา
- 3) ใช้ฆ่าเชื้อราในดิน
- 4) ใช้ทำความสะอาดสถานที่สำหรับเก็บอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ลังไม้
- 5) ใช้เป็นส่วนผสมของสารละลายที่ใช้เคลือบผัก ผลไม้จำพวกส้มระหว่างการเก็บเกี่ยว เพื่อชะลอและลดการเน่าเสีย
- 6) ใช้เป็นปุ๋ย
- 7) ใช้ในบ่อเลี้ยงปลาเพื่อป้องกันการเกิดโรคในปลา

1.2.2.3 ด้านการแพทย์

- 1) ใช้ในการเก็บรักษา Anatomical Specimens เพื่อคงสภาพของเนื้อเยื่อไม่ให้เน่าเสีย
- 2) ใช้สารละลายฟอร์มาลินสำหรับฆ่าเชื้อโรคในเครื่องมือต่างๆ เช่น เครื่องฟอกเลือด (เครื่องล้างไต) เครื่องมือเครื่องใช้ในการเตรียมและสังเคราะห์ผลิตภัณฑ์ยา และวัคซีน
- 3) ไอระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์สามารถนำมาอบห้องฆ่าเชื้อโรคตามโรงพยาบาล
- 4) สารละลายฟอร์มาลินมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อรา

1.2.3 ความเป็นพิษของฟอร์มัลดีไฮด์

ฟอร์มัลดีไฮด์ และฟอร์มาลินเป็นอันตรายต่อระบบต่างๆ ในร่างกาย โดยส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ ดวงตา อีกทั้งยังเป็นสารไวไฟ และอาจเป็นสารก่อมะเร็ง โดยได้มีข้อโต้เถียงระดับสากลเกี่ยวกับการจำแนกให้ฟอร์มาลินอาจเป็นสารก่อมะเร็ง ซึ่งสถาบันวิจัยมะเร็งนานาชาติ (International Agency for Research on Cancer; IARC) ระบุว่าฟอร์มาลินอาจเป็นสารก่อมะเร็งกลุ่ม 1 จากการเก็บข้อมูลการเกิดมะเร็งในคน แต่กลุ่มประชาคมยุโรป (European Union; EU) จัดให้ฟอร์มาลินอาจเป็นสารก่อมะเร็งกลุ่ม C3 (ไม่มีข้อมูลระบุชัดเจนว่าฟอร์มาลินเป็นสาเหตุของการเกิดมะเร็งในคน) (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553)

จากการจัดกลุ่มโดยสถาบันวิจัยมะเร็งนานาชาติ (IARC) ซึ่งเป็นองค์กรที่อยู่ภายใต้การกำกับดูแลขององค์การอนามัยโลก (The World Health Organization; WHO) มีสำนักงานอยู่ที่เมืองเจนีวา ประเทศฝรั่งเศส ทำหน้าที่หลักในการพัฒนาสนับสนุนการวิจัยเกี่ยวกับโรคมะเร็ง องค์กร IARC เป็นผู้ประเมินและจัดกลุ่มสารก่อมะเร็งที่ได้รับความเชื่อถือสูงที่สุดในโลก โดยทางองค์กรจะเชิญผู้เชี่ยวชาญจากนานาประเทศ มาพิจารณา ทบทวนประเมินข้อมูลงานวิจัยทั่วโลกเกี่ยวกับ สารเคมี/ เชื้อโรค/ สภาพการณ์ ที่ก่อให้เกิดมะเร็ง ได้มีการจัดฟอร์ มัลดีไฮด์เป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ (Carcinogenic to humans) เมื่อมีการรับสัมผัสผ่านทาง การหายใจ และ ทำการจัดให้อยู่ในกลุ่ม 1 เมื่อปี ค.ศ. 2004 (IARC, 2006) โดยได้ให้ความหมายของการจัดกลุ่มไว้ ดังนี้

กลุ่ม 1	ยืนยันว่าเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ (Carcinogenic to humans)
กลุ่ม 2A	น่าจะเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ (Probably carcinogenic to humans)
กลุ่ม 2B	อาจจะเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ (Possibly carcinogenic to humans)
กลุ่ม 3	ไม่สามารถจัดกลุ่มได้ว่าเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์หรือไม่ (Not classifiable as to its carcinogenicity to humans)
กลุ่ม 4	น่าจะไม่เป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ (Probably not carcinogenic to humans)

1.2.3.1 กลไกการก่อโรคของฟอร์มัลดีไฮด์

เมื่อร่างกายได้รับฟอร์มัลดีไฮด์เข้าไปจะถูกออกซิไดซ์ไปเป็นกรดฟอร์มิก (Formic Acid) แล้วเกิดการแปรรูปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และน้ำ (H_2O) อธิบายได้ว่า ถ้าร่างกายได้รับในจำนวนมากๆ จะทำให้เกิดภาวะกรดในชั้นร่างกาย (Metabolic Acidosis) โดยกรดฟอร์มิกที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะถูกขับออกมาจากร่างกายในรูปโซเดียมฟอร์มเมททางปัสสาวะ นอกจากนั้นจะถูกขับออกจาก ร่างกายทางลมหายใจในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) (อดุลย์ บัณพุกุล, 2542)

ฟอร์มัลดีไฮด์มีการออกฤทธิ์กดระบบทางเดินหายใจจนอาจทำให้เกิดโรคหอบหืด (Asthma) และโรคปอดอักเสบ (Toxic Pneumonitis) หากมีการรับสัมผัสทางผิวหนังจะทำให้เกิดการไหม้ (Skin Burns) และยังเป็นสารที่กระตุ้นให้เกิดผื่นแพ้ (Contact Dermatitis) อีกทั้งยังพบว่าฟอร์มัลดีไฮด์ เป็นสารก่อมะเร็ง เช่น มะเร็งโพรงหลังจมูก เป็นต้น (วิวัฒน์ เอกบูรณะวัฒน์ และสุทธิพัฒน์ วงศ์วิทย์วิโชติ, 2556)

1.2.3.2 ความเป็นพิษต่อสัตว์ทดลอง

ฟอร์มาลดีไฮด์มีผลทำให้หนูเกิดความระคายเคืองตา จมูก และช่องอก เมื่อได้ทำการทดลองให้สารละลายฟอร์มาลดีไฮด์ร้อยละ 2-4 โดยปริมาตรเข้าสู่กระเพาะอาหาร หนูทดลองจะมีลักษณะอาการเมื่อได้รับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์มากขึ้น (>120 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร) โดยจะส่งผลให้มีอาการกรีนลำปาก หายใจขัดเฉียบพลัน อาเจียน กล้ามเนื้อกระตุก และตายในที่สุด

ฟอร์มาลดีไฮด์ส่งผลกระทบต่อการระคายเคืองในระบบทางเดินหายใจ ถุงลมในปอด และอาการบวม น้ำในถุงลมปอด ผลกระทบที่เกิดขึ้นหลังจากที่หนูทดลองได้รับความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์ 10 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จะเกิดอาการขับเมือก หรือของเหลวใสในเซลล์ (United Nations Environment Programme (UNEP), 2002)

1.2.3.3 ความเป็นพิษต่อมนุษย์

1) ความเป็นพิษต่อระบบทางเดินหายใจ

ฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารที่มีคุณสมบัติละลายได้ดีในน้ำ หากเข้าสู่ร่างกายทางการหายใจจะเกิดการละลายและออกฤทธิ์ตั้งแต่บริเวณเยื่อจมูก โดยคุณสมบัติของสารจะมีกลิ่นฉุนและส่งผลให้เกิดการระคายเคืองต่อเยื่อบริเวณจมูก ตา และลำคอ แต่ความไวต่อกลิ่นของแต่ละคนนั้นแตกต่างกันไป ระดับที่คนทั่วไปทนได้อยู่ที่ระดับต่ำกว่า 3 ppm ถ้าระดับสูงกว่านี้ มักไม่สามารถทนอยู่ในที่นั้นได้ต่อไป มีงานวิจัยศึกษาในคนงานที่ได้รับสารฟอร์มาลดีไฮด์เกิน 3 ppm พบว่าทำให้สมรรถภาพการทำงานของปอดลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าอาจทำให้เกิดโรคหอบจากการรับสัมผัสทางการหายใจขึ้นได้ (Winder, 2004)

2) ความเป็นพิษต่อระบบสืบพันธุ์

มีงานวิจัยที่ศึกษาในผู้หญิงที่ทำงานเกี่ยวกับฟอร์มาลดีไฮด์ พบว่ามีความผิดปกติของประจำเดือนเพิ่มมากขึ้นซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ปวดประจำเดือน และจากการศึกษาในหญิงตั้งครรภ์ 452 คน ที่ทำงานเกี่ยวกับยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เรซิน โดย 136 คน ทำงานสัมผัสกับฟอร์มาลดีไฮด์ที่ความเข้มข้น 1.4-4.3 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ 316 คน สัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ที่ความเข้มข้น 0.005-0.67 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบว่าไม่ได้มีความแตกต่างกันในอัตราการเจริญพันธุ์ระหว่างกลุ่มที่สัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์และกลุ่มควบคุม แต่ในกลุ่มที่สัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์พบว่ามีอาการเกิดโรคโลหิตจาง โลหิตเป็นพิษ และน้ำหนักคลอดของทารกแรกเกิดน้อยกว่าปกติ (Laura, 1993)

3) ความเป็นพิษต่อผิวหนัง

การระคายเคืองต่อผิวหนังเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอันดับแรกเมื่อสัมผัสสารละลายฟอร์มาลดีไฮด์ในรูปสารละลายเรซินหรือของแข็งเท่านั้น และอาจเกิดอาการผิวหนังอักเสบจากการสัมผัส (Contact Dermatitis)

4) ความเป็นพิษต่อทางเดินอาหาร

หากได้รับฟอร์มาลดีไฮด์โดยการกิน ฟอร์มาลดีไฮด์มีฤทธิ์ทำลายโปรตีนในเซลล์ของทางเดินอาหาร จากการศึกษาพบว่า Lethal Dose เท่ากับ 523 มิลลิกรัม/กิโลกรัม สารละลายเข้มข้นร้อยละ 37 ทำให้เกิดการกัดกร่อนของทางเดินอาหารตั้งแต่ปาก หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร จนถึงลำไส้เล็ก ส่วนต้นอย่างรุนแรง (อดุลย์ บัณฑิตกุล, 2542)

5) ความเป็นพิษต่อระบบภูมิคุ้มกัน

ฟอร์มาลดีไฮด์จะเกิดผลกระทบต่อระบบภูมิคุ้มกันของผู้สัมผัสได้เนื่องจากผิวหนังเกิดการสัมผัสกับฟอร์มาลดีไฮด์มากกว่าที่เคยสัมผัสมาก่อน ส่งผลให้ฟอร์มาลดีไฮด์ทำปฏิกิริยากับภาวะภูมิไวเกินในร่างกายของแต่ละคนจนทำให้เกิดเป็นภูมิแพ้ที่เกิดจากการได้รับสัมผัส เช่น โรคผื่นแพ้จากการสัมผัส (Contact Dermatitis)

1.2.3.4 อาการทางคลินิก การดูแลรักษาอาการ และการเฝ้าระวัง

1) อาการแบบเฉียบพลัน (Acute Poisoning)

ฟอร์มาลดีไฮด์สามารถเข้าสู่ร่างกายได้หลายทางทั้งทางการหายใจ การกิน และซึมผ่านทางผิวหนัง แม้ได้รับในปริมาณน้อยอาจส่งผลทำให้เกิดการระคายเคืองได้ทั้งต่อระบบทางเดินหายใจ และดวงตา เนื่องจากเป็นอวัยวะที่มีความไวต่อสารฟอร์มาลดีไฮด์สูง

ฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารที่มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดี จึงทำให้เกิดอาการระคายเคืองทางเดินหายใจและเยื่อปอด แม้จะได้รับสัมผัสในปริมาณไม่มาก ในกรณีที่ได้รับสัมผัสในปริมาณมาก จะส่งผลกระทบต่อระบบรุนแรง โดยมีฤทธิ์ทำให้ระคายเคืองทางเดินหายใจรุนแรง ทำให้เกิดอาการปอดอักเสบและหอบหืดได้ การสัมผัสทางผิวหนังทำให้เกิดอาการผื่นแดงอักเสบจนถึงขั้นผิวหนังไหม้ และหากสัมผัสสารโดยตรงด้วยมืออาจส่งผลทำให้เล็บผิดรูป (Nail Dystrophy) (วิวัฒน์ เอกบูรณะวัฒน์ และสุทธิวัฒน์ วงศ์วิทย์โชติ, 2556)

2) อาการแบบเรื้อรัง (Chronic Poisoning)

กรณีที่มีการสัมผัสโดยการสูดดมเป็นเวลานาน จะส่งผลทำให้สมรรถภาพการทำงานของปอดลดลง และ IARC จัดเป็นสารก่อมะเร็งกลุ่ม 1 (Carcinogenic for Humans) มีผลต่อการเกิดมะเร็งโพรงหลังจมูก (Nasopharyngeal Cancer) ได้ในมนุษย์ มะเร็งคอหอยส่วนจมูก และทำให้เกิดอาการระคายเคืองอย่างมากต่อผิวหนัง กรณีได้รับสัมผัสทางผิวหนังอย่างเรื้อรัง มักมีอาการลมพิษจากการสัมผัสที่บริเวณมือและแขน (อดุลย์ บัณฑุกุล, 2542) (ตารางที่ 1-4)

ตารางที่ 1-4 ระดับความเป็นพิษของสารฟอร์มัลดีไฮด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ (ppm)	อาการและอาการแสดง
มากกว่า 0.05-1.0 (เฉลี่ยที่ 0.1 ขึ้นไป)	รับรู้และสัมผัสกลิ่นได้
มากกว่า 0.01-2.0 (เฉลี่ยที่ 0.5 ขึ้นไป)	เกิดอาการระคายเคืองตา
มากกว่า 0.1-11 (เฉลี่ยที่ 0.5 ขึ้นไป)	มีอาการระคายเคืองของจมูกและคอ (ระบบทางเดินหายใจส่วนบนได้รับผลกระทบ)
มากกว่า 5-30	มีอาการไอ แน่นหน้าอก และมีเสียงหวีด (ระบบทางเดินหายใจส่วนล่างได้รับผลกระทบ)
มากกว่า 50-100	มีภาวะปอดบวมและปอดอักเสบ
มากกว่า 100	ทำให้เสียชีวิตได้

ที่มา: อดุลย์ บัณฑุกุล, 2542

3) การดูแลรักษา

การรักษาโดยทั่วไปจะทำการรักษาตามอาการ โดยแบ่งได้ดังนี้

การรักษาระยะเฉียบพลัน

- ทำการล้างตัว (Decontamination) ทำได้ทั้งในจุดที่เกิดการสัมผัสและในโรงพยาบาลเพราะเป็นการช่วยระบบการหายใจ ทำให้เกิดออกซิเจน ควรใส่ท่อช่วยหายใจทันที ถ้าพบผู้ป่วยมีภาวะปอดอักเสบหรือการหายใจลำบาก รวมทั้งการให้ยาระงับประสาทตามความจำเป็น

- หากพบว่ามีอาการระคายเคืองทางเดินหายใจควรให้ Mucosa หรือ Oil Inhalation ต่อผู้ป่วย
- ให้ Oil Solution ที่ประกอบด้วย Menthol หรือ Camphor ร้อยละ 5 สำหรับผู้ป่วยที่มีอาการคอ หลอดลมและปอดอักเสบเฉียบพลันอย่างรุนแรง
- ผู้ป่วยที่ไออย่างรุนแรง แพทย์จะทำการสั่งยาประเภท Codeine, Libexine หรือ Dionine
- สำหรับผู้ป่วยที่รับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์โดยการกินเข้าไป จะต้องทำการล้างท้องด้วย Ammonium Carbonate, Sodium Carbonate หรือ Acetate Solution 3% ไซดิว น้ำ น้ำนม หรือยาถ่ายชนิด Saline (แก้ว ขจรไชยกูล, 2543)

การดูแลระยะยาว

เนื่องด้วยสารฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารที่ก่อมะเร็ง ผู้ที่สัมผัสสารนี้จึงต้องเป็นผู้ที่ต้องได้รับการดูแลในระยะยาวด้วย โดยกลุ่มผู้รับสัมผัสต้องมีการขึ้นทะเบียนผู้สัมผัส รวมถึงหน่วยกู้ภัยและบุคลากรทางการแพทย์ที่มีแนวโน้มและโอกาสในการสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ บุคคลกลุ่มดังกล่าวต้องได้รับการอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับอันตรายและวิธีการดูแลป้องกันสุขภาพ โดยเฉพาะกรณีอุบัติเหตุสารเคมีต้องรีบทำทะเบียนผู้สัมผัสสารนี้ให้ครบถ้วน เนื่องจากเป็นสารก่อมะเร็ง การตรวจติดตามผู้สัมผัสสารเหล่านี้ไปอย่างน้อยเป็นระยะเวลา 10–20 ปีจึงเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง โดยต้องมีกระบวนการตรวจเฝ้าระวังติดตามการเกิดมะเร็งโพรงหลังจมูกเป็นระยะ

4) การเฝ้าระวัง

กรณีเกิดเหตุฉุกเฉินเกี่ยวกับสารฟอร์มาลดีไฮด์ ต้องมีการเตรียมการที่ดี เนื่องจากเป็นสารไวไฟ และมีคุณสมบัติระเหยได้ดีมาก หากเกิดเหตุฉุกเฉินอาจเกิดการระเบิดขึ้นได้ง่าย อีกทั้งยังเป็นสารก่อมะเร็ง ระดับของชุดที่ใช้ในการระงับเหตุควรเป็นชุดป้องกันชนิดที่มีถังบรรจุอากาศในตัว (Self-contained Breathing Apparatus; SCBA) เท่านั้น โดยมีการแนะนำให้ใช้หมอกน้ำ (Fine Water Spray) ในการจัดการกับแก๊สที่แพร่กระจายในอากาศเพื่อช่วยลดและป้องกันการกระจายตัวของฟอร์มาลดีไฮด์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2551)

1.2.4 การปลดปล่อยสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์จากการผลิตไม้เอ็มดีเอฟ

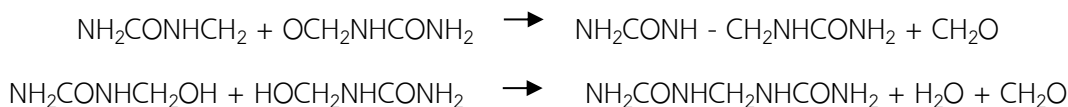
การปลดปล่อยสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde Emission) ที่เกิดจากการผลิตไม้สามารถจำแนกได้ดังนี้ (จิรภัทร์ พุทธสุขชา, 2556)

1.2.4.1 สารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์จากตัวไม้

สารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์จากตัวไม้ เกิดจากไม้มีการสลายตัวทางเคมีในระหว่างการผลิต โดยการระเหยในลักษณะนี้จะมีปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับการระเหยที่เกิดจากกาว

1.2.4.2 สารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์จากกาวที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยา

สารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์กลุ่มนี้ มาจากกระบวนการทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน ซึ่งจะมีกาวเหลืออยู่จากการทำปฏิกิริยา ทำให้เมื่อเข้าสู่กระบวนการอัดร้อน กาวที่เหลือจะถูกทำปฏิกิริยาและระเหยออกสู่อากาศในระหว่างการผลิตดังสมการ



1.2.4.3 สารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ที่เกิดจากการสลายตัวของกาวระหว่างการใช้งาน

การระเหยนี้จะเกิดขึ้นในอาคารจัดเก็บสินค้า และช่วงที่มีการนำไปใช้งาน โดยสารฟอร์มัลดีไฮด์จะถูกปลดปล่อยมาจากตัวผลิตภัณฑ์เอง ด้วยคุณสมบัติของสารฟอร์มัลดีไฮด์ที่มีสถานะเป็นแก๊สที่อุณหภูมิห้อง ทำให้ส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศในสถานที่ปฏิบัติงานและอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพและการปฏิบัติงานของพนักงานได้

1.2.5 ค่ามาตรฐานความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในสถานประกอบการ

ค่ามาตรฐานความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในสถานประกอบการ ได้ถูกกำหนดโดยองค์กรและหน่วยงานต่างๆ ดังนี้

1.2.5.1 กระทรวงมหาดไทย ประเทศไทย

ตามประกาศของกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) พ.ศ. 2520 ได้กำหนดปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TWA; Time Weighted Average) ไว้เท่ากับ 3.0 ส่วนในล้านส่วน (ppm) และค่าปริมาณความเข้มข้นสูงสุดที่ยอมให้มีได้ (Ceiling) เท่ากับ 5 ส่วนในล้านส่วน (ppm)

1.2.5.2 The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TWA) เท่ากับ 0.016 ส่วนในล้านส่วน (ppm) และค่าปริมาณความเข้มข้นสูงสุดที่ยอมให้มีได้ (Ceiling) เท่ากับ 0.1 ส่วนในล้านส่วน (ppm)

1.2.5.3 The American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดค่าปริมาณความเข้มข้นสูงสุดที่ยอมให้มีได้ (Ceiling) เท่ากับ 0.3 ส่วนในล้านส่วน (ppm)

1.2.5.4 The Occupational Safety and Health Administration (OSHA) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TWA) เท่ากับ 0.75 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ค่าปริมาณความเข้มข้นสูงสุดในช่วงเวลาจำกัด (STEL; Short Term Exposure Limit) 15 นาที เท่ากับ 2 ส่วนในล้านส่วน (ppm) (วิวัฒน์ เอกบูรณะวิวัฒน์ และ สุทธิพัฒน์ วงศ์วิทย์วิโชติ, 2556)

ค่ามาตรฐานความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในสถานประกอบการของแต่ละหน่วยงาน ได้สรุปไว้ในตารางที่ 1-5

ตารางที่ 1-5 ค่ามาตรฐานความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในสถานประกอบการ

ชนิดของสารเคมี	ปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีที่ยอมให้มีได้ในสถานประกอบการ (ppm)							
	ประกาศกระทรวงมหาดไทย ประเทศไทย		NIOSH สหรัฐอเมริกา		ACGIH สหรัฐอเมริกา		OSHA สหรัฐอเมริกา	
	TWA	Ceiling	TWA	Ceiling	TWA	Ceiling	TWA	STEL
ฟอร์มัลดีไฮด์	3	5	0.016	0.1	-	0.3	0.75	2

หมายเหตุ: 1) TWA (Time Weighted Average) คือ ค่าปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมงต่อวัน

2) STEL (Short Term Exposure Limit) คือ ค่าปริมาณความเข้มข้นสูงสุดในช่วงเวลาจำกัด ซึ่งปกติในเวลา 15 นาที และไม่ควรถูกเกินขึ้นมากกว่า 4 ครั้งใน 1 วัน

3) Ceiling คือ ค่าปริมาณความเข้มข้นสูงสุดที่ยอมให้มีได้

ที่มา: วิวัฒน์ เอกบุรณะวิวัฒน์ และสุทธิพัฒน์ วงศ์วิทย์วิโชติ, 2556

1.2.6 การประเมินความเสี่ยง

1.2.6.1 ความเสี่ยง

ความเสี่ยง หมายถึง ลักษณะของสถานการณ์หรือการกระทำใดๆ ที่มีผลลัพธ์ได้มากกว่า 1 อย่าง โดยผลลัพธ์ที่ว่านี้ยังไม่สามารถบอกได้แน่นอนว่าจะเกิดขึ้นหรือไม่ และอย่างน้อยหนึ่งในผลลัพธ์ เป็นผลลัพธ์ที่ไม่พึงประสงค์ ดังนั้นความเสี่ยงจะประกอบด้วย 2 องค์ประกอบสำคัญ ดังนี้ (พงศ์เทพ วิวรรณเดช, 2547)

1) ความไม่แน่นอน คือ ความไม่มั่นใจว่าจะเกิดเหตุการณ์ที่กำลังสนใจหรือไม่ แต่สามารถบอกได้เพียงโอกาสของการเกิด โดยบอกในรูปของความน่าจะเป็น (Probability) ซึ่งสามารถกำหนดในเชิงปริมาณได้ว่าถ้าต่ำกว่าหนึ่งเหตุการณ์นั้นจะไม่เกิดขึ้นแน่นอน แต่ถ้ามีค่าถึงหนึ่งหรือมากกว่า เหตุการณ์นั้นจะเกิดขึ้นอย่างแน่นอน

2) ความไม่พึงประสงค์ คือ เหตุการณ์หรือผลที่จะเกิดขึ้น โดยสิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งที่เราไม่ต้องการหรือไม่พึงประสงค์จะเกิดขึ้น

1.2.6.2 การประเมินความเสี่ยง

การประเมินความเสี่ยง คือ กระบวนการศึกษาอย่างเป็นระบบเพื่อเป็นการพรรณนาและวัดความเสี่ยงที่มีความสัมพันธ์กับสิ่งคุกคาม กระบวนการ การกระทำ หรือเหตุการณ์ใดๆ ถือว่าการประเมินความเสี่ยงเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งในทางการวิจัยที่จะช่วยให้การวิจัยสามารถตอบคำถามบางประเด็น เพราะโดยวัตถุประสงค์แล้วต้องการที่จะตอบคำถามว่าความเสี่ยงมีความสัมพันธ์กับสิ่งคุกคามอย่างไรและมีความเสี่ยงมากน้อยเพียงใด โดยกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่าการประเมินความเสี่ยงเป็นการศึกษาเชิงปริมาณที่สามารถตรวจวัดตัวแปรต่างๆ ออกมาเป็นตัวเลขและสามารถแปรค่าได้ การประเมินความเสี่ยง แบ่งเป็น 2 สาขาวิชา คือ

1) การประเมินความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมหรือทางนิเวศวิทยา (Environmental or Ecological Risk Assessment)

2) การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ (Health Risk Assessment)

การประเมินความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมเป็นเรื่องของการประเมินผลกระทบจากมลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อระบบนิเวศ และความสัมพันธ์ของห่วงโซ่อาหาร ซึ่งเป็นเรื่องที่ซับซ้อนมากจึงทำได้ค่อนข้างยาก ในขณะที่การประเมินผลกระทบทางสุขภาพ เป็นการศึกษาถึงผลกระทบของสิ่งแวดล้อมต่อสุขภาพมนุษย์ จึงทำได้ง่ายกว่า (พงศ์เทพ วิวรรณเดช, 2547)

1.2.7 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ หมายถึง การประเมินความเสี่ยงที่ศึกษาถึงผลกระทบที่มาจากสิ่งแวดล้อม แล้วก่อให้เกิดผลกระทบต่อมนุษย์ (Kofi, 2002) ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ

1.2.7.1 การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณ (Quantitative Risk Assessment)

การประเมินความเสี่ยงในกลุ่มนี้จะเน้นการศึกษาที่อาศัยวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐาน ได้แก่ การศึกษาที่เน้นกระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์ที่สามารถตรวจวัดค่าตัวแปรต่างๆ เป็นตัวเลขโดยอาศัยเครื่องมือทางด้านวิทยาศาสตร์เข้ามาเกี่ยวข้อง หรือการทดสอบตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการทางด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่งสามารถอธิบายหลักและเหตุผลได้ เป้าหมายสุดท้ายของการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณนี้จะได้ข้อมูลสำหรับไปใช้ในการประเมินความเสี่ยงเชิงคุณภาพต่อไป

1.2.7.2 การประเมินความเสี่ยงเชิงคุณภาพ (Qualitative Risk Assessment)

การประเมินความเสี่ยงในกลุ่มนี้จะเน้นการอธิบายปรากฏการณ์เชิงสังคมศาสตร์ และมนุษยวิทยา โดยอาศัยการเก็บข้อมูลที่ใช่วิธีการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (In-depth Interview)

การสัมภาษณ์เฉพาะกลุ่ม (Focus Group Interview) ร่วมกับเทคนิคต่างๆ เช่น การศึกษาแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research) เป็นต้น การศึกษาในแนวเชิงคุณภาพไม่เน้นการตรวจวัดทางวิทยาศาสตร์ แต่วิธีการเชิงคุณภาพจะเน้นความหลากหลายและความครอบคลุมของข้อมูล เป็นการเสนอผลที่ตรงกับสภาพความเป็นจริง และให้เห็นได้ครบทุกแง่มุม (พงค์เทพ วิวรรณะเดช, 2547)

การประเมินทั้ง 2 กลุ่มนี้จะแตกต่างกันค่อนข้างมาก แต่การประเมินความเสี่ยงจะต้องกระทำควบคู่กันไป และบ่อยครั้งที่การศึกษาทั้งสองวิธีต่างเป็นข้อมูลนำเข้าและข้อมูลป้อนกลับซึ่งกันและกัน ผลที่ได้จากการศึกษาทั้งสองวิธีร่วมกันจะลบลจุดด้อยของแต่ละวิธีให้หมดไป ทำให้ผลการศึกษา มีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปสู่การแก้ไขปัญหาได้ตรงจุดกว่าการศึกษาเพียงวิธีเดียว

1.2.7.3 ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

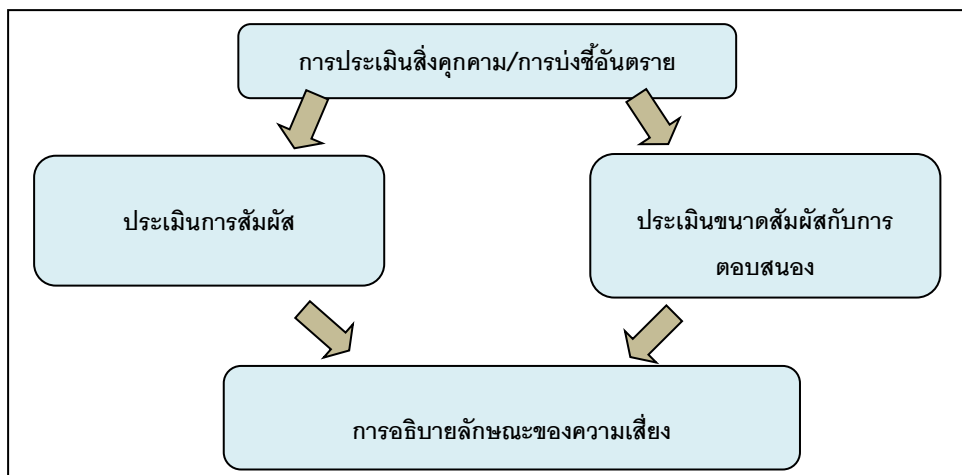
สภาวิจัยแห่งชาติของสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้แบ่งขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพไว้เป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้ (ภาพที่1-4)

1) การประเมินสิ่งคุกคาม (Hazard Identification) เป็นการศึกษาเพื่อที่จะตอบคำถามในเชิงความสัมพันธ์กับผลกระทบด้านสุขภาพ (พงค์เทพ วิวรรณะเดช, 2547) มีการวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลเพื่อหาคำตอบว่าสิ่งที่คุกคามอยู่นั้นมีอยู่จริงหรือไม่ และสิ่งคุกคามนั้นมีผลเสียต่อสุขภาพอนามัยหรือไม่ อย่างไร (เพ็ญศรี วัจนละญาณ, 2554)

2) การประเมินการสัมผัส (Exposure Assessment) เป็นการศึกษาเพื่อทำการหาขนาดของสิ่งคุกคามที่มนุษย์ได้รับไม่ว่าก่อนหรือหลังมาตรการการควบคุมสิ่งคุกคาม (พงค์เทพ วิวรรณะเดช, 2547) อีกทั้งยังเป็นวิธีการประมาณ หรือวัดขนาดของสิ่งคุกคามที่บุคคล ประชากร ระบบนิเวศได้รับ (เพ็ญศรี วัจนละญาณ, 2554)

3) การประเมินขนาดสัมผัสกับการตอบสนอง (Dose-Response Assessment) คือ การศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของการสัมผัสกับโอกาสของการเกิดผลเสียด้านสุขภาพ เพื่อผลลัพธ์สุดท้ายจะนำไปสู่การหาค่ามาตรฐานที่ปลอดภัยในมนุษย์ (พงค์เทพ วิวรรณะเดช, 2547)

4) การอธิบายลักษณะของความเสี่ยง (Risk Characterization) คือ การอธิบายในรูปแบบพรรณนาลักษณะทางธรรมชาติและขนาดของความเสี่ยงที่มนุษย์ได้รับ ซึ่งหมายรวมถึงการบอกขนาดความไม่แน่นอน (Uncertainties) ด้วย โดยสรุปผลลัพธ์สุดท้ายที่ต้องการ คือ การได้คำตอบว่าสิ่งที่คุกคามใดๆ จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์มากน้อยเพียงใด ซึ่งจำเป็นจะต้องอาศัยองค์ความรู้ที่ได้จาก 3 ขั้นตอนแรก (พงค์เทพ วิวรรณะเดช, 2547; เพ็ญศรี วัจนละญาณ, 2554)



ภาพที่ 1-4 ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ
ที่มา: เพ็ญศรี วัฒนละฎาน, 2554

1.2.7.4 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับฟอร์มาลดีไฮด์ในปริมาณน้อยเป็นเวลานาน

1) การประเมินปริมาณสิ่งคุกคามที่ได้รับ

ในการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับฟอร์มาลดีไฮด์ในปริมาณน้อยเป็นเวลานาน จะใช้ค่าสัดส่วนความเสี่ยงอันตราย หรือ Hazard Quotient (HQ) ซึ่งคำนวณจากสมการที่ 1-4 (พงษ์เทพ วิวรรณเดช, 2547) โดยมีสูตรการคำนวณการเข้าสู่ร่างกายดังข้อมูลในตารางที่ 1-6

ตารางที่ 1-6 สูตรคำนวณการได้รับสารเข้าสู่ร่างกายโดยผ่านเส้นทางต่างๆ

การรับสัมผัส	สูตรการคำนวณ
การรับสารผ่านระบบทางเดินอาหาร	$I = \frac{C \times CR \times EF \times ED}{BW \times AT}$
การรับสารผ่านการหายใจ	$I = \frac{C \times CR \times EF \times ED}{BW \times AT}$
การรับสารโดยการซึมผ่านทางผิวหนัง	$I = \frac{D \times A \times EV \times EF \times ED \times SA}{BW \times AT}$

ที่มา: US EPA, 1989

เมื่อ

I	คือ ปริมาณสิ่งคุกคามที่ได้รับ (mg/kg BW/day)
C	คือ ความเข้มข้นเฉลี่ยของสิ่งคุกคามในตัวกลางขณะที่สัมผัส (mg/m ³)
CR	คือ ปริมาณการสัมผัสตัวกลางที่ปนเปื้อนต่อหน่วยเวลา (m ³ /day)
EF	คือ ความถี่ของการรับสัมผัส (day/year)
ED	คือ ระยะเวลาที่สัมผัส (year)
BW	คือ น้ำหนักของร่างกาย (kg)
AT	คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการเฉลี่ย (day)
SA	คือ พื้นที่ผิวสัมผัส (m ²)
DA	คือ ปริมาณการรับสัมผัสต่อเหตุการณ์ (mg/cm ² -Event)
EV	คือ ความถี่ของเหตุการณ์ (Event/day)

จากข้อมูลสูตรการคำนวณในตารางที่ 1-6 ผู้วิจัยเลือกใช้สูตรการคำนวณความเสี่ยงต่อสุขภาพเฉพาะเส้นทางการสัมผัสทางการหายใจ ดังนั้นสูตรที่ใช้ในการประมาณสิ่งคุกคามที่ได้รับโดยผ่านเส้นทางการหายใจในระหว่างปฏิบัติงาน คือ สมการที่ 1

สูตรการคำนวณหาปริมาณการรับสัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์ทางการหายใจ

$$I = \frac{C \times CR \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

สมการที่ 1

เมื่อ

I	คือ ปริมาณสิ่งคุกคามที่ได้รับ (mg/kg BW/day)
C	คือ ความเข้มข้นเฉลี่ยของสิ่งคุกคามในตัวกลางขณะที่สัมผัส (mg/m ³)
CR	คือ ปริมาณการสัมผัสตัวกลางที่ปนเปื้อนต่อหน่วยเวลา (m ³ /day)
EF	คือ ความถี่ของการรับสัมผัส (day/year)
ED	คือ ระยะเวลาที่สัมผัส (year)
BW	คือ น้ำหนักของร่างกาย (kg)
AT	คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการเฉลี่ย (day)

ในการประเมินสิ่งคุกคามที่ได้รับจากการสัมผัสในพื้นที่อุตสาหกรรมจะมีค่าคงที่สำหรับพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้ (ตารางที่ 1-7)

ตารางที่ 1-7 ค่าคงที่สำหรับการประเมินการรับสัมผัสสิ่งคุกคามในพื้นที่อุตสาหกรรม

พารามิเตอร์	ตัวแปร	ค่าคงที่
น้ำหนักเฉลี่ยของร่างกายผู้ใหญ่	BW	70 (kg)
ปริมาณอากาศที่หายใจของผู้ใหญ่ (วัน)	CR	20 (m ³ /day)
ระยะเวลาที่สัมผัสในพื้นที่อุตสาหกรรม	ED	25 (year)
ระยะเวลาเฉลี่ย (สารไม่ก่อมะเร็ง)	AT	ED×365 (day/year)
ระยะเวลาเฉลี่ย (สารก่อมะเร็ง)	AT	70 (year)×365 (day/year)
ความถี่ของการรับสัมผัส	EF	250 (day/year)

ที่มา: US EPA, 1989

2) การประเมินความเป็นพิษ (Toxicity Assessment)

ในการประเมินความเป็นพิษ จะมีความเป็นพิษที่ก่อให้เกิดมะเร็ง และความเป็นพิษที่เป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง โดยค่าความเป็นพิษที่ใช้ในการประเมินความเป็นพิษของสารก่อมะเร็งหาได้จากค่า Slope Factor (SF) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2

สูตร Slope Factor ของสารก่อมะเร็ง

$$SF = \frac{URF \times BW \times CF}{IR \times AR}$$

สมการที่ 2

เมื่อ

URF คือ Unit Risk Factor ($\mu\text{g}/\text{m}^2$)⁻¹; สำหรับสารฟอร์มัลดีไฮด์อยู่ที่ 1.3×10^{-5}

(US EPA, 2003)

BW คือ น้ำหนักร่างกายผู้ใหญ่; 70 (kg) (US EPA, 1989)

CF คือ Conversion Factor; 1,000 ($\mu\text{g}/\text{mg}$) (US EPA, 1989)

IR คือ อัตราการหายใจของมนุษย์; 20 (m³/day) (US EPA, 1989)

AR คือ Absorption Rate; 1 (US EPA, 1989)

ในการคำนวณความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็งเป็นการคำนวณความเสี่ยงตลอดชีวิต (Lifetime Cancer Risk) ดังสมการที่ 3

สูตรการคำนวณความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งตลอดชีวิต

$$\text{Lifetime Cancer Risk} = I_c \times SF$$

สมการที่ 3

เมื่อ

I_c คือ ปริมาณของสารก่อมะเร็งที่ได้รับ (mg/(kg.day))

SF คือ Slope Factor ของสารก่อมะเร็ง ((kg.day)/mg)

ค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งตลอดชีวิต (Lifetime Cancer Risk) ต้องมีค่าอยู่ในช่วง (1×10^{-6} - 1×10^{-4}) ซึ่งถือเป็นค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้ หากมีค่ามากกว่า 1×10^{-4} ถือว่าเป็นค่าความเสี่ยงที่ไม่สามารถยอมรับได้ ต้องทำการแก้ไขต่อไป (ATSDR, 2001)

สำหรับการประเมินความเป็นพิษที่เป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง จะคำนวณโดยใช้สูตรการคำนวณความเสี่ยงที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง ดังสมการที่ 4

สูตรการคำนวณความเสี่ยงที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง

$$HQ = \frac{CA \text{ หรือ } I_N}{TLV-TWA \text{ หรือ } RfD}$$

สมการที่ 4

เมื่อ HQ คือ ค่าความเสี่ยง (Hazard Quotient)

CA หรือ I_N คือ ความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง/วัน ของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ (mg/m^3)

$TLV-TWA$ หรือ RfD คือ ค่ามาตรฐานความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง/วัน (Time Weighted Average) ของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ (mg/m^3)

หากค่า $HQ < 1$ แสดงว่า ปริมาณของฟอร์มัลดีไฮด์ที่ได้รับนั้น ไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย หรือไม่อยู่ในเกณฑ์ที่เสี่ยงต่อความเป็นพิษของฟอร์มัลดีไฮด์

1.2.8 ไม้เอ็มดีเอฟ

1.2.8.1 คำนิยาม

1) ไม้เอ็มดีเอฟ หรือ MDF ย่อมาจาก Medium Density Fiberboard โดยหมายถึง แผ่นไม้ที่มีลักษณะเป็นเส้นใยไม้อัดชนิดความแน่นปานกลาง ส่วนใหญ่จะผลิตโดยใช้กรรมวิธีแห้งหรืออธิบายได้ว่า ต้องทำเส้นใยให้แห้งเสียก่อนที่จะนำไปสร้างเป็นแผ่น จากนั้นนำเข้าเครื่องอัด เนื่องจากเส้นใยที่นำมาประกอบเป็นแผ่นนั้นจะถูกไอน้ำให้หมดไปและการใช้อุณหภูมิในการอัดต่ำกว่าการผลิตเส้นใยไม้อัดแข็ง (Hardboard) ความแข็งแรงส่วนใหญ่ของ MDF จึงขึ้นอยู่กับชนิดกาวที่นำมาใช้ช่วยประสานเส้นใยในการผลิต โดยขนาดความแน่นของ MDF อยู่ระหว่าง $400-800 \text{ kg/m}^3$

2) Raw Board หมายถึง MDF ที่ผ่านการอัดร้อนแล้ว แต่ยังไม่ผ่านการขัดผิวหรือตัดขนาด

3) Master Board Unsand หมายถึง MDF ที่ผลิตออกมาจากเครื่องอัดร้อนยังไม่ได้ผ่านการขัดผิว และยังไม่ได้ตัดแบ่งขนาดค่าการค้า

4) Master Board Sanded หมายถึง MDF ที่ผลิตออกมาจากเครื่องอัดร้อนที่ผ่านการขัดผิว และยังไม่ได้ตัดแบ่งขนาดค่าการค้า

5) Finished Board หมายถึง MDF ที่ผ่านการขัดผิว หรือยังไม่ขัดถ้าลูกค้าระบุและตัดแบ่งขนาดตามที่ลูกค้าต้องการแล้ว

6) วัตถุดิบ หมายถึง ไม้พิน (Log), ปีกไม้ (Slab), ขี้เลื่อย (Saw Dust), กาว (Resin), Wax Emulsion, Ammonium Chloride, Dye

7) ไม้พิน (Log) หมายถึง ส่วนของลำต้น กิ่งของต้นยางพารา

8) ปีกไม้ (Slab) หมายถึง เศษเหลือของส่วนของต้นยางพาราที่ผ่านการแปรรูปแล้ว

9) ขี้เลื่อย (Saw Dust) หมายถึง เศษเหลือที่เป็นผลพลอยได้จากการแปรรูปไม้ยางพารา

10) ชิ้นไม้สับ (Wood Chip) หมายถึง ลำต้น กิ่ง ปีก ของไม้ยางพาราที่ผ่านกระบวนการย่อยด้วยเครื่อง Chipper มาแล้ว

11) Fiber หมายถึง เส้นใย หรือมัดของเส้นใยที่ได้จากกระบวนการนี้และบดโดย Refiner

12) กาว (Resin) หมายถึง กาว Urea Formaldehyde, กาว Melamine Urea Formaldehyde หรืออื่นๆ ที่ใช้ในการผลิต MDF

13) Fiber Mat หมายถึง Fiber ที่ผ่านการผสมกาวและอบแห้งแล้ว ที่ผ่านการโรยขึ้นรูปมาจากเครื่องขึ้นรูป (Former) แล้ว

1.2.8.2 ความเป็นมาของไม้เอ็มดีเอฟ

ท่ามกลางกระแสการอนุรักษ์ป่าที่เกิดขึ้นทั่วโลก ในขณะที่ความต้องการใช้ไม้มิได้ลดลง ทำให้เกิดการคิดค้นพัฒนาอุตสาหกรรมผลิตแผ่นไม้เทียม (Composite Board) ขึ้น และอุตสาหกรรมนี้ได้เติบโตอย่างรวดเร็วเพื่อทดแทนไม้จากป่าธรรมชาติ โดยในปี ค.ศ. 1960 ไม้เอ็มดีเอฟ (MDF) ได้ถูกคิดค้นขึ้นเป็นครั้งแรกในประเทศสหรัฐอเมริกา และได้เติบโตขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงปี ค.ศ. 1970-1980 โดยช่วงเวลาดังกล่าวมีการผลิตเพิ่มขึ้นถึง 10 เท่า หลังจากนั้นไม้เอ็มดีเอฟ ก็ได้รับการยอมรับในตลาดอื่นๆ ตามมา ทั้งยุโรป เอเชีย และแอฟริกา สำหรับประเทศไทยโรงงานผลิตไม้เอ็มดีเอฟ เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2528 ในระยะแรกไม้เอ็มดีเอฟ ยังไม่ได้รับความนิยมเท่าที่ควร เนื่องจากขาดความเข้าใจในตัวผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค ซึ่งยังนิยมใช้ผลิตภัณฑ์ไม้จากป่าธรรมชาติที่ยังคงหาได้ง่าย แต่ภายหลังการปิดป่าในปี พ.ศ. 2532 เกิดสภาวะขาดแคลนไม้ธรรมชาติทำให้ผู้ผลิตในอุตสาหกรรมต่างๆ ที่ใช้ไม้เป็นวัตถุดิบ หันมาใช้เอ็มดีเอฟมากขึ้น และที่สำคัญไม้เอ็มดีเอฟสามารถนำไปใช้งานได้กว้างกว่า Particle Board มีความแข็งแรงมากกว่า สามารถตัดแต่งขอบได้ แกะสลักได้ และยังเป็นไม้สังเคราะห์ชนิดเดียวที่มีเนื้อไม้ประสานตัวเป็นเนื้อเดียว

ไม้เอ็มดีเอฟ เป็นผลิตภัณฑ์ประเภท Composite Panel ชนิดหนึ่งที่ได้จากการนำเส้นใยของไม้หรือพืชที่มีเส้นใย หรือเส้นใยของวัสดุลิกโนเซลลูโลส (Lignocelluloses Material) นำมาผสมกับกาวสังเคราะห์ แล้วจึงอัดเป็นแผ่นโดยกรรมวิธีแห้ง คืออัดด้วยความร้อน (Dry Process) เพื่อให้เกิดความยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยจนเป็นเนื้อเดียวกันโดยมีกาวเป็นตัวช่วยประสาน มีความหนาแน่นสูง มีผิวเนื้อในละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันตลอดทั่วทั้งแผ่น มีความหนา ความแน่น และความเรียบสม่ำเสมอตลอดทั้งแผ่น สามารถชุบแต่งเนื้อไม้ได้เรียบเนียน งานที่ออกมาจึงดูเรียบร้อยไม่เป็นขุย สามารถนำมาพ่นสีในเนื้อไม้ได้สวยงาม สำหรับไม้เอ็มดีเอฟ ถือได้ว่ามีความได้เปรียบแผ่นไม้ชนิดอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากสามารถนำไปประยุกต์กับการใช้งานได้เกือบทุกประเภท ด้วยคุณสมบัติที่มีความแข็งแรงสูงและความเป็นเนื้อเดียวกันตลอดทั่วทั้งแผ่น (ศูนย์ศึกษาการค้าระหว่างประเทศ, 2556)

1.2.8.3 กระบวนการผลิตไม้เอ็มดีเอฟ (MDF)

กระบวนการผลิตไม้เอ็มดีเอฟ มีขั้นตอนดังได้สรุปไว้ในภาพที่ 1-5 และ 1-6 โดยมีรายละเอียดในแต่ละกระบวนการดังนี้

1) ขั้นตอนการทำงานของเครื่อง Debarker ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนแรกหลังจากที่มีการขนส่งและลำเลียงไม้เข้าสู่กระบวนการผลิต โดยพนักงานจะควบคุมไม้พินและปึกไม้ที่ลำเลียงจากลานไม้ เข้าสู่เครื่องลอกเปลือกไม้ (Debarker)

2) ขั้นตอนการทำงานของเครื่อง Chipper เป็นขั้นตอนการสับไม้ ซึ่งทำงานต่อเนื่องจากกระบวนการลอกเปลือก เพื่อให้ได้ชิ้นไม้ตามขนาดที่ต้องการ จากนั้นจะลำเลียงชิ้นไม้สับเข้าเก็บใน Chip Bin เพื่อเตรียมนำเข้าสู่กระบวนการผลิตในขั้นตอนต่อไป

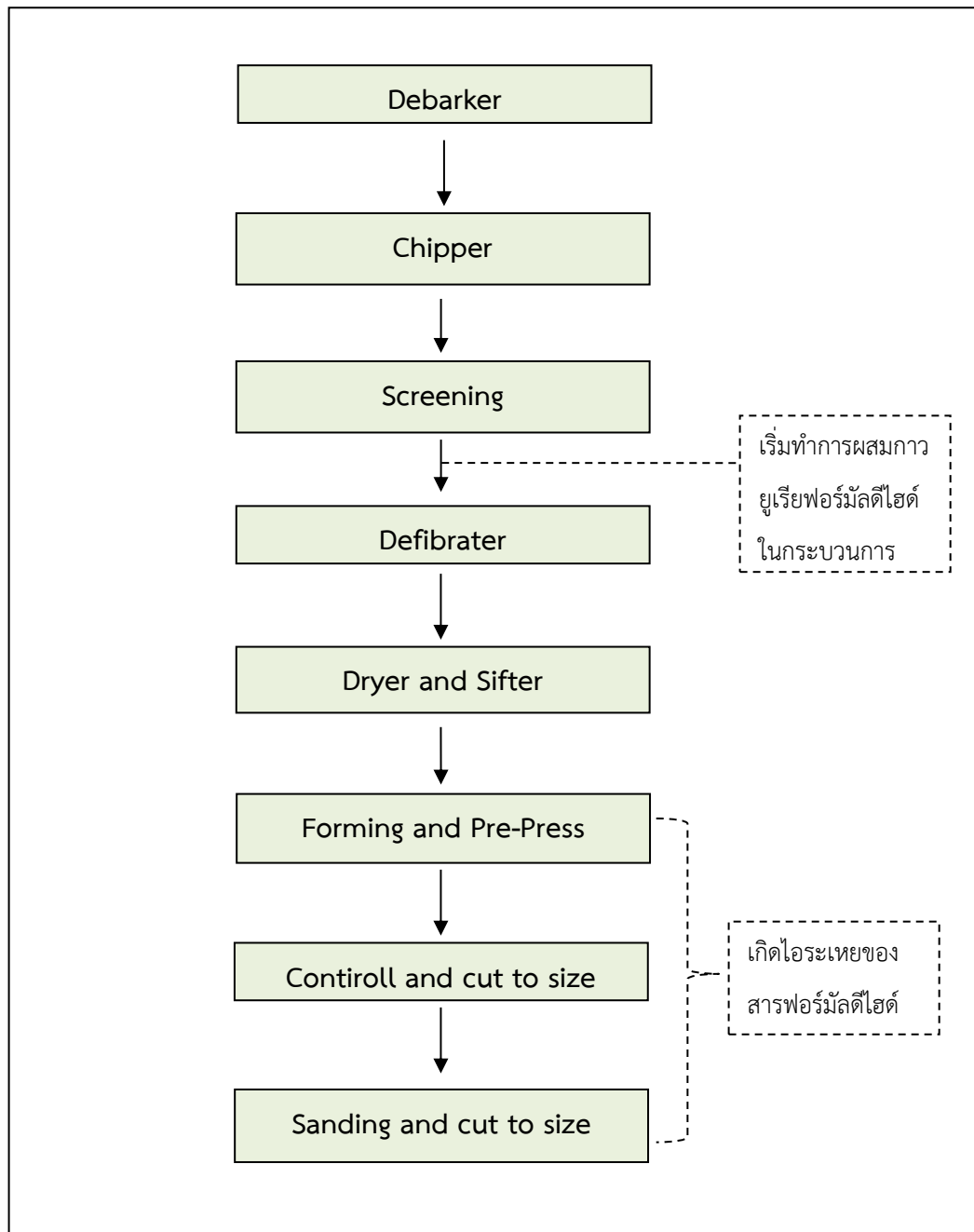
3) ขั้นตอนการทำงานของเครื่อง Screening ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการคัดแยกขนาดของชิ้นไม้ โดยพนักงานจะควบคุมให้เครื่องจักรนำชิ้นไม้สับจาก Chip Bin เข้าสู่เครื่องคัดแยกขนาดชิ้นไม้ (Chip Screen) และส่งให้ลำเลียง Chip หลังการคัดแยกแล้วเข้าสู่ Surge Bin เพื่อทำการคัดแยกขนาดชิ้นไม้ให้มีความเหมาะสมต่อการผลิต โดยชิ้นไม้ที่มีขนาดเหมาะสมจะถูกคัดเข้าสู่กระบวนการผลิตต่อไป

4) ขั้นตอนการทำงานของเครื่อง Refiner (Defibrater) และ Dryer and Sifter ขั้นตอนนี้ชิ้นไม้จะเริ่มอุ่นให้ร้อนและทำการเพิ่มความชื้นใน Chip ซึ่ง Chip จะถูกส่งเข้า Digester เพื่อหนึ่งให้นิ่มแล้วบดโดย Refiner ให้เป็น Fiber ส่วนของ Fiber จะถูกผสมกาว (ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์) และส่งไป Sifter โดย Sifter จะทำหน้าที่แยก Fiber หยาบ จุดยางออกอย่างละเอียด แล้วส่ง Fiber เข้าสู่กระบวนการผลิตต่อไป โดยจะมีพนักงานตรวจสอบคุณภาพทำการตรวจสอบคุณภาพของ Fiber

5) ขั้นตอนการทำงานของเครื่อง Glue and Controll เป็นการทำงานในกระบวนการ Forming and Pre-Press และ Controll and cut to size

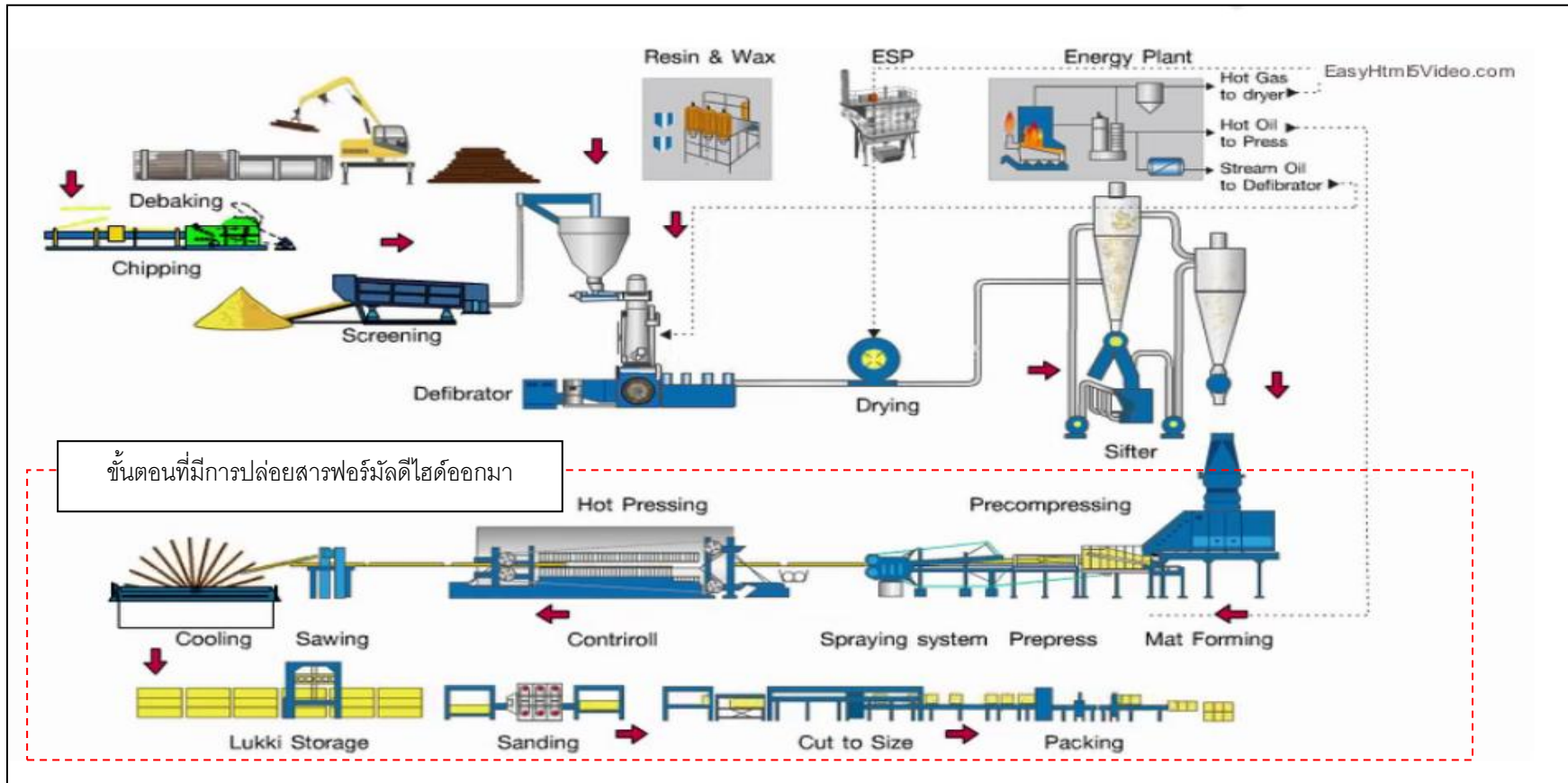
ในขั้นตอนนี้จะเป็นการโรย Fiber ลงบน Forming Belt เพื่อเริ่มกระบวนการประกอบแผ่นไม้ โดย Fiber จะถูกลำเลียงตามสายพาน ผ่านการอัดเย็น เพื่อให้ Fiber Met มีความแข็งแรงมากขึ้น และไล่อากาศที่อยู่ภายใน Fiber Met ออก จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการอัดร้อนเพื่อให้ได้ความหนาแน่น ความหนา ความแข็งแรงได้ตามมาตรฐานกำหนด และทำการตัดเป็นแผ่นไม้ขนาดมาตรฐาน เรียกว่า Row Board จากนั้นพนักงานควบคุมคุณภาพจะดำเนินการตรวจสอบคุณภาพของแผ่นไม้

6) ขั้นตอนการทำงานของเครื่อง Sanding and cut to size ในขั้นตอนนี้จะนำ Raw Board เข้าเครื่องขัดผิวที่ Sanding Machine และนำ Raw Board เข้าเครื่องตัดขนาด เพื่อตัดตามขนาดที่ลูกค้าต้องการและนำไปจัดกอง โดยจะมีการตรวจสอบคุณภาพอีกครั้งเพื่อคัดแยกประเภทตามคุณภาพ ก่อนทำการบรรจุหีบห่อและนำเข้าจัดเก็บในคลังสินค้าก่อนส่งมอบให้กับลูกค้า (วิสุทธิพงษ์ หลอดคำ, 2556)



ภาพที่ 1-5 ผังกระบวนการผลิตไม้เอ็มดีเอฟ (MDF; Medium Density Fiberboard)

ที่มา: วิสสุทธิพงษ์ หลอดคำ, 2556



ภาพที่ 1-6 กระบวนการผลิตไม้เอ็มดีเอฟ (MDF; Medium Density Fiberboard)

ที่มา: วิสุมิพิงษ์ หลอดคำ, 2556

1.2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาครั้งนี้ มีดังนี้

ถวิล กลิ่นวิมล และคณะ (2553) ได้ศึกษาปัจจัยเสี่ยงของการประกอบอาชีพกับการเกิดมะเร็งโพรงจมูกในจังหวัดอุบลราชธานี โดยได้ทำการศึกษาแบบ Case-Control study และ ทำการเก็บข้อมูลที่ศูนย์มะเร็งอุบลราชธานี ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2550-ตุลาคม พ.ศ. 2552 ในผู้ป่วยใหม่ที่มีผลยืนยันทางพยาธิ จำนวน 72 ราย และกลุ่มควบคุมจำนวน 96 ราย รวมทั้งทำการเก็บข้อมูลโดยวิธีการสัมภาษณ์เกี่ยวกับปัจจัยเสี่ยงต่างๆ ผลการศึกษาพบว่า ความเสี่ยงของการเกิดมะเร็งโพรงหลังจมูกเพิ่มขึ้นในผู้ที่ทำงานเป็นช่างไม้ (OR=4.0, 95% CI 1.40-11.32) ส่วนผู้ที่ทำงานการบริหารหรือธุรการทั้งภาครัฐและเอกชนพบว่ามีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคลดลง (OR=0.2, 95% CI 0.08-0.55) สำหรับผู้ที่ทำงานที่มีการสัมผัสกับฝุ่นไม้ พบความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเพิ่มขึ้น 6 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับผู้ที่ไม่ได้สัมผัส (OR=6.01, 95% CI 1.54-23.56) สำหรับการสัมผัสกับฟอร์มาลดีไฮด์ พบความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเพิ่มขึ้นแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (OR=1.9, 95% CI 0.93-3.78) และไม่พบความสัมพันธ์ของการสัมผัสกับตัวทำละลายต่อการเกิดมะเร็งโพรงหลังจมูก (OR=1.5, 95% CI 0.76-3.08) แต่หากทำงานที่มีการสัมผัสตัวทำละลายมากกว่า 5 ปีขึ้นไป จะพบว่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งโพรงหลังจมูกเพิ่มขึ้น (OR=2.4, 95% CI 1.21-4.85)

สุจิตรา แดงเรือง (2554) ได้ศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานจากการรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ ในอุตสาหกรรมผลิตวัสดุพืดผิวเคลือบเมลามีนผ่านทางหายใจตามวิธีการของ US EPA โดยพิจารณาทั้งความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งและความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งพนักงานทั้งหมด 38 คน ซึ่งพบว่าความปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์สูงสุด 0.502 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และต่ำสุด 0.113 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งค่าดังกล่าวมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงมหาดไทยและ OSHA แต่เกินมาตรฐานของ NIOSH ส่วนการประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งด้วยความเข้มข้นเฉลี่ยพบว่าพนักงานมีโอกาสเกิดความเสี่ยง 4.42 ในหนึ่งล้านคน ถึง 1.15 ในหนึ่งพันคน โดยมีพนักงานจำนวน 24 คน ที่มีค่าความเสี่ยงเกินกว่าค่าที่ยอมรับได้ของ US EPA (1×10^{-6} ถึง 1×10^{-3}) ส่วนความเสี่ยงอื่นนอกจากมะเร็งพบว่าพนักงานมีความเสี่ยงอยู่ในช่วง 1.861-14.193 เมื่อใช้ความเข้มข้นเฉลี่ยคำนวณ และ 2.225-20.059 เมื่อใช้ความเข้มข้นสูงสุดในการคำนวณ ซึ่งค่าความเสี่ยงของพนักงานทุกคนมีค่ามากกว่าค่าที่ยอมรับได้ตามคำแนะนำของ US EPA ซึ่งกำหนดไว้ที่ 1

ตัดดาว พาหะทรัพย์อนันต์ (2554) ทำการศึกษาปริมาณการปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์จากตัวอย่าง ขึ้นไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดด้วยวิธี JIS A 1460 โดยมีตัวแปรในการศึกษา คือ อุณหภูมิอากาศภายในอาคาร ชนิดของกาวยูเรีย และความหนาของปาร์ติเกิลบอร์ด การทดลองเกี่ยวกับอุณหภูมิอากาศภายในอาคารที่ 20, 35 และ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 2, 3, 5 และ 7 วัน พบว่าที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีปริมาณการปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์สูงที่สุด รองลงมาคือ ที่อุณหภูมิ 35 และ 40 องศาเซลเซียส ตามลำดับ สำหรับการทดลองเกี่ยวกับชนิดกาวยูเรีย ได้ทำการศึกษาในกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ชนิด 10L617A (UF:E1), 10L686 (UF:E2) และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ชนิด 10L631 (MUF:E2) พบว่าการปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์จากกาวยูเรีย 10L617A (UF:E1) มีปริมาณการปลดปล่อยน้อยที่สุด ในขณะที่กาวยูเรีย 10L631 (MUF:E2) มีปริมาณการปลดปล่อยน้อยกว่ากาวยูเรีย 10L686 (UF:E2) ส่วนการศึกษาโดยการพิจารณาจากความหนาของไม้ พบว่าไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณการปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์

แก้ว ขจรไชยกุล (2543) ได้ทำการตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศภายในห้องปฏิบัติการต่างๆ ในโรงพยาบาล ได้แก่ ห้องตรวจศพและห้องปฏิบัติการกายวิภาค โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลตำรวจ ห้องตรวจศพและห้องปฏิบัติการพยาธิ โรงพยาบาลรามธิบดี และพื้นที่เปรียบเทียบโดยใช้วิธี Active และ Passive ผลจากการศึกษาพบว่าการตรวจวัดโดยวิธี Active และ Passive มีความสัมพันธ์กันในทุกพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในทุกพื้นที่มีค่าสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานกำหนด TWA (Time Weighted Average) ของ OSHA (Occupational Safety and Health Administration) ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 56 ppb นอกจากนี้ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพพบว่า ห้องตรวจศพ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ มีค่าความเสี่ยงสูงสุด โดยเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานส่วนใหญ่มีอาการเจ็บคอ คอแห้ง ตาแห้ง คัน ระคายเคืองตา และปวดศีรษะ

Xiaojiang และคณะ (2009) ศึกษาข้อมูลกระบวนการผลิต การบริโภค การรับสัมผัส และผลกระทบต่อสุขภาพของฟอร์มัลดีไฮด์ในประเทศจีน โดยการเก็บรวบรวมเอกสารข้อมูลทั้งงานวิจัยวารสารทางด้านวิทยาศาสตร์ หนังสือพิมพ์ และข้อมูลจากเว็บไซต์ต่างๆ กว่าสองร้อยฉบับ ผลการศึกษาพบว่า ประเทศจีนเป็นผู้ผลิตและผู้บริโภคฟอร์มัลดีไฮด์รายใหญ่ของโลก โดยในช่วงยี่สิบปีที่ผ่านมาอุตสาหกรรมฟอร์มัลดีไฮด์ของจีนเจริญเติบโตจนเป็นอันดับหนึ่งในสามของโลก มากกว่าร้อยละ 65 ของการผลิตฟอร์มัลดีไฮด์เป็นการนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของการผลิตเม็ดพลาสติกและผลิตภัณฑ์ไม้ ซึ่งเป็นแหล่งมลพิษหลักของพื้นที่ในอาคาร และถึงแม้ว่าจะมีการกำหนดมาตรฐานควบคุมไว้ แต่ยังคงพบค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดในบ้านเรือน สำนักงาน สถานที่สาธารณะ และอาหารที่ใช้บริโภค ซึ่งอาจก่อให้เกิดมะเร็งโพรงหลังจมูกและมะเร็งเม็ดเลือดขาวได้

นอกจากนี้ผู้ศึกษายังพบอีกว่ามีรายงานปัญหาสุขภาพของประชาชนที่เกิดจากฟอร์มาลดีไฮด์ถึงขั้นเป็นโรคมะเร็งจำนวนมาก แต่ยังคงขาดการศึกษาทางระบาดวิทยา การรับสัมผัส และผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน ซึ่งเป็นเรื่องที่ต้องให้ความสำคัญและต้องศึกษาอย่างกว้างขวางต่อไปในอนาคต

Corinne และคณะ (2012) ประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ทั้งภายในและภายนอกอาคาร ในประเทศฝรั่งเศส พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอร์มาลดีไฮด์ภายในอาคาร ($10-56 \mu\text{g}/\text{m}^3$) สูงกว่าความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ภายนอกอาคาร ($1.9-4.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) สำหรับผลการคำนวณค่าบ่งชี้อันตรายหรือ Hazard Quotient (HQ) นั้นพบว่า การสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์แบบเรื้อรังภายในบ้านเรือนและสถานที่กลางแจ้งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.3-4.5 และ 0.01-0.03 ตามลำดับ ในขณะที่สถานที่รับเลี้ยงเด็ก โรงเรียน และสถานที่ในร่มอื่นๆ ได้แก่ โรงยิม โรงภาพยนตร์ ห้องสมุด ศูนย์การค้า มีค่าไม่เกิน 1

Tian-Tian และคณะ (2008) ได้ประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งจากการสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ทางการหายใจที่เมืองก๊วยหยาง ประเทศจีน โดยได้ทำการเก็บตัวอย่างอากาศทั้งหมด 74 จุด ตั้งแต่เดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 2004 จนกระทั่งถึงเดือนมกราคม ปี ค.ศ. 2005 พบว่าสถานที่ที่มีปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์สูงที่สุด ($0.11 \text{ mg}/\text{m}^3$) คือ สำนักงาน ส่วนสถานที่ที่มีความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ต่ำที่สุด ($0.04 \text{ mg}/\text{m}^3$) คือ ห้องเรียน โดยทั้งสองค่ามีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารที่กำหนดไว้ไม่เกิน $0.01 \text{ mg}/\text{m}^3$ เมื่อผู้วิจัยได้นำค่าความเข้มข้นที่ได้มาประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งด้วยวิธีการและค่าอ้างอิงของ US EPA พบว่าค่าความเสี่ยงอยู่ในช่วง 6.96×10^{-6} ถึง 2.48×10^{-6} ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าที่ยอมรับได้ของ US EPA คือ 1×10^{-6}

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.3.1 เพื่อศึกษาปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศภายในอาคารจากอุตสาหกรรมผลิตไม้เอ็มดีเอฟ (MDF; Medium Density Fiberboard)

1.3.2 เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานจากการสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์จากอุตสาหกรรมผลิตไม้เอ็มดีเอฟ (MDF)

1.4 สมมุติฐานของการวิจัย

1.4.1 ปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศภายในอาคารจะแตกต่างกันตามพื้นที่ปฏิบัติงานและปัจจัยสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ปฏิบัติงาน

1.4.2 การปนเปื้อนของฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศภายในอาคารของอุตสาหกรรมผลิตไม้เอ็มดีเอฟส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานผู้ปฏิบัติงาน

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณ (Quantitative Risk Assessment) ซึ่งมีขอบเขตของงานวิจัยดังต่อไปนี้

1.5.1 ดำเนินการเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตั้งกับพื้นที่ (Area Air Sampling) ภายในอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟ ในช่วงฤดูร้อน (6 เมษายน พ.ศ. 2558) และ ฤดูฝน (7 ธันวาคม พ.ศ. 2558) จำนวน 37 พื้นที่ โดยทำการเก็บตัวอย่างนานครั้งละ 15 นาที

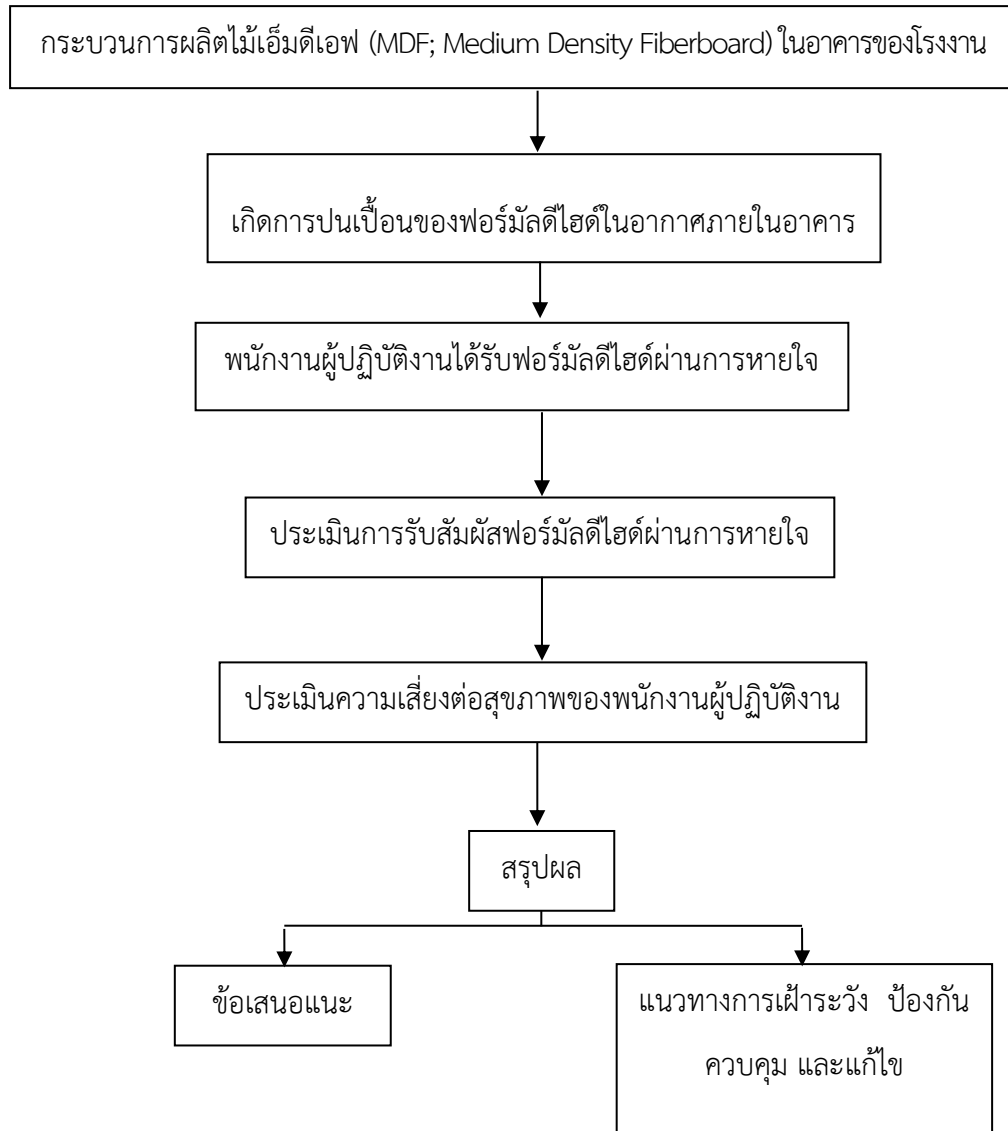
1.5.2 ดำเนินการเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดกับตัวบุคคล (Personal Air Sampling) ในพื้นที่ปฏิบัติงานของพนักงานในกระบวนการผลิตไม้เอ็มดีเอฟ กะเช้า ในช่วงฤดูร้อน (6 เมษายน พ.ศ. 2558) และ ฤดูฝน (7 ธันวาคม พ.ศ. 2558) จำนวน 36 คน โดยทำการเก็บตัวอย่างนานครั้งละ 8 ชั่วโมง

1.5.3 ดำเนินการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในตัวอย่างอากาศ ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 580 นาโนเมตร

1.5.4 ประเมินการรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ทางการหายใจ รวมทั้งประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง (Cancer Risk) และความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง (Non-cancer Risk) ของพนักงานในกระบวนการผลิตไม้เอ็มดีเอฟกะเช้า จำนวน 36 คน

1.5.5 เสนอมาตรการเฝ้าระวัง ป้องกัน ควบคุม และแก้ไข ที่เหมาะสมสำหรับการจัดการสิ่งแวดล้อม สุขภาพอนามัย และความปลอดภัย เนื่องจากการปนเปื้อนของฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศจากอุตสาหกรรมผลิตไม้เอ็มดีเอฟ

1.6 กรอบแนวคิด



1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ได้ข้อมูลการแพร่กระจาย และปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศของอุตสาหกรรมผลิตไม้เอ็มดีเอฟ (MDF)

1.7.2 สามารถนำข้อมูลจากการวิจัยนี้ไปใช้ในการวางแผน ฝ้าระวัง ป้องกัน แก้ไข และควบคุมปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในพื้นที่ปฏิบัติงานให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนด และเพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานผู้ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมผลิตไม้เอ็มดีเอฟ (MDF) รวมทั้งประชาชนและสิ่งแวดล้อมบริเวณใกล้เคียง

บทที่ 2

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศภายในอาคารจากโรงงานผลิตไม้เอ็มดีเอฟในประเทศไทย เป็นการวิจัยเชิงพรรณนา โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

2.1 วัสดุและอุปกรณ์

2.1.1 อุปกรณ์เก็บตัวอย่าง

2.1.1.1 เครื่องสอบเทียบอัตราการไหลของอากาศ พร้อมสายยางต่อระหว่าง Tube และขาตั้งกล้อง

2.1.1.2 กระจาด مخروطชนิด Polytetrafluoroethylene (PTFE) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 37 มิลลิเมตร ขนาดรูพรุน 1 - 3 ไมครอน และชุด Cassette (ภาพที่ 2-1)

2.1.1.3 บีมดูดตัวอย่างอากาศ อัตราการไหล 0.2 - 1 ลิตร ต่อนาที (ภาพที่ 2-1)

2.1.1.4 ชุด Impinger (ภาพที่ 2-1)

2.1.1.5 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ในช่วง 580 นาโนเมตร

2.1.1.6 ปีเปตชนิดกระเปาะ ขนาด 0.1 , 0.5, 1.0, 4.0, 5.0, 6.0 และ 10.0 มิลลิลิตร

2.1.1.7 ปีเปตชนิดสเกล ขนาด 1.0, 2.0 และ 5.0 มิลลิลิตร (โดยความละเอียดของสเกล 0.1 มิลลิลิตร)

2.1.1.8 ขวดวัดปริมาตร ขนาด 10, 100 และ 1,000 มิลลิลิตร

2.1.1.9 บิวเรต ขนาด 50 มิลลิลิตร

2.1.1.10 เครื่องวัดพีเอช

2.1.1.11 ขวดรูปชมพู่ ขนาด 25 มิลลิลิตร

2.1.1.12 กระจกบอทวง ขนาด 25 มิลลิลิตร

2.1.1.13 เครื่องกวนแม่เหล็ก (Magnetic Stirrer) และแท่งแม่เหล็ก (Magnetic Bar)

2.1.1.14 เครื่องอังน้ำที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส

2.1.1.15 ปีกเกอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร

2.1.2 สารเคมีที่ใช้

2.1.2.1 กรดโครโมโทรปิก ความเข้มข้น 1% เตรียมโดย ชั่ง 4,5-dihydroxy-2,7-naphthalene disulfonic acid disodium salt 0.10 กรัม แล้วปรับปริมาตรเป็น 10 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น เก็บกรดที่เตรียมไว้ในขวดสีชาและควรเตรียมใหม่ทุกสัปดาห์

2.1.2.2 กรดซัลฟูริกเข้มข้น 96%

2.1.2.3 สารละลายฟอร์มาลีน 37%

2.1.2.4 น้ำกลั่น

2.1.2.5 สารละลายกรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 0.02 นอร์มัล

2.1.2.6 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.01 นอร์มัล

2.1.2.7 สารละลายโซเดียมซัลไฟต์ ความเข้มข้น 1.13 โมลาร์ (ควรเตรียมใหม่ก่อนการใช้งานทุกครั้ง)

2.1.2.8 โซเดียมไบซัลไฟต์ (NaHSO_3) ความเข้มข้น 1%

เตรียมโดยชั่ง NaHSO_3 มา 1 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร และควรเตรียมใหม่ทุกสัปดาห์

2.1.2.9 แมกนีเซียมซัลเฟต

2.1.2.10 สารละลายสต็อกฟอร์มาลดีไฮด์ (ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิลิตรเท่ากับ 1 มิลลิกรัมฟอร์มาลดีไฮด์) เตรียมโดยปิเปตสารละลายฟอร์มาลีน 37% จากข้อ 2.1.2.3 มา 2.7 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1 ลิตร โดยสารละลายนี้เก็บไว้ได้นาน 3 เดือน สำหรับการตรวจหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายสามารถทำได้โดยปิเปตสารละลายโซเดียมซัลไฟต์ ความเข้มข้น 1.13 โมลาร์ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใส่ในปิเปเจอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร คนตัวอย่างด้วยแท่งแม่เหล็กกวน ปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 8.5 - 10 ด้วยสารละลายกรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 0.02 นอร์มัลหรือสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.01 นอร์มัล แล้วบันทึกค่า pH ที่วัดได้ จากนั้นเติมสารละลายสต็อกฟอร์มาลดีไฮด์ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ซึ่ง pH จะอยู่ที่ 11 จากนั้นไตเตรตกลับไป pH เดิมที่บันทึกไว้ด้วยสารละลายกรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 0.02 นอร์มัล (1 มิลลิลิตรของสารละลายกรดจะเท่ากับฟอร์มาลดีไฮด์ 0.6 มิลลิกรัม ใช้ประมาณ 17 มิลลิลิตร) ถ้าจุดยุติของ pH เกิน ให้ไตเตรตกลับด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.01 นอร์มัล แล้วคำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอน



ภาพที่ 2-1 เครื่องมือและชุดอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างสารฟอร์มัลดีไฮด์แบบติดกับตัวบุคคลและติดตั้งกับพื้นที่

2.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศภายในอาคารจากโรงงานผลิตไม้เอ็มดีเอฟในประเทศไทย โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยทั้งหมด 6 ขั้นตอน ดังนี้

2.2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยทำการศึกษาข้อมูลและทำการรวบรวมข้อมูลดังนี้

2.2.1.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลในระดับปฐมภูมิ โดยทำการสอบถามข้อมูลจากสถานที่ที่ทำการวิจัยโดยการเข้าสังเกตการณ์และสอบถามข้อมูลจากพนักงานผู้ปฏิบัติงานโดยตรง ตลอดจนสำรวจลักษณะของอาคารสถานที่ รวมถึงข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและเป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

2.2.1.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลในระดับทุติยภูมิ เป็นการรวบรวมข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปใช้ประกอบร่วมกับข้อมูลปฐมภูมิในการประเมินการรับสัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์ทางการหายใจ และการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในโรงงานผลิตไม้เอ็มดีเอฟ

2.2.2 การสำรวจพื้นที่ที่ทำการศึกษา

ดำเนินการสำรวจพื้นที่ที่ทำการศึกษา เพื่อเก็บข้อมูลภาคสนามและกำหนดจุดเก็บตัวอย่างอากาศภายในอาคารจากโรงงานผลิตไม้เอ็มดีเอฟ ซึ่งได้ทำการเก็บตัวอย่างอากาศในระหว่างวันที่ 1 เมษายน – 30 ธันวาคม พ.ศ. 2558 โดยมีข้อมูลและรายละเอียดต่างๆ ในการเก็บตัวอย่างอากาศ ดังนี้

2.2.2.1 ลักษณะอาคารและระบบระบายอากาศ

อาคารที่ทำการเก็บตัวอย่างอากาศเป็นระบบอาคารผลิต มีผนังและหลังคาคลุมในพื้นที่ผลิตครอบคลุมพื้นที่จัดเก็บสินค้า โดยมีระบบระบายอากาศในพื้นที่ไลน์การผลิตเป็นแบบระบบระบายอากาศแบบพัดลมหมุนระบายอากาศติดตั้งบนหลังคาจำนวน 90 จุด และมีประตูเปิดรอบอาคารผลิต ส่วนพื้นที่ห้องควบคุมการปฏิบัติงาน พื้นที่สำนักงาน และห้องปฏิบัติการมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศสำหรับการระบายอากาศภายในห้อง

2.2.2.2 ข้อมูลการผลิตและลักษณะการปฏิบัติงาน

สำหรับกระบวนการผลิตไม้เอ็มดีเอฟ มีกำลังการผลิต 3,300,000 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ทำการเดินเครื่องจักรตลอด 24 ชั่วโมง มีการกำหนดการซ่อมบำรุงดูแลรักษาเครื่องจักร เดือนละ 1 ครั้ง และมีแผนการซ่อมประจำปี โดยทำการหยุดการผลิตจำนวน 4 วันในรอบหนึ่งปีสำหรับการซ่อมบำรุงครั้งหลักประจำปี มีจำนวนพนักงานผู้ปฏิบัติงานประจำและพนักงานผู้รับเหมาในโรงงานผลิตไม้เอ็มดีเอฟ ทั้งหมด 66 คน โดยแบ่งตามหน้าที่และพื้นที่การปฏิบัติงาน ดังตารางที่ 2-1, 2-2 และ 2-3

ตารางที่ 2-1 ข้อมูลระยะเวลาการปฏิบัติงานของพนักงาน

ลำดับ	ชื่อกะปฏิบัติงาน	ช่วงเวลาปฏิบัติงาน	ระยะเวลาการปฏิบัติงาน(ชั่วโมง)
1	กะ A (กะเช้า)	08.00 – 16.00 น.	8
2	กะ B (กะบ่าย)	16.00 – 24.00 น.	8
3	กะ C (กะดึก)	24.00 – 08.00 น.	8

ตารางที่ 2-2 ข้อมูลจำนวนพนักงานในแต่ละพื้นที่ปฏิบัติงาน

ลำดับ	พื้นที่ปฏิบัติงาน/หน้าที่	จำนวน (คน)
1	ผู้ปฏิบัติงานในสำนักงาน MDF 1-2	14
2	ผู้ปฏิบัติงานในห้องควบคุมระบบการผลิต	21
3	ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ	5
4	ผู้ปฏิบัติงานขับรถยกสินค้า	2
5	ผู้ปฏิบัติงานในหน่วยงาน Cut to Size	15
6	ผู้ปฏิบัติงานดูแลรักษาความสะอาดอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟ	3
7	ผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่รับไม้ท่ายเครื่อง	6
รวม		66

จากข้อมูลในตารางที่ 2-2 เป็นการนำเสนอข้อมูลโดยภาพรวมทั้งหมด ซึ่งในการปฏิบัติงานจริงของพนักงานแต่ละพื้นที่ จะมีการแบ่งตามช่วงเวลาปฏิบัติงาน ดังแสดงในตารางที่ 2-3

จากการลงพื้นที่สำรวจและรวบรวมข้อมูลพบว่า กระบวนการผลิตไม้เอ็มดีเอฟ (MDF) ที่มีความเสี่ยงต่อการฟุ้งกระจายของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในบรรยากาศการทำงานในปริมาณมากที่สุดและมีความเข้มข้นสูงที่สุดจะอยู่ในช่วงที่มีการผลิตไม้เอ็มดีเอฟ (MDF) ชนิดไม้บาง และมีการใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ชนิด E2 (ศูนย์ศึกษาการค้ำระหว่างประเทศ, 2556) โดยพนักงานทุกหน่วยงานจะเข้าปฏิบัติงานพร้อมกันเพื่อดำเนินการผลิตผลิตภัณฑ์ดังกล่าวในช่วงกะเช้า (08.00 – 16.00 น.) ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวจะมีพนักงานจำนวนมากมีโอกาสสัมผัสกับไอระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์ในปริมาณมากและมีความเข้มข้นสูงและอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยได้ ดังนั้นในช่วงเวลากะเช้าจึงเป็นช่วงระยะเวลาการปฏิบัติงานที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างอากาศมากที่สุด ผู้วิจัยจึงเลือกทำการเก็บตัวอย่างอากาศในช่วงกะเช้า (08.00 – 16.00 น.) โดยมีกลุ่มตัวอย่างในการเก็บตัวอย่างสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศแบบติดกับตัวบุคคล จำนวน 36 คน ตามตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 ข้อมูลจำนวนพนักงานในแต่ละพื้นที่แยกตามช่วงเวลาปฏิบัติงาน

ลำดับ	พื้นที่ปฏิบัติงาน/หน้าที่	จำนวนพนักงาน (คน)		
		กะ A (08.00-16.00 น.)	กะ B (16.00-24.00 น.)	กะ C (24.00-08.00 น.)
1	ผู้ปฏิบัติงานในสำนักงาน MDF 1-2	13	-	-
2	ผู้ปฏิบัติงานในห้องควบคุม ระบบการผลิต	6	7	7
3	ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ	4	1	1
4	ผู้ปฏิบัติงานขับรถยกสินค้า	2	-	-
5	ผู้ปฏิบัติงานในหน่วยงาน Cut to Size	5	5	5
6	ผู้ปฏิบัติงานดูแลรักษาความ สะอาดอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟ	4	-	-
7	ผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่รับไม้ท่าย เครื่อง	2	2	2
จำนวนพนักงานแต่ละกะ		36	15	15
จำนวนพนักงานรวมทั้งหมด		66		

2.2.3 การเก็บตัวอย่างอากาศ

หลังจากการสำรวจพื้นที่ ผู้วิจัยได้กำหนดจุดสำหรับเก็บตัวอย่างอากาศทั้งประเภทติดตั้งกับพื้นที่และติดกับตัวพนักงาน ก่อนที่จะทำการเก็บตัวอย่างอากาศและวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศต่อไป โดยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

2.2.3.1 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างอากาศ

การเก็บตัวอย่างอากาศ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทติดตั้งกับพื้นที่และติดกับตัวบุคคล โดยจะทำการเก็บตัวอย่างในช่วงที่มีการผลิตไม้ E2 ในฤดูร้อน (6 เมษายน พ.ศ.2558) และฤดูฝน (7 ธันวาคม พ.ศ. 2558) และมีจำนวนจุดเก็บตัวอย่าง ดังตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-4 ข้อมูลจุดเก็บตัวอย่างอากาศ

จุดเก็บตัวอย่าง	จำนวนจุดเก็บตัวอย่าง (จุด)	หมายเหตุ
1. พื้นที่อาคารผลิตและห้องปฏิบัติงาน	37	ประเภทติดตั้งกับพื้นที่
2. ติดกับตัวพนักงาน	36	ประเภทติดกับตัวบุคคล

1) จุดเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตั้งกับพื้นที่

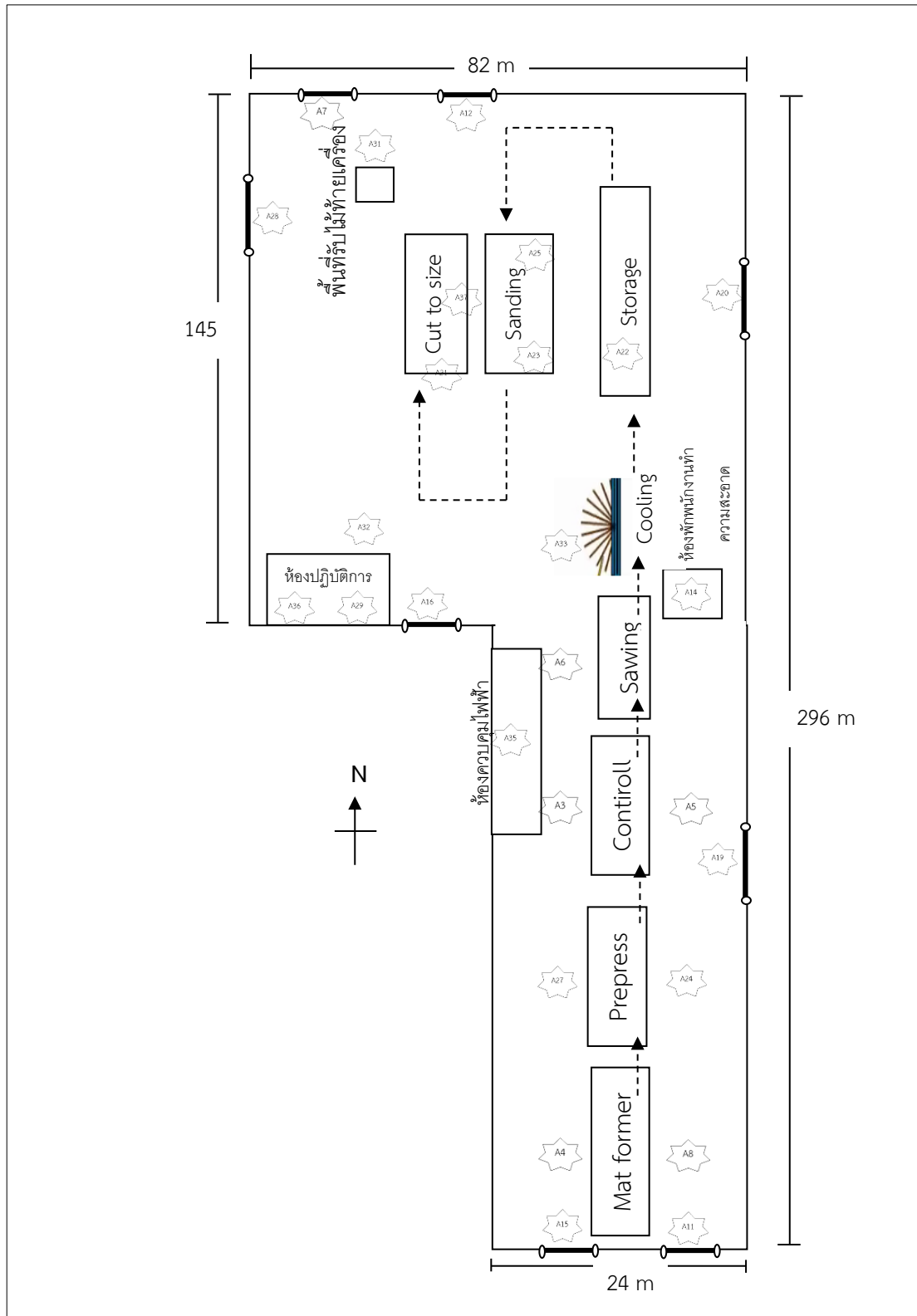
ทำการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตั้งกับพื้นที่ในพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตไม้เอ็มดีเอฟ และพื้นที่ห้องปฏิบัติงาน รวมจำนวน 37 พื้นที่ (ภาพที่ 2-2 และ 2-3; ตารางที่ 2-5) ดังนี้

พื้นที่อาคารกระบวนการผลิต


เป็นบริเวณที่มีการติดตั้งเครื่องจักรในการผลิตไม้เอ็มดีเอฟ โดยมีกระบวนการทำงานผ่านระบบควบคุม พนักงานจะควบคุมการทำงานของเครื่องจักรผ่านระบบจอสัมผัสคอมพิวเตอร์จากห้องควบคุม อาคารมีระบบระบายอากาศแบบลูกหมุนติดตั้งบนหลังคา

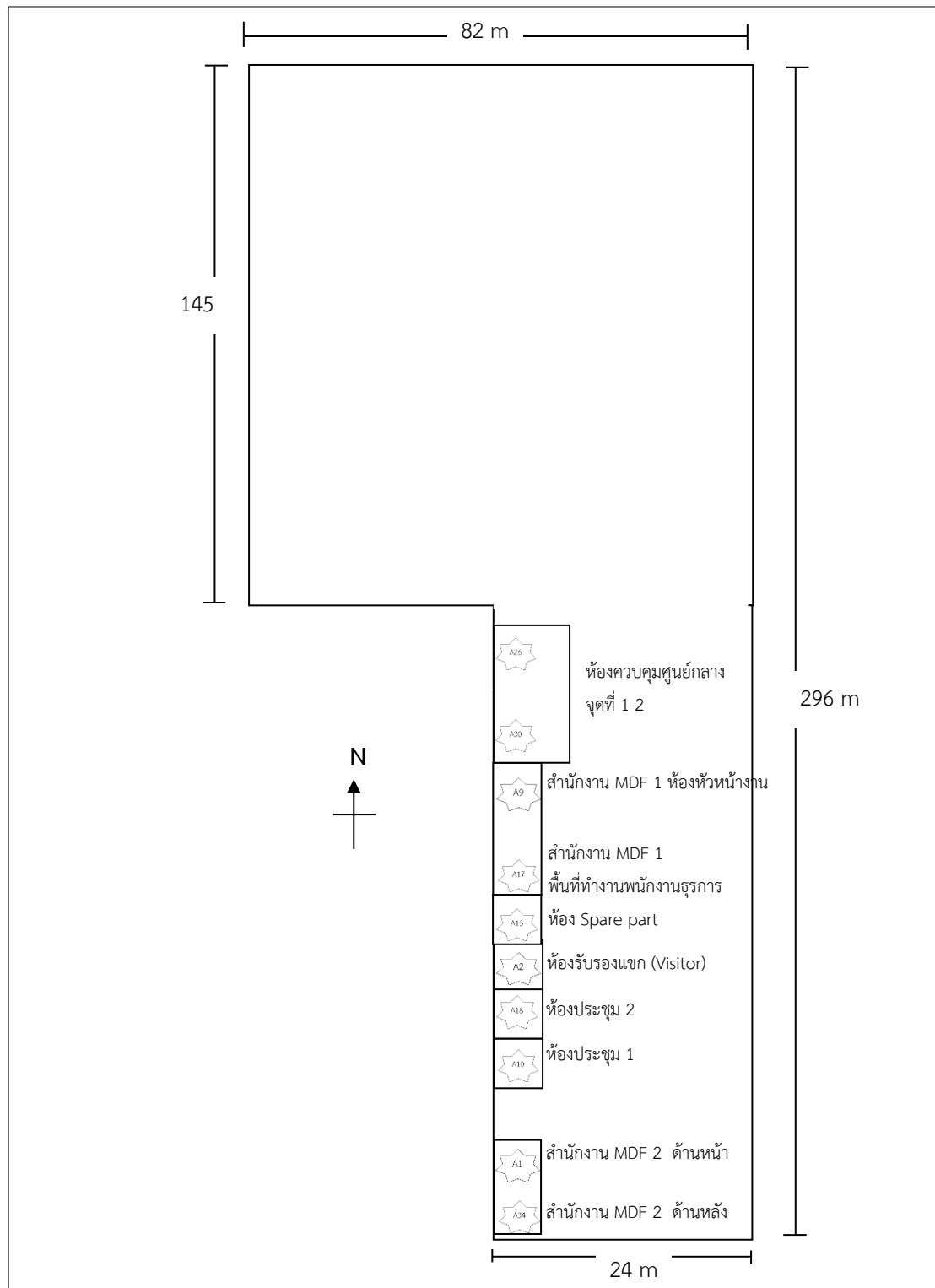
พื้นที่ห้องปฏิบัติงาน ห้องปฏิบัติการ และห้องควบคุมระบบไฟฟ้า

เป็นพื้นที่ทั้งชั้นบนและชั้นล่างของอาคารผลิต โดยมีระบบระบายอากาศเป็นแบบเครื่องปรับอากาศ



ภาพที่ 2-2 จุดเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตั้งกับพื้นที่ (ชั้นล่าง)

หมายเหตุ:  คือ จุดเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตั้งกับพื้นที่



ภาพที่ 2-3 จุดเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตั้งกับพื้นที่ (ชั้นบน)

หมายเหตุ:  คือ จุดเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตั้งกับพื้นที่

ตารางที่ 2-5 ข้อมูลจุดเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตั้งกับพื้นที่ปฏิบัติงาน

ชื่อตัวอย่าง	พื้นที่	พื้นที่
A01	สำนักงาน MDF 2 ด้านหน้า	ชั้นบน
A02	ห้องรับรองแขก (Visitor)	ชั้นบน
A03	หน้าเครื่อง Controll	ชั้นล่าง
A04	หน้าเครื่อง Mat former	ชั้นล่าง
A05	หลังเครื่อง Controll	ชั้นล่าง
A06	หน้าเครื่อง Sawing	ชั้นล่าง
A07	ประตูติดหลังฝั่งคลังสินค้า	ชั้นล่าง
A08	หลังเครื่อง Mat former	ชั้นล่าง
A09	สำนักงาน MDF 1 ห้องหัวหน้างาน	ชั้นบน
A10	ห้องประชุม 1	ชั้นบน
A11	ประตูทางเข้าด้านขวา	ชั้นล่าง
A12	ประตูด้านข้าง 2 ด้านโรงงาน	ชั้นล่าง
A13	ห้อง Spare part	ชั้นบน
A14	ห้องพักพนักงานทำความสะอาด	ชั้นล่าง
A15	ประตูทางเข้าด้านซ้าย	ชั้นล่าง
A16	ประตูข้างห้องปฏิบัติการ	ชั้นล่าง
A17	สำนักงาน MDF 1 พื้นที่ทำงานพนักงานธุรการ	ชั้นบน
A18	ห้องประชุม 2	ชั้นบน
A19	ประตูด้านข้าง 1 ติดโรงอาหาร	ชั้นล่าง
A20	ประตูด้านหลังติด 03	ชั้นล่าง
A21	หน้ากระบวนการ Cut to size	ชั้นล่าง
A22	พื้นที่ Storage	ชั้นล่าง
A23	หน้ากระบวนการ Sanding	ชั้นล่าง

ตารางที่ 2-5 ข้อมูลจุดเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตั้งกับพื้นที่ปฏิบัติงาน (ต่อ)

ชื่อตัวอย่าง	พื้นที่	พื้นที่
A24	หลังเครื่อง Prepress	ชั้นล่าง
A25	ห้องควบคุมเครื่อง Sanding	ชั้นล่าง
A26	ห้องควบคุมศูนย์กลางจุดที่ 1	ชั้นบน
A27	หน้าเครื่อง Prepress	ชั้นล่าง
A28	ประตูเข้าคลังสินค้า	ชั้นล่าง
A29	หน้า Hood ห้องปฏิบัติการ	ชั้นล่าง
A30	ห้องควบคุมศูนย์กลางจุดที่ 2	ชั้นบน
A31	พื้นที่รับไม้ท่ายเครื่อง	ชั้นล่าง
A32	หน้าประตูห้องปฏิบัติการ	ชั้นล่าง
A33	พื้นที่ Cooling	ชั้นล่าง
A34	สำนักงาน MDF 2 ด้านหลัง	ชั้นบน
A35	ห้องควบคุมไฟฟ้า	ชั้นล่าง
A36	สำนักงานห้องปฏิบัติการ	ชั้นล่าง
A37	ห้องควบคุมเครื่อง Cut to size	ชั้นล่าง

2) จุดเก็บตัวอย่างอากาศภายในอาคารประเภทติดกับตัวบุคคล

ทำการเก็บตัวอย่างอากาศโดยติดตั้งอุปกรณ์ชุดเก็บตัวอย่างที่ตัวพนักงาน ผู้ปฏิบัติงานในโรงงานผลิตไม้เอ็มดีเอฟ ที่เป็นผู้มีโอกาสสัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์ในช่วงที่มีการผลิตไม้ E2 ซึ่งเป็นช่วงเวลากลางวัน จากการสำรวจพบว่า มีพนักงานผู้สัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์ เป็นพนักงานที่ปฏิบัติงานในช่วงกะเช้า จำนวนทั้งหมด 36 คน จากพนักงานทั้งหมด 66 คน ดังนี้คือ (ตารางที่ 2-6; ภาพที่ 2-4)

ผู้ปฏิบัติงานในสำนักงาน MDF 1-2 จำนวน 13 ราย

ผู้ปฏิบัติงานในสำนักงาน จะเป็นผู้ดำรงตำแหน่งในระดับหัวหน้างาน ดังนั้น การปฏิบัติหน้าที่จะไม่ได้ประจำในสำนักงาน โดยแต่ละคนจะลงปฏิบัติงานในพื้นที่รับผิดชอบของตนเอง ยกเว้นพนักงานธุรการที่มีหน้าที่หลักในสำนักงาน

ผู้ปฏิบัติงานในห้องควบคุมระบบการผลิต จำนวน 6 ราย

พนักงานผู้ปฏิบัติงานในส่วนของห้องควบคุม จะทำหน้าที่ดูแลและควบคุมกระบวนการเดินเครื่องจักร โดยมีหน้าที่ควบคุมหน้าจอมอนิเตอร์สลับกับการเดินตรวจพื้นที่หน้างาน

ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ จำนวน 4 ราย

ผู้ปฏิบัติงานในส่วนของห้องปฏิบัติการ มีหน้าที่สุ่มเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์มาทำการตรวจสอบคุณภาพ โดยมีการปฏิบัติงานในส่วนของห้องปฏิบัติการและในพื้นที่กระบวนการผลิต

ผู้ปฏิบัติงานซบรอยกลิ้งค้ำ จำนวน 2 ราย

พนักงานซบรอยกลิ้งค้ำมีหน้าที่ขนย้ายผลิตภัณฑ์และจัดเก็บ จัดระเบียบในส่วนของ Finish board โดยจะปฏิบัติงานในโซนพื้นที่ Cut to size และพื้นที่คลังสินค้า

ผู้ปฏิบัติงานในหน่วยงาน Cut to Size จำนวน 5 ราย

พนักงานมีหน้าที่ควบคุมดูแลเครื่องจักรเพื่อควบคุมตัดขนาดของแผ่นไม้ให้มีขนาดตามที่ลูกค้ากำหนด โดยปฏิบัติงานในห้องควบคุมและตรวจพื้นที่หน้ากระบวนการผลิต

ผู้ปฏิบัติงานดูแลรักษาความสะอาดอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟ จำนวน 4 ราย

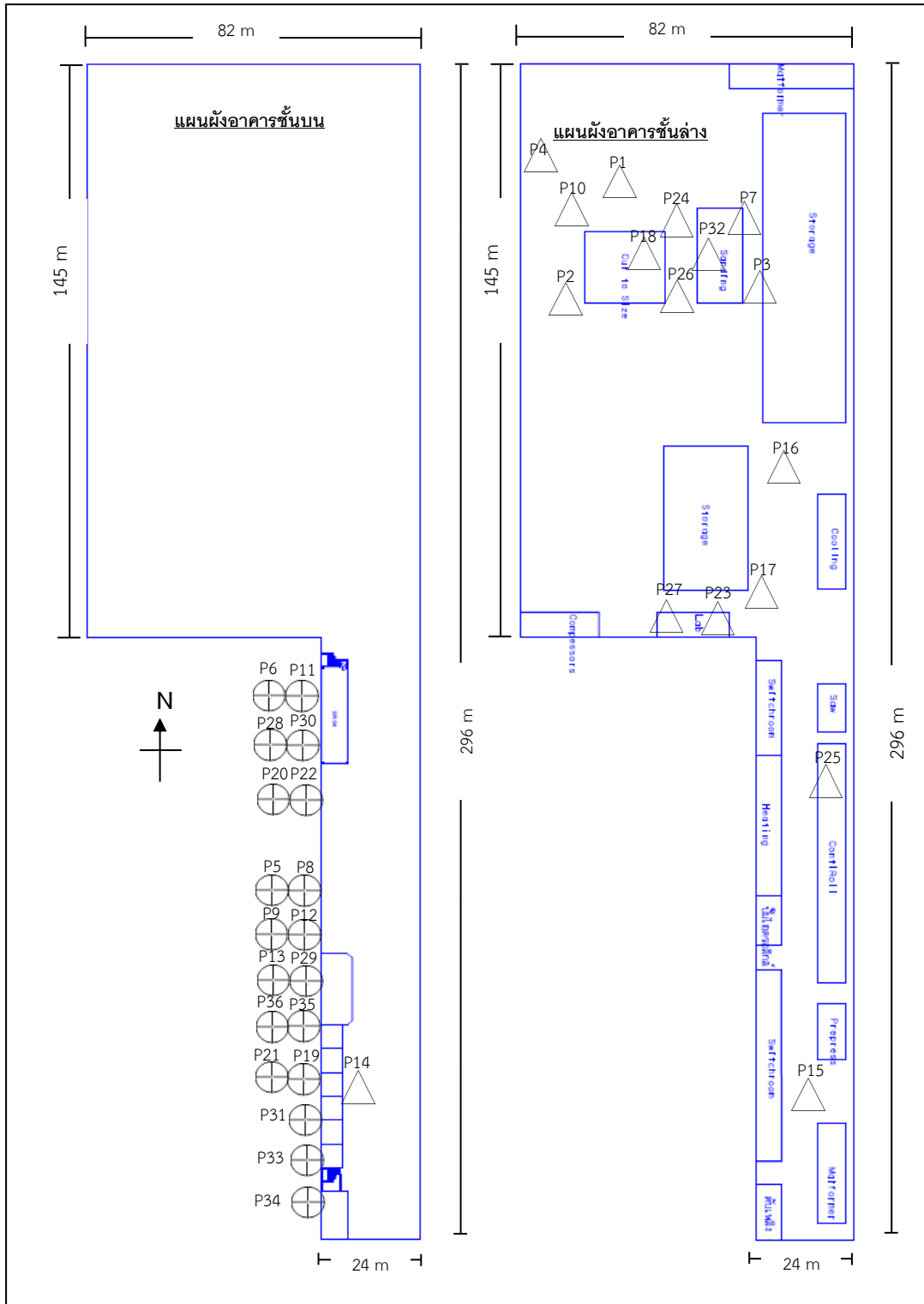
พนักงานผู้ปฏิบัติงานจะมีหน้าที่ดูแลรักษาทำความสะอาดในพื้นที่ทั้งห้องปฏิบัติงานและพื้นที่ไลน์การผลิตทั้งหมด

ผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่รับไม้ท่ายเครื่อง จำนวน 2 ราย

สำหรับผู้ปฏิบัติงานรับไม้ท่ายเครื่องจะมีหน้าที่ตรวจสอบสภาพและจำนวนยอดไม้ เพื่อจัดการแบ่งประเภทสำหรับการส่งมอบลูกค้าและการเก็บสินค้าเข้าคลัง

ตารางที่ 2-6 ข้อมูลจุดเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดกับตัวผู้ปฏิบัติงาน (กะเช้า)

ลำดับ	พื้นที่ปฏิบัติงาน/หน้าที่	จำนวนพนักงาน (คน)
1	ผู้ปฏิบัติงานในสำนักงาน MDF 1-2	13
2	ผู้ปฏิบัติงานในห้องควบคุมระบบการผลิต	6
3	ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ	4
4	ผู้ปฏิบัติงานซบรอยกลิ้งค้ำ	2
5	ผู้ปฏิบัติงานในหน่วยงาน Cut to Size	5
6	ผู้ปฏิบัติงานดูแลรักษาความสะอาดอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟ	4
7	ผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่รับไม้ท่ายเครื่อง	2
รวม		36



ภาพที่ 2-4 ผังของจุดเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดกับตัวบุคคล (ผู้ปฏิบัติงาน)

โดยทำการเก็บตัวอย่างในกลุ่มพนักงานจำนวน 36 คน โดย โดยมีรายละเอียดดังตามที่ 2-4

หมายเหตุ: \triangle คือ ผู้ปฏิบัติงานเฉพาะในพื้นที่กระบวนการผลิต (8 ชั่วโมง)

\oplus คือ ผู้ปฏิบัติงานในห้องควบคุมและปฏิบัติงานในกระบวนการผลิต (4 ชั่วโมง, 4 ชั่วโมง)

พนักงานกลุ่มตัวอย่างทุกคนจะถูกกำหนดรหัสแทนตำแหน่งงานและลักษณะงานที่ปฏิบัติ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2-7

ตารางที่ 2-7 ข้อมูลรหัสกลุ่มตัวอย่าง ตำแหน่งงาน และลักษณะงาน

ชื่อตัวอย่าง	ตำแหน่งงาน	ลักษณะงาน	อุปกรณ์ PPE
P01	พนักงานสังกัดคลังสินค้า	ผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่รับไม้ ท้ายเครื่อง	รองเท้าเซฟตี้, หมวกเซฟตี้ และผ้าปิดจมูก
P02	พนักงานขับรถยก	ผู้ปฏิบัติงานขับรถยกสินค้า	
P03	พนักงานสังกัด ด้านการผลิต	ผู้ปฏิบัติงานในหน่วยงาน Cut to Size มีหน้าที่ ควบคุมเครื่องขัดและตัดขนาด	
P04	พนักงานขับรถยก	ผู้ปฏิบัติงานขับรถยกสินค้า	
P05	หัวหน้างานสังกัด ด้านการผลิต	ผู้ปฏิบัติงานในสำนักงาน MDF 1-2 มีหน้าที่ควบคุม กระบวนการลอกเปลือก	
P06	พนักงานสังกัด ด้านการผลิต	ผู้ปฏิบัติงานในห้องควบคุมระบบ การผลิตมีหน้าที่ควบคุม เครื่องอัดร้อน	

ตารางที่ 2-7 ข้อมูลรหัสกลุ่มตัวอย่าง ตำแหน่งงาน และลักษณะงาน (ต่อ)

ชื่อตัวอย่าง	ตำแหน่งงาน	ลักษณะงาน	อุปกรณ์ PPE
P07	พนักงานสังกัดหน่วยงาน ควบคุมคุณภาพ	ผู้ปฏิบัติงานในหน่วยงาน Cut to Size มีหน้าที่ตรวจสอบ สิ่งแปลกปลอมบนไม้	รองเท้าเซฟตี้, หมวกเซฟตี้ และผ้าปิดจมูก
P08	หัวหน้างานสังกัด ด้านการผลิต	ผู้ปฏิบัติงานในสำนักงาน MDF 1-2 มีหน้าที่ควบคุม Energy plant	
P09	หัวหน้างานสังกัด ด้านการผลิต	ผู้ปฏิบัติงานในสำนักงาน MDF 1-2 มีหน้าที่ควบคุม เครื่องขัดและตัดขนาด	
P10	พนักงานสังกัด คลังสินค้า	ผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่ รับไม้ทำเครื่อง	
P11	พนักงานสังกัด ด้านการผลิต	ผู้ปฏิบัติงานในห้องควบคุม ระบบการผลิต มีหน้าที่ควบคุม Energy plant	
P12	หัวหน้างานสังกัด ด้านการผลิต	ผู้ปฏิบัติงานในสำนักงาน MDF 1-2 มีหน้าที่ควบคุม เครื่องอัดร้อน	
P13	หัวหน้างานควบคุม แผนกผลิต	ผู้ปฏิบัติงานในสำนักงาน MDF 1-2 มีหน้าที่ ดูแลกระบวนการผลิตทั้งหมด	
P14	แม่บ้าน	ผู้ปฏิบัติงานดูแลรักษาความ สะอาดอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟ ดูแลโซนสำนักงาน	
P15	แม่บ้าน	ผู้ปฏิบัติงานดูแลรักษาความ สะอาดอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟ ดูแลไลน์ผลิต	

ตารางที่ 2-7 ข้อมูลรหัสกลุ่มตัวอย่าง ตำแหน่งงาน และลักษณะงาน (ต่อ)

ชื่อตัวอย่าง	ตำแหน่งงาน	ลักษณะงาน	อุปกรณ์ PPE
P16	แม่บ้าน	ผู้ปฏิบัติงานดูแลรักษาความสะอาดอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟ ดูแลไลน์ผลิต	รองเท้ายางเชฟตี้, หมวกเชฟตี้ และผ้าปิดจมูก
P17	พนักงานสังกัดหน่วยงาน ควบคุมคุณภาพ	ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ และสุ่มเก็บตัวอย่างทดสอบ	รองเท้ายางเชฟตี้, หมวกเชฟตี้, แวนตา, เสื้อกาวน์ และ หน้ากากใส่กรองคู่
P18	พนักงานสังกัดหน่วยงาน ควบคุมคุณภาพ	ผู้ปฏิบัติงานในหน่วยงาน Cut to Size	รองเท้ายางเชฟตี้, หมวกเชฟตี้ และผ้าปิดจมูก
P19	เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย	ผู้ปฏิบัติงานในสำนักงาน MDF 1-2 มีหน้าที่ตรวจสอบ เกี่ยวกับการปฏิบัติงาน ให้มีความปลอดภัย	
P20	พนักงานสังกัด ด้านการผลิต	ผู้ปฏิบัติงานในห้องควบคุมระบบ การผลิต มีหน้าที่ควบคุม การผสมกาว	รองเท้ายางเชฟตี้, หมวกเชฟตี้, แวนตา และหน้ากากใส่กรองคู่
P21	พนักงานธุรการ	ผู้ปฏิบัติงานในสำนักงาน MDF 1-2 มีหน้าที่ดูแล เกี่ยวกับเอกสารทั้งหมด	รองเท้ายางเชฟตี้, หมวกเชฟตี้ และผ้าปิดจมูก
P22	พนักงานสังกัด ด้านการผลิต	ผู้ปฏิบัติงานในห้องควบคุมระบบ การผลิต มีหน้าที่ควบคุม เครื่องอัดร้อน	

ตารางที่ 2-7 ข้อมูลรหัสกลุ่มตัวอย่าง ตำแหน่งงาน และลักษณะงาน (ต่อ)

ชื่อตัวอย่าง	ตำแหน่งงาน	ลักษณะงาน	อุปกรณ์ PPE
P23	เจ้าหน้าที่สังกัด หน่วยงานควบคุม คุณภาพ	ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ มีหน้าที่สุ่มตรวจคุณภาพ	รองเท้ายาง, หมวกเซฟตี้, แว่นตา, เสื้อกาวน์ และ หน้ากากใส่กรองคู่
P24	พนักงานสังกัด ด้านการผลิต	ผู้ปฏิบัติงานในหน่วยงาน Cut to Size มีหน้าที่ควบคุม เครื่องขัดและตัดขนาด	รองเท้ายาง, หมวกเซฟตี้ และผ้าปิดจมูก
P25	พนักงานทำความสะอาด เครื่องจักร	ผู้ปฏิบัติงานดูแลรักษาความ สะอาดอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟ	รองเท้ายาง, หมวกเซฟตี้ และผ้าปิดจมูก
P26	พนักงานสังกัด ด้านการผลิต	ผู้ปฏิบัติงานในหน่วยงาน Cut to Size มีหน้าที่ควบคุม เครื่องขัดและตัดขนาด	
P27	เจ้าหน้าที่สังกัด หน่วยงาน ควบคุมคุณภาพ	ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ	รองเท้ายาง, หมวกเซฟตี้, แว่นตา, เสื้อกาวน์ และ หน้ากากใส่กรองคู่
P28	พนักงานสังกัด ด้านการผลิต	ผู้ปฏิบัติงานในห้องควบคุมระบบ การผลิต มีหน้าที่ควบคุม Energy plant	รองเท้ายาง, หมวกเซฟตี้ และผ้าปิดจมูก
P29	หัวหน้างานสังกัด ด้านการผลิต	ผู้ปฏิบัติงานในสำนักงาน MDF 1-2 มีหน้าที่ตรวจสอบ และรวบรวมข้อมูล	

ตารางที่ 2-7 ข้อมูลรหัสกลุ่มตัวอย่าง ตำแหน่งงาน และลักษณะงาน (ต่อ)

ชื่อตัวอย่าง	ตำแหน่งงาน	ลักษณะงาน	อุปกรณ์ PPE
P30	พนักงานสังกัด ด้านการผลิต	ผู้ปฏิบัติงานในห้องควบคุม ระบบการผลิต มีหน้าที่ควบคุมเครื่องอัดรีด	รองเท้าเซฟตี้, หมวกเซฟตี้ และผ้าปิดจมูก
P31	หัวหน้างานสังกัด งานเทคนิคและโครงการ	ผู้ปฏิบัติงานในสำนักงาน MDF 1-2 มีหน้าที่ตรวจสอบและปรับปรุง โครงสร้างอาคารและเครื่องจักร	
P32	พนักงานสังกัดหน่วยงาน ควบคุมคุณภาพ	ผู้ปฏิบัติงานในหน่วยงาน Cut to Size มีหน้าที่ตรวจสอบ คุณภาพไม้	
P33	หัวหน้างานสังกัด งานเทคนิคและโครงการ	ผู้ปฏิบัติงานในสำนักงาน MDF 1-2 มีหน้าที่ตรวจสอบและปรับปรุง โครงสร้างอาคารและเครื่องจักร	
P34	หัวหน้างานสังกัด งานเทคนิคและโครงการ	ผู้ปฏิบัติงานในสำนักงาน MDF 1-2 มีหน้าที่ตรวจสอบและปรับปรุง โครงสร้างอาคารและเครื่องจักร	
P35	หัวหน้างานสังกัด ด้านการผลิต	ผู้ปฏิบัติงานในสำนักงาน MDF 1-2 มีหน้าที่ควบคุมเครื่องอัดรีด	
P36	ผู้จัดการโรงงาน MDF	ผู้ปฏิบัติงานในสำนักงาน MDF 1-2 มีหน้าที่ตรวจสอบดูแลบริหาร จัดการทุกด้าน	

2.2.3.2 การเก็บตัวอย่างอากาศ

ผู้วิจัยเลือกเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างตามวิธีการของ NIOSH Method 3500 (NIOSH, 1994) เนื่องจากเป็นวิธีที่เป็นที่ยอมรับและมีมาตรฐานในระดับสากล รวมทั้งเป็นวิธีที่ใช้กันแพร่หลายทั่วไปรวมทั้งนักวิจัยในประเทศไทย ซึ่งเมื่อทำการเก็บตัวอย่างอากาศเสร็จเรียบร้อยแล้ว ตัวอย่างอากาศจะถูกนำไปวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์โดยใช้เทคนิค Visible Absorption Spectrometry (VIS) คือใช้เครื่อง Spectrophotometer ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 580 นาโนเมตร วิธีการเก็บตัวอย่างอากาศของ NIOSH Method 3500 (NIOSH, 1994) นี้ มีการใช้กระดาษกรองในการกรองสิ่งแปลกปลอมที่ปะปนอยู่ในอากาศ เช่น ฝุ่น สิ่งสกปรก เป็นต้น ออกจากตัวอย่างอากาศ จึงทำให้เป็นวิธีการดูอากาศที่มีสารฟอร์มัลดีไฮด์ไปทำการวิเคราะห์โดยมีการแยกสิ่งปลอมปนออกก่อนในลำดับแรก สำหรับการเก็บตัวอย่างอากาศในการศึกษาครั้งนี้ได้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทติดตั้งกับพื้นที่และติดกับตัวบุคคล โดยมีรายละเอียดการเก็บตัวอย่างดังนี้

1) การเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตั้งกับพื้นที่

(1) ใช้สาย Tygon เชื่อมต่อบั๊มดูดอากาศกับ ชุด Cassette และอิมพิงเจอร์ (Impinger) ทั้งนี้เพื่อให้บั๊มดูดอากาศดูดอากาศผ่านชุด Cassette ซึ่งมีกระดาษกรองแบบ Polytetrafluoroethylene (PTFE) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 37 มิลลิเมตร ขนาดรูพรุน 1 - 3 ไมครอน และผ่านอิมพิงเจอร์ จำนวน 2 หลอด ซึ่งอิมพิงเจอร์แต่ละหลอดจะบรรจุสารละลาย 1% โซเดียมไบซัลเฟต 20 มิลลิลิตร

(2) นำอิมพิงเจอร์ซึ่งถูกบรรจุอยู่ในกระเปาะสะพายพร้อมชุด Cassette และ บั๊มดูดอากาศ ไปติดตั้งไว้บนขาตั้งชนิด 3 ขา ที่ระดับความสูง 150 เซนติเมตร จากนั้นทำการเปิดสวิทช์บั๊มดูดอากาศที่อัตราการไหลของอากาศ 1 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที (ภาพที่ 2-5)



ภาพที่ 2-5 การเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตั้งกับพื้นที่

(3) เทสารละลายในอิมฟิงเจอร์ จำนวน 2 ขวด ลงในขวดเก็บตัวอย่าง จำนวน 2 ขวด แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในตัวอย่างอากาศภายใน 30 วัน

2) การเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดกับตัวบุคคล

(1) ใช้สาย Tygon เชื่อมต่อปั๊มดูดอากาศกับ ชุด Cassette และอิมฟิงเจอร์ ทั้งนี้เพื่อให้ปั๊มดูดอากาศดูดอากาศผ่านชุด Cassette ซึ่งมีกระดาษกรองแบบ Polytetrafluoroethylene (PTFE) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 37 มิลลิเมตร ขนาดรูพรุน 1 - 3 ไมครอน และผ่านอิมฟิงเจอร์ จำนวน 2 หลอด ซึ่งอิมฟิงเจอร์แต่ละหลอดจะบรรจุสารละลาย 1% โซเดียมไบซัลเฟต 20 มิลลิลิตร

(2) นำอิมฟิงเจอร์ซึ่งถูกบรรจุอยู่ในกระเป๋าสะพายพร้อมชุด Cassette และปั๊มดูดอากาศ ไปติดตั้งกับตัวพนักงาน โดยให้ปั๊มดูดอากาศอยู่ที่ระดับเอวของพนักงาน และให้พนักงานสะพานพาดเฉียงกระเป๋าที่ภายในบรรจุชุดอิมฟิงเจอร์ที่มีสารละลาย ส่วนชุด Cassette ที่ต่อด้วยสาย Tygon ให้อ้อมด้านหลังพาดผ่านหัวไหล่และติดกับเสื้อพนักงานที่โชนหน้าอกด้วยคลิปหนีบ จากนั้นทำการเปิดสวิทช์ปั๊มดูดอากาศที่อัตราการไหลของอากาศ 0.2 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 8 ชั่วโมง (ภาพที่ 2-6)

(3) เทสารละลายในอิมฟิงเจอร์ จำนวน 2 ขวด ลงในขวดเก็บตัวอย่าง จำนวน 2 ขวด แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในตัวอย่างอากาศภายใน 30 วัน



ภาพที่ 2-6 การเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดกับตัวบุคคล

2.2.4 การควบคุมคุณภาพของการวิเคราะห์ตัวอย่าง

การควบคุมคุณภาพของการวิเคราะห์ตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการควบคุมคุณภาพทั้งในภาคสนามและในห้องปฏิบัติการ ดังนี้

2.2.4.1 Field blank sample

เป็นการตรวจสอบการปนเปื้อนของสารฟอร์มาลดีไฮด์ ในระหว่างการเก็บตัวอย่างอากาศภาคสนาม โดยมีวิธีการคือ นำชุดกระดาษกรองแบบ Polytetrafluoroethylene (PTFE) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 37 มิลลิเมตร ขนาดรูพรุน 1 - 3 ไมครอนประกอบในชุด Cassette และอิมพิงเจอร์จำนวน 2 หลอด ซึ่งอิมพิงเจอร์แต่ละหลอดจะบรรจุสารละลาย 1% โซเดียมไบซัลเฟต 20 มิลลิลิตร นำเอาไปด้วยตอนที่ไปเก็บตัวอย่างภาคสนามโดยไม่ทำการเก็บตัวอย่าง หลังจากนั้นให้นำมาวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์ ที่ห้องปฏิบัติการพร้อมกับตัวอย่างอากาศที่ทำการเก็บ นำค่าที่ได้มาลบกันจะได้ค่าปริมาณความเข้มข้นจริง

2.2.4.2 Lab blank sample

เป็นตรวจสอบการปนเปื้อนของสารฟอร์มาลดีไฮด์ เนื่องจากการปนเปื้อนของเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยทำการวิเคราะห์ Lab blank sample จำนวน 1 ตัวอย่าง ในทุก 10 ตัวอย่างจริง และทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกับตัวอย่างอากาศที่เก็บมาจริงทุกขั้นตอน

2.2.5 การวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์ในตัวอย่างอากาศ

สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์ในตัวอย่างอากาศนั้นต้องทำที่อุณหภูมิห้อง หรือที่อุณหภูมิ 20 ± 5 °C โดยมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ ดังนี้

2.2.5.1 บันทึกค่าปริมาตรของสารละลายในอิมพิงเจอร์ โดยใช้กระบอกตวงขนาด 25 มิลลิลิตร และแยกเป็นปริมาตรสารละลายของอิมพิงเจอร์แรก [Vf (mL)] และปริมาตรสารละลายของอิมพิงเจอร์ที่สอง [Vb (mL)]

2.2.5.2 ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 4 มิลลิลิตร ลงในหลอดแก้วที่มีฝาปิด ขนาด 25 มิลลิลิตร (โดยสามารถเลือกใช้ปริมาตรของตัวอย่างให้มีค่าความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์อยู่ระหว่าง 2 – 20 ไมโครกรัม สำหรับค่าดูดกลืนแสงที่สูงสุด)

2.2.5.3 เติม 0.1 มิลลิลิตร ของ 1% กรดโครโมโทรปิก ลงในหลอดตัวอย่าง แล้วเขย่าให้เข้ากัน

2.2.5.4 เติม 6 มิลลิลิตร ของกรดซัลฟูริกเข้มข้น อย่างช้าๆ ปิดฝาหลอดตัวอย่างแล้วค่อยๆ เขย่าให้กัน (ควรระวังในการเขย่าตัวอย่างให้เข้ากันหลังจากเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น เพราะจะมีความร้อนสูงเกิดขึ้นมาก)

2.2.5.5 นำสารละลายตัวอย่างไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 °C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง (ข้อควรระวัง จะเกิดการกัดกร่อนจากความร้อนของกรดซัลฟูริก และเกิดแรงดันฝาที่ปิดหลอดตัวอย่างออกได้)

2.2.5.6 นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 580 นาโนเมตร

2.2.5.7 เตรียมกราฟมาตรฐาน (Calibration Curve) การทำกราฟมาตรฐานควรทำใหม่ทุกครั้ง โดยใช้สารละลายมาตรฐานทั้งหมด 6 ความเข้มข้น

- เตรียมสารละลายมาตรฐานเจือจาง โดยตั้ง 1 มิลลิลิตร ของสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วย 1% สารละลายโซเดียมโบซัลไฟต์

- เปิดสารละลายมาตรฐานมา 0.1 , 0.3 , 0.5 , 0.7 , 1.0 และ 2.0 มิลลิลิตร เติมน้ำในหลอดตัวอย่างขนาด 25 มิลลิลิตร

- เติม 1% สารละลายโซเดียมโบซัลไฟต์ ลงไปในสารละลายมาตรฐาน แต่ละความเข้มข้น โดยให้มีปริมาตรสุดท้าย 4 มิลลิลิตร และขั้นตอนนี้ให้ทำสารละลายแปลงค์ด้วย

- ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างพร้อมกันกับแปลงค์

- การสร้างกราฟมาตรฐาน จะเป็นการแสดงค่าระหว่าง ค่าดูดกลืนแสง (Absorbance) กับ ค่าความเข้มข้นฟอร์มัลดีไฮด์ (หน่วยเป็นไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)

2.2.5.8 คำนวณค่าความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายสต็อกฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde) จากสมการ

$$C_s = \frac{30.0 (N_a \cdot V_a - N_b \cdot V_b)}{V_s}$$

เมื่อ

30.0 = มวลโมเลกุลของฟอร์มัลดีไฮด์

C_s = ความเข้มข้นของสารละลายสต็อกฟอร์มัลดีไฮด์ (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)

N_a = ความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟูริก (0.02 นอร์มัล)

V_a = ปริมาตรของสารละลายกรดซัลฟูริก ที่ใช้ (มิลลิลิตร)

N_b = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (0.01 นอร์มัล)

V_a = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ Black-titration (มิลลิลิตร)

V_s = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานฟอร์มัลดีไฮด์ (10 มิลลิลิตร)

2.2.5.9 คำนวณปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในตัวอย่างจากอากาศ หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m³) จากสมการ

$$C = \frac{Mf + Mb - 2 MB}{V (L)}$$

เมื่อ

- Mf = ความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์ในอิมพิงเจอร์แรก (ไมโครกรัม)
 Mb = ความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์ในอิมพิงเจอร์ที่ 2 (ไมโครกรัม)
 MB = ความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์ในสารละลายแบลลงค์ (ไมโครกรัม)
 V = ปริมาตรอากาศตัวอย่าง (ลิตรอากาศ)

2.2.5.10 คำนวณปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในตัวอย่างจากอากาศ หน่วยเป็น ppm จากสมการ

$$C_{ppm} = \frac{C (mg/m^3) \times 24.45}{30.0}$$

2.2.6 การประเมินการสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ทางการหายใจ ในขั้นตอนนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

2.2.6.1 ทำการรวบรวมข้อมูลผลการตรวจวัดและวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์ที่ทำการเก็บตัวอย่างแบบติดตัวบุคคล จำนวน 36 คน โดยแบ่งออกเป็นค่าความเข้มข้นที่วัดได้ 2 ช่วงตามระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง คือ ฤดูร้อน (6 เมษายน พ.ศ. 2558) และ ฤดูฝน (7 ธันวาคม พ.ศ. 2558)

2.2.6.2 ทำการรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถาม เป็นการเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

- 1) ข้อมูลทั่วไป
- 2) ข้อมูลประวัติการทำงาน
- 3) ข้อมูลพฤติกรรมการสุขอนามัยส่วนบุคคล
- 4) ข้อมูลประวัติความเจ็บป่วยจากโรคทางเดินหายใจและโรคทางผิวหนัง

เมื่อผู้วิจัยทำการรวบรวมข้อมูลจากทั้งสองส่วนแล้วเสร็จ ให้นำข้อมูลที่นำมาทำการประเมินการรับสัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์ทางการหายใจของพนักงาน จากสมการ

$$I = \frac{C \times CR \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

เมื่อ

- I = ปริมาณสิ่งคุกคามที่ได้รับ (mg/kg BW/day)
- C = ความเข้มข้นเฉลี่ยของสิ่งคุกคามในตัวกลางขณะที่สัมผัส (mg/m³)
- CR = ปริมาณการสัมผัสตัวกลางที่ปนเปื้อนต่อหน่วยเวลา (m³/day)
- EF = ความถี่ของการรับสัมผัส (day/year)
- ED = ระยะเวลาที่สัมผัส (year)
- BW = น้ำหนักของร่างกาย (kg)
- AT = ระยะเวลาที่ใช้ในการเฉลี่ย (day)

2.2.7 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

ทำการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง (Non-Cancer Risk) เนื่องจากการสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์ทางการหายใจ โดยการคำนวณ HQ (Hazard Quotient) และประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งจากการหายใจเอาฟอร์มัลดีไฮด์เข้าสู่ร่างกาย โดยการคำนวณ Slope Factor และ Lifetime cancer risk จากสมการ ดังนี้

$$HQ = \frac{CA}{TLV - TWA}$$

เมื่อ

- HQ = ค่าความเสี่ยง (Hazard Quotient)
- CA หรือ I_N = ความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง/วัน ของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ (mg/ m³)
- TLV-TWA หรือ R_pD = ค่ามาตรฐานความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง/วัน (Time Weighted Average) ของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ (mg/ m³)

$$\text{Slope Factor} = \frac{\text{URF} \times \text{BW} \times \text{CF}}{\text{IR} \times \text{AR}}$$

เมื่อ

URF = Unit Risk Factor ($\mu\text{g}/\text{m}^2$)⁻¹; สำหรับสารฟอร์มัลดีไฮด์อยู่ที่ 1.3×10^{-5}
(US EPA, 2003)

BW = น้ำหนักร่างกายผู้ใหญ่; 70 (kg) (US EPA, 1989)

CF = Conversion Factor; 1,000 ($\mu\text{g}/\text{mg}$) (US EPA, 1989)

IR = อัตราการหายใจของมนุษย์; 20 (m^3/day) (US EPA, 1989)

AR = Absorption Rate; 1 (US EPA, 1989)

$$\text{Lifetime cancer risk} = \text{Ic} \times \text{SF}$$

เมื่อ

Ic = ปริมาณของสารก่อมะเร็งที่ได้รับ ($\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{day})$)

SF = Slope Factor ของสารก่อมะเร็ง ($(\text{kg} \cdot \text{day})/\text{mg}$)

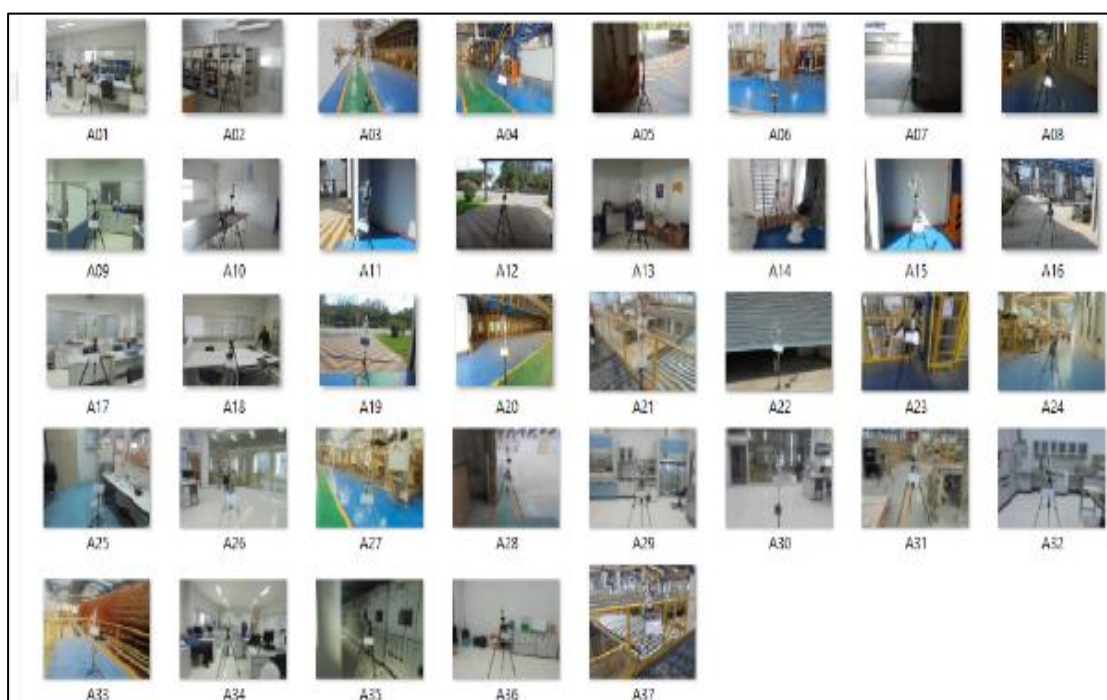
2.2.8 การวิเคราะห์ข้อมูล สรุปผล และรายงานผลการวิจัย เป็นการนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ สรุป และรายงานผล ตลอดจนเสนอแนะมาตรการป้องกัน แก้ไข และควบคุม ปัญหาสุขภาพอนามัยและความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน ตลอดจนประชาชนและสิ่งแวดล้อมใกล้เคียง

บทที่ 3

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประเภทติดตั้งกับพื้นที่ จำนวน 37 พื้นที่ (ภาพที่ 3-1) และประเภทติดกับตัวบุคคล จำนวน 36 คน โดยทำการเก็บตัวอย่างอากาศในช่วงฤดูร้อน (6 เมษายน พ.ศ. 2558) และ ฤดูฝน (7 ธันวาคม พ.ศ. 2558) เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์ทางการหายใจของพนักงานกลุ่มตัวอย่างสามารถสรุปประเด็นสำคัญได้ 5 ประเด็นดังนี้

- 1) ปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประเภทติดตั้งกับพื้นที่ปฏิบัติงานภายในอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟ
- 2) ปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประเภทติดกับตัวบุคคล
- 3) ข้อมูลการรับสัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์ทางการหายใจ และการวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมสุขภาพของกลุ่มตัวอย่าง
- 4) ผลการประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง (Cancer Risk)
- 5) ผลการประเมินความเสี่ยงอื่นนอกจากมะเร็ง (Non-cancer Risk)



ภาพที่ 3-1 การเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตั้งกับพื้นที่ จำนวน 37 พื้นที่

3.1 ปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประเภทติดตั้งกับพื้นที่ปฏิบัติงานภายในอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟ

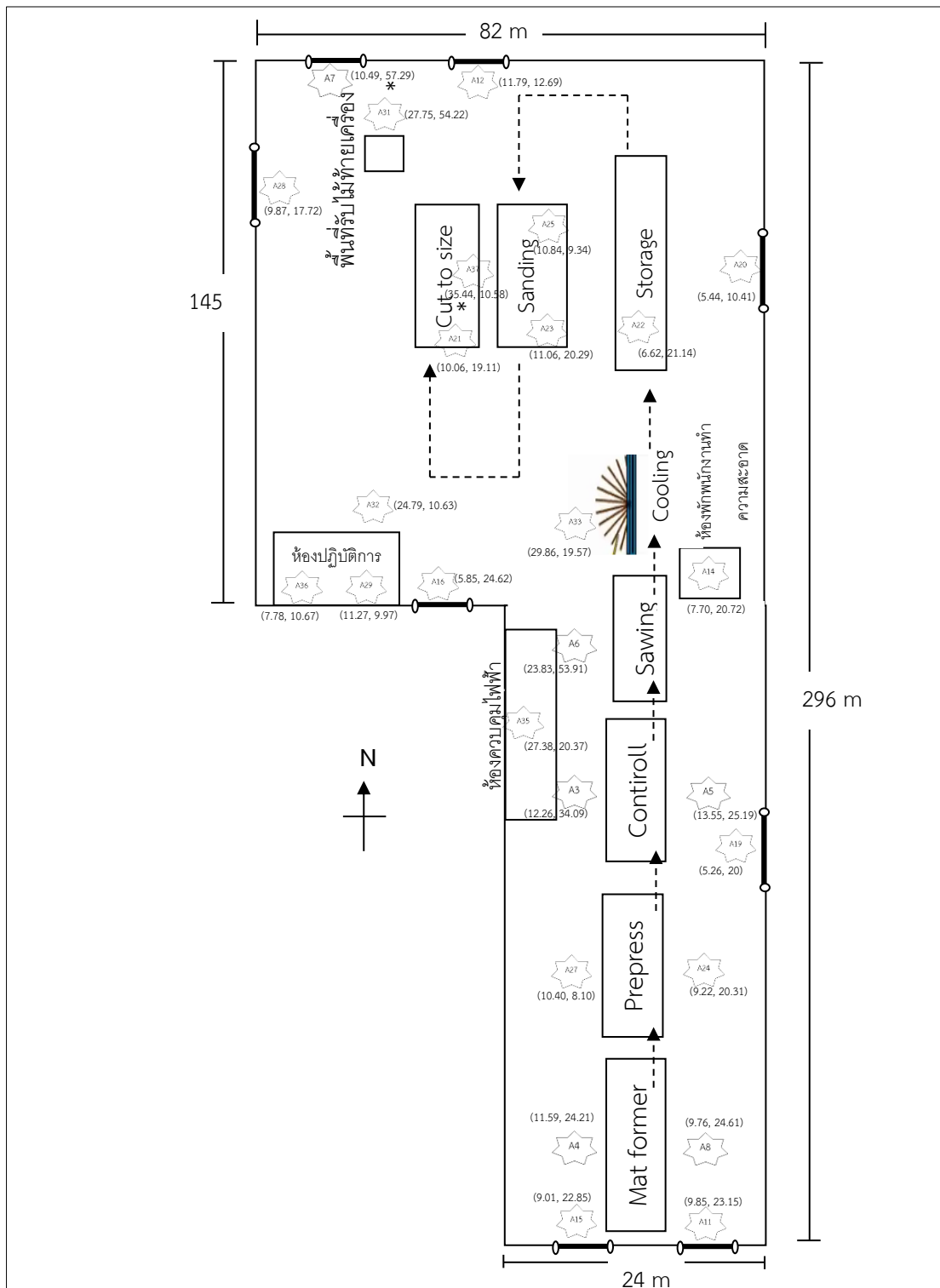
ผลการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประเภทติดตั้งกับพื้นที่ปฏิบัติงานภายในอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟ จำนวน 37 พื้นที่ โดยทำการเก็บ 2 ครั้ง คือ ในช่วงฤดูร้อน (6 เมษายน พ.ศ. 2558) และ ฤดูฝน (7 ธันวาคม พ.ศ. 2558) มีรายละเอียดดังตารางที่ (3-2, 3-3)

ตารางที่ 3-1 ปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประเภทติดตั้งกับพื้นที่

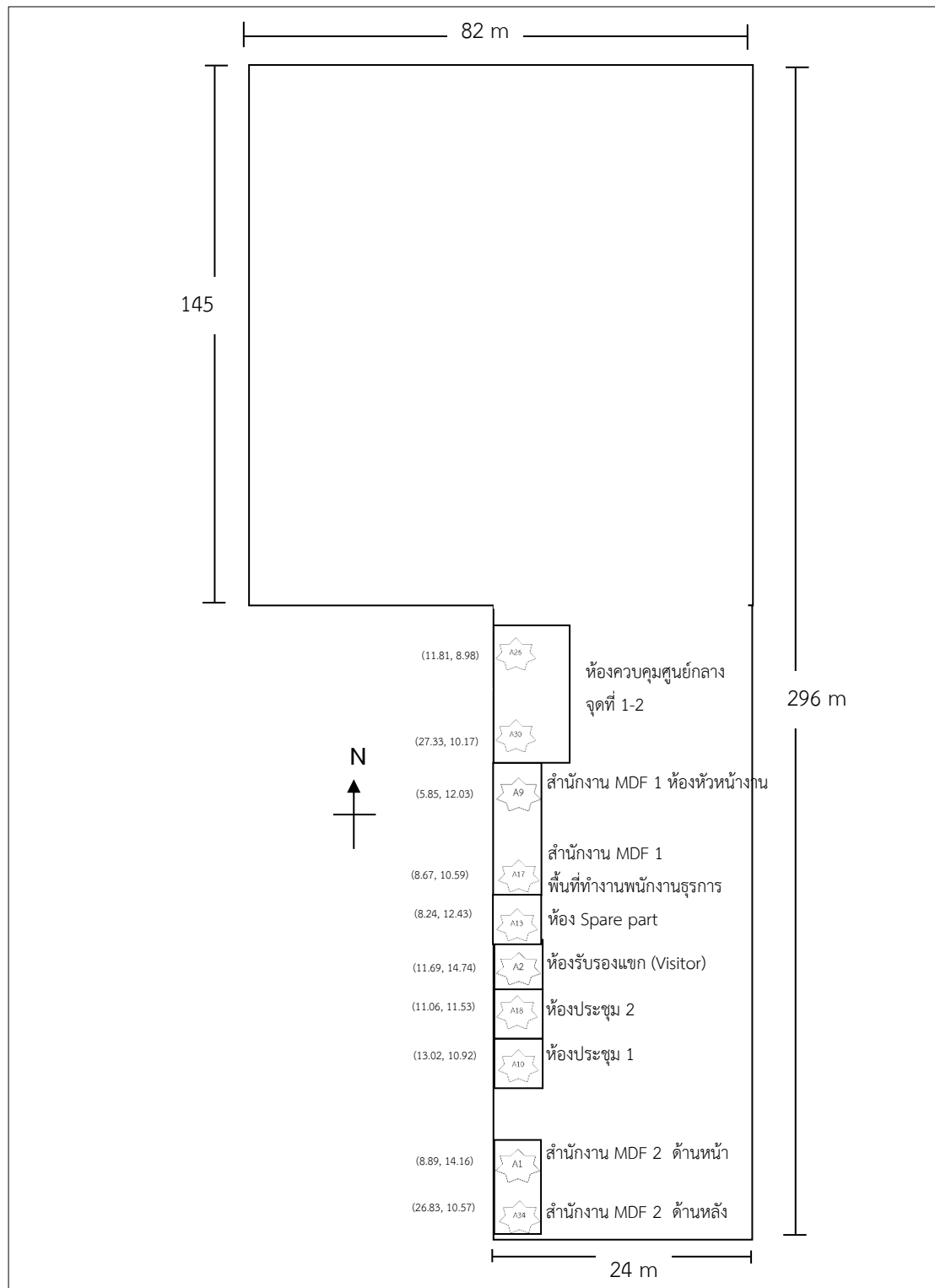
พื้นที่	ค่าความเข้มข้น ในฤดูร้อน	ค่าความเข้มข้น ในฤดูฝน	ค่าความเข้มข้น ในฤดูร้อน	ค่าความเข้มข้น ในฤดูฝน
	mg/m ³		ppm	
A01	10.92	17.39	8.89	14.16
A02	14.36	18.11	11.69	14.74
A03	15.06	41.87	12.26	34.09
A04	14.24	29.74	11.59	24.21
A05	16.64	30.94	13.55	25.19
A06	29.27	66.22	23.83	53.91
A07	12.88	70.37	10.49	57.29
A08	11.99	30.23	9.76	24.61
A09	7.19	14.78	5.85	12.03
A10	15.99	13.46	13.02	10.96
A11	12.10	28.43	9.85	23.15
A12	14.48	15.58	11.79	12.69
A13	10.12	15.27	8.24	12.43
A14	9.46	25.45	7.70	20.72
A15	11.06	28.06	9.01	22.85
A16	7.19	30.24	5.85	24.62
A17	10.65	13.01	8.67	10.59
A18	13.59	14.16	11.06	11.53

ตารางที่ 3-1 ปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประเภทติดตั้งกับพื้นที่ (ต่อ)

พื้นที่	ค่าความเข้มข้น ในฤดูร้อน	ค่าความเข้มข้น ในฤดูฝน	ค่าความเข้มข้น ในฤดูร้อน	ค่าความเข้มข้น ในฤดูฝน
	mg/m ³		ppm	
A19	6.46	24.56	5.26	20.00
A20	6.68	12.78	5.44	10.41
A21	12.35	23.47	10.06	19.11
A22	8.13	25.97	6.62	21.14
A23	13.59	24.92	11.06	20.29
A24	11.33	24.94	9.22	20.31
A25	13.31	11.47	10.84	9.34
A26	14.50	11.03	11.81	8.98
A27	12.77	9.95	10.40	8.10
A28	12.12	21.76	9.87	17.72
A29	13.84	12.24	11.27	9.97
A30	33.57	12.49	27.33	10.17
A31	34.08	66.60	27.75	54.22
A32	30.45	13.06	24.79	10.63
A33	36.67	24.04	29.86	19.57
A34	32.95	12.98	26.83	10.57
A35	33.63	25.02	27.38	20.37
A36	9.56	13.10	7.78	10.67
A37	43.53	13.00	35.44	10.58



ภาพที่ 3-2 จุดเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตั้งกับพื้นที่ (ชั้นล่าง)
 หมายเหตุ: ภายใน () แสดงค่าความเข้มข้นในฤดูร้อน, () แสดงค่าความเข้มข้นในฤดูร้อน
 ในหน่วย ส่วนในล้านส่วน (ppm), เครื่องหมาย * แทนพื้นที่ที่มีค่าความเข้มข้นสูงสุดของแต่ละฤดูกาล



ภาพที่ 3-3 จุดเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตั้งกับพื้นที่ (ชั้นบน)
 หมายเหตุ: ภายใน (_ แสดงค่าความเข้มข้นในฤดูร้อน, _ แสดงค่าความเข้มข้นในฤดูร้อน)
 ในหน่วย ส่วนในล้านส่วน (ppm)

จากตารางที่ 3-1 และภาพที่ (3-2, 3-3) สรุปได้ว่า ปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์ ในอากาศที่ทำการเก็บประเภทติดตั้งกับพื้นที่ปฏิบัติงานภายในอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟ จำนวน 37 พื้นที่ ในช่วงฤดูร้อน มีค่าระหว่าง 6.46- 43.53 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m^3) หรือเท่ากับ 5.26-35.44 ส่วนในล้านส่วน (ppm) โดยพบค่าสูงสุดในห้องควบคุมกระบวนการ Cut to Size (35.44 ppm) และค่าต่ำสุดที่บริเวณประตูด้านข้างฝั่งทิศตะวันออกของอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟ (5.26 ppm) สำหรับปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์ในช่วงฤดูฝน มีค่าอยู่ในช่วง 9.95-70.37 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m^3) หรือเท่ากับ 8.10 - 57.29 ส่วนในล้านส่วน (ppm) โดยพบค่าสูงสุดในพื้นที่ประตูด้านหลังติดอาคารพารา (57.29 ppm) และค่าต่ำสุดที่บริเวณหน้าเครื่อง Prepress ของอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟ (8.10 ppm)

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์ที่ทำการเก็บตัวอย่าง ในช่วงฤดูร้อนและช่วงฤดูฝน พบว่าจากจุดเก็บตัวอย่างอากาศทั้งหมด 37 พื้นที่ ค่าความเข้มข้นในอากาศที่ทำการเก็บในช่วงฤดูฝนสูงกว่าในช่วงฤดูร้อนจำนวน 26 พื้นที่ โดยในช่วงฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นสูงสุดถึง 70.37 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m^3) หรือเท่ากับ 57.29 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ในขณะที่ค่าความเข้มข้นสูงสุดในช่วงฤดูร้อนมีค่า 43.53 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m^3) หรือเท่ากับ 35.44 ส่วนในล้านส่วน (ppm)

เมื่อนำค่าปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์ที่ตรวจวัดได้ทั้งในฤดูร้อนและฤดูฝน ในหน่วย ส่วนในล้านส่วน (ppm) ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานตามที่กฎหมายกำหนด คือ ค่าปริมาณความเข้มข้นสูงสุดในช่วงเวลาจำกัด STEL (Short Term Exposure Limit) ซึ่งปกติในเวลา 15 นาที และไม่ควรเกิดขึ้นมากกว่า 4 ครั้งใน 1 วัน ซึ่งถูกกำหนดไว้โดย OSHA ว่าต้องไม่เกิน 2 ส่วนในล้านส่วน (ppm) พบว่าความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศของอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟมีค่าเกินมาตรฐานกำหนดในทุกพื้นที่ที่ทำการตรวจวัด

3.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประเภทติดกับตัวบุคคล

คณะผู้วิจัยได้ทำการเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดกับตัวบุคคล โดยติดชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศไว้กับตัวพนักงาน จำนวน 36 คน เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมงตามเวลาในช่วงการทำงาน ต่อวัน ทั้งในช่วงฤดูร้อน (6 เมษายน พ.ศ. 2558) และ ฤดูฝน (7 ธันวาคม พ.ศ. 2558) ซึ่งมีผลการตรวจวัดตัวอย่างอากาศ ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประเภทติดกับตัวบุคคล

พนักงาน	ค่าความเข้มข้น ในฤดูร้อน	ค่าความเข้มข้น ในฤดูฝน	ค่าความเข้มข้น ในฤดูร้อน	ค่าความเข้มข้น ในฤดูฝน
	mg/m ³		ppm	
P01	0.12	0.07	0.10	0.06
P02	0.11	0.20	0.09	0.16
P03	0.14	0.05	0.11	0.04
P04	0.12	0.14	0.10	0.11
P05	0.06	0.07	0.05	0.06
P06	0.22	0.05	0.18	0.04
P07	0.09	0.05	0.07	0.04
P08	0.13	0.22	0.11	0.18
P09	0.23	0.10	0.19	0.08
P10	0.08	0.24	0.07	0.20
P11	0.08	0.19	0.07	0.16
P12	0.26	0.62	0.21	0.51
P13	0.15	0.26	0.12	0.21
P14	0.08	0.10	0.07	0.08
P15	0.23	0.09	0.19	0.07
P16	0.40	0.46	0.33	0.38
P17	0.22	0.65	0.18	0.53
P18	0.12	0.08	0.10	0.07
P19	0.20	0.32	0.16	0.26
P20	0.10	0.17	0.08	0.14
P21	0.33	0.17	0.27	0.14
P22	0.19	0.09	0.16	0.07
P23	0.09	0.15	0.07	0.12

ตารางที่ 3-2 ปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประภพติดกับตัวบุคคล (ต่อ)

พนักงาน	ค่าความเข้มข้น ในฤดูร้อน	ค่าความเข้มข้น ในฤดูฝน	ค่าความเข้มข้น ในฤดูร้อน	ค่าความเข้มข้น ในฤดูฝน
	mg/m ³		ppm	
P24	0.11	0.13	0.09	0.11
P25	0.12	0.23	0.10	0.19
P26	0.11	0.10	0.09	0.08
P27	0.17	0.33	0.14	0.27
P28	0.28	0.45	0.23	0.37
P29	0.10	0.43	0.08	0.35
P30	0.09	0.45	0.07	0.37
P31	0.10	0.49	0.08	0.40
P32	0.11	0.45	0.09	0.37
P33	0.37	0.47	0.30	0.38
P34	0.07	0.46	0.06	0.37
P35	0.33	0.37	0.27	0.30
P36	0.11	0.51	0.09	0.42

จากตารางที่ 3-2 อธิบายได้ว่า ปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประภพติดกับตัวบุคคล ในช่วงฤดูร้อน มีค่าเท่ากับ 0.05-0.33 ส่วนในล้านส่วน (ppm) โดยพบค่าความเข้มข้นสูงสุด (0.33 ส่วนในล้านส่วน (ppm)) ในพนักงานทำความสะอาดบริเวณพื้นที่อาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟ ส่วนความเข้มข้นต่ำสุด คือ 0.05 ส่วนในล้านส่วน (ppm) พบในเจ้าหน้าที่ดูแลการทำงานของเครื่องกะเทาะเปลือก

สำหรับในช่วงฤดูฝน มีค่าความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.04- 0.53 ส่วนในล้านส่วน (ppm) โดยพบค่าความเข้มข้นสูงสุด (0.53 ส่วนในล้านส่วน (ppm)) ในพนักงานควบคุมคุณภาพที่ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ ส่วนความเข้มข้นต่ำสุด คือ 0.04 ส่วนในล้านส่วน (ppm) พบในพนักงานในหน่วยงาน Sanding and cut to size พนักงานควบคุมคุณภาพ พนักงานปฏิบัติงานในพื้นที่เครื่องขัดไม้ และเจ้าหน้าที่ Controll ดังแสดงในภาพที่ 3-4

หมายเหตุ: \triangle คือ ผู้ปฏิบัติงานเฉพาะในพื้นที่กระบวนการผลิต (8 ชั่วโมง)

\oplus คือ ผู้ปฏิบัติงานในห้องควบคุมและปฏิบัติงานในกระบวนการผลิต (4 ชั่วโมง, 4 ชั่วโมง)

ภายใน (_ แสดงค่าความเข้มข้นในฤดูร้อน, _ แสดงค่าความเข้มข้นในฤดูร้อน) ในหน่วย ส่วนในล้านส่วน (ppm)

* คือ ตัวอย่างแบบติดตัวบุคคลที่มีค่าความเข้มข้นสูงสุดของแต่ละฤดูกาล

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประเภทติดกับตัวบุคคล ในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน พบว่าจากจำนวนพนักงานกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 36 คน มีพนักงานถึง 24 คน ที่พบค่าความเข้มข้นในช่วงฤดูฝนสูงกว่า โดยในช่วงฤดูร้อนและในช่วงฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นสูงสุด 0.33 และ 0.53 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ตามลำดับ จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ในช่วงฤดูฝน พนักงานมีโอกาสได้รับสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศเข้าสู่ร่างกาย ในปริมาณความเข้มข้นที่สูงกว่าในช่วงฤดูร้อน

หากนำค่าปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประเภทติดกับตัวบุคคลไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในสถานประกอบการ ที่กำหนดโดยหน่วยงานต่างๆ ก็จะสามารถอธิบายได้ดังนี้

3.2.1 ประกาศของกระทรวงมหาดไทย ประเทศไทย

เมื่อนำค่าที่ตรวจวัดได้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในสถานประกอบการของกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) พ.ศ. 2520 ซึ่งได้กำหนดปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TWA; Time Weighted Average) ไว้เท่ากับ 3.0 ส่วนในล้านส่วน (ppm) พบว่าปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประเภทติดกับตัวบุคคลมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนดในทุกพื้นที่

3.2.2 The Occupational Safety and Health Administration (OSHA)

หากนำค่าที่ตรวจวัดไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้โดย OSHA คือ ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TWA) เท่ากับ 0.75 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ก็จะพบว่าความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประเภทติดกับตัวบุคคลมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนดในทุกพื้นที่

3.2.3 The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)

เมื่อนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดโดย NIOSH ซึ่งได้กำหนดปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TWA) ไว้ที่ 0.016 ส่วนในล้านส่วน (ppm) พบว่าความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศของอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟมีค่าเกินมาตรฐานในทุกพื้นที่

เพื่อเป็นตัวแทนค่าความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์ที่พนักงานได้รับสัมผัสในขณะที่ปฏิบัติงานในอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟ คณะผู้วิจัยจึงได้หาค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศที่พนักงานได้รับตลอดทั้งปี โดยนำค่าความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประเภทติดกับตัวบุคคลในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝนมาคำนวณค่าเฉลี่ย ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประเภทติดกับตัวบุคคล

พนักงาน	ค่าความเข้มข้น ในฤดูร้อน	ค่าความเข้มข้น ในฤดูฝน	ค่าความเข้มข้น เฉลี่ย	ค่าความเข้มข้น เฉลี่ย
	mg/m ³		mg/m ³	ppm
P01	0.12	0.07	0.10	0.08
P02	0.11	0.20	0.16	0.13
P03	0.14	0.05	0.10	0.08
P04	0.12	0.14	0.13	0.11
P05	0.06	0.07	0.07	0.05
P06	0.22	0.05	0.14	0.11
P07	0.09	0.05	0.07	0.06
P08	0.13	0.22	0.18	0.14
P09	0.23	0.10	0.17	0.13
P10	0.08	0.24	0.16	0.13
P11	0.08	0.19	0.14	0.11
P12	0.26	0.62	0.44	0.36
P13	0.15	0.26	0.21	0.17

ตารางที่ 3-3 ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประเภติดกับตัวบุคคล (ต่อ)

พนักงาน	ค่าความเข้มข้น ในฤดูร้อน	ค่าความเข้มข้น ในฤดูฝน	ค่าความเข้มข้น เฉลี่ย	ค่าความเข้มข้น เฉลี่ย
	mg/m ³		mg/m ³	ppm
P14	0.08	0.10	0.09	0.07
P15	0.23	0.09	0.16	0.13
P16	0.40	0.46	0.43	0.35
P17	0.22	0.65	0.44	0.35
P18	0.12	0.08	0.10	0.08
P19	0.20	0.32	0.26	0.21
P20	0.10	0.17	0.14	0.11
P21	0.33	0.17	0.25	0.20
P22	0.19	0.09	0.14	0.11
P23	0.09	0.15	0.12	0.10
P24	0.11	0.13	0.12	0.10
P25	0.12	0.23	0.18	0.14
P26	0.11	0.10	0.11	0.09
P27	0.17	0.33	0.25	0.20
P28	0.28	0.45	0.37	0.30
P29	0.10	0.43	0.27	0.22
P30	0.09	0.45	0.27	0.22
P31	0.10	0.49	0.30	0.24
P32	0.11	0.45	0.28	0.23
P33	0.37	0.47	0.42	0.34
P34	0.07	0.46	0.27	0.22
P35	0.33	0.37	0.35	0.28
P36	0.11	0.51	0.31	0.25

จากข้อมูลในตารางที่ 3-3 เมื่อนำค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ที่พนักงานได้รับสัมผัสในขณะปฏิบัติงานตลอดทั้งปี ไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศของกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) พ.ศ. 2520 รวมทั้งมาตรฐานความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในสถานประกอบการเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TWA; Time Weighted Average) ของ NIOSH และ OSHA พบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยที่ตรวจวัดได้ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 36 คน คือ 0.08- 0.25 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ส่วนในล้านส่วน (ppm) มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงมหาดไทยและ OSHA แต่เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานของ NIOSH กลับพบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยมีค่าเกินมาตรฐานทั้ง 36 คน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพนักงานมีการรับสัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศจากกระบวนการผลิตไม้เอ็มดีเอฟที่ค่าความเข้มข้นสูงจนอาจเป็นอันตรายต่อพนักงานผู้ปฏิบัติงานในทุกพื้นที่ได้

3.3 ข้อมูลการรับสัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์และการวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมสุขภาพของกลุ่มตัวอย่าง

3.3.1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างสำหรับการเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดกับตัวบุคคล มีจำนวนทั้งสิ้น 36 คน มีอายุตั้งแต่ 23-52 ปี เป็นเพศชาย จำนวน 26 คน (ร้อยละ 72) และเพศหญิง จำนวน 10 คน (ร้อยละ 28) กลุ่มตัวอย่างมีสัญชาติไทยทั้งหมด นับถือศาสนาพุทธ 33 คน (ร้อยละ 92) และศาสนาอิสลาม 3 คน (ร้อยละ 8) ระดับการศึกษาของพนักงานที่พบมากที่สุด คือ ระดับปริญญาตรีจำนวน 14 คน (ร้อยละ 39) ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) จำนวน 8 คน (ร้อยละ 22) ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย/ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) จำนวน 6 คน (ร้อยละ 17) ระดับการศึกษาประถมศึกษา จำนวน 5 (ร้อยละ 14) มัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 2 คน (ร้อยละ 5) และระดับปริญญาโท จำนวน 1 คน (ร้อยละ 3) ดังข้อมูลในตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างสำหรับการเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดกับตัวบุคคล

ข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	26	72
หญิง	10	28

ตารางที่ 3-4 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างสำหรับการเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดกับตัวบุคคล (ต่อ)

ข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง	จำนวน (คน)	ร้อยละ
<u>ศาสนา</u>		
พุทธ	33	92
อิสลาม	3	8
<u>ระดับการศึกษา</u>		
ประถมศึกษา	5	14
มัธยมศึกษาตอนต้น	2	5
มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	6	17
ปวส.	8	22
ระดับปริญญาตรี	14	39
ระดับปริญญาโท	1	3

3.3.2 ข้อมูลประวัติการทำงาน

พนักงานกลุ่มตัวอย่างทั้ง 36 คน มีอายุงานเฉลี่ยในโรงงานแห่งนี้ 8.49 ปี โดยมีอายุงานต่ำสุด 0.67 ปี และสูงสุด 24.75 ปี สำหรับในส่วนของการทำงานในอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟ พบว่ามีอายุงานเฉลี่ย 2.44 ปี อายุงานต่ำสุด 0.59 ปี และสูงสุด 3.5 ปี

กลุ่มตัวอย่างซึ่งทำหน้าที่เป็นผู้ควบคุมดูแลประจำในสำนักงาน MDF 1-2 (หัวหน้างาน) จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 36.11 ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการจำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 19.44 ผู้ปฏิบัติงานในห้องควบคุมระบบการผลิต จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 13.89 ผู้ปฏิบัติงานดูแลรักษาความสะอาดอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟ จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 11.11 ผู้ปฏิบัติงานในหน่วยงาน Cut to Size จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 8.33 ผู้ปฏิบัติงานขับรถยกสินค้า จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 5.56 และผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่รับไม้ท่ายเครื่อง จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 5.56

3.3.3 ข้อมูลพฤติกรรมของกลุ่มตัวอย่าง

3.3.3.1 พฤติกรรมการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment; PPE) พนักงานกลุ่มตัวอย่างมีพฤติกรรมสวมใส่ PPE เป็นประจำทุกวัน จำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 69 สวมใส่บางครั้งจำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 31 กลุ่มตัวอย่างมีพฤติกรรมการสวมใส่ PPE 2-8 ชั่วโมงต่อวัน โดยการสวมใส่ PPE สามลำดับแรกคือ รองเท้าเซฟตี้จำนวน 36 คน

คิดเป็นร้อยละ 100 หมวกเซฟตี้ จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 83 และผ้าปิดจมูก จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 81 จากสถิติการสำรวจจะเห็นได้ว่าพนักงานส่วนใหญ่สวมใส่ PPE ที่บริษัทจัดหาให้ และใช้กฎระเบียบบังคับให้สวมใส่ ดังนั้นหากต้องการให้พนักงานสวมใส่ขยายไปยัง PPE ชนิดอื่นๆ ที่มีความจำเป็น บริษัทสามารถใช้มาตรการหรือกลยุทธ์ในรูปแบบเดียวกันนี้ได้ ข้อมูลพฤติกรรมกรรมการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง ได้สรุปไว้ในตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 ข้อมูลพฤติกรรมกรรมการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง

พฤติกรรมกรรมการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE)	จำนวน (คน)	ร้อยละ
<u>การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล</u>		
สวมใส่ทุกวัน	25	69
สวมใส่บางครั้ง	11	31
<u>ระยะเวลาในการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล</u>		
2 ชั่วโมงต่อวัน	1	3
4 ชั่วโมงต่อวัน	5	14
5 ชั่วโมงต่อวัน	5	14
6 ชั่วโมงต่อวัน	7	19
7 ชั่วโมงต่อวัน	5	14
8 ชั่วโมงต่อวัน	13	36
<u>อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่กลุ่มตัวอย่างใช้ขณะปฏิบัติงาน</u>		
ป้องกันระบบทางเดินหายใจด้วยการสวมใส่ผ้าปิดจมูก	29	81
ป้องกันระบบทางเดินหายใจด้วยการสวมใส่หน้ากากกรอง	13	36
ป้องกันของหนักและการกระแทกด้วยการสวมใส่หมวกเซฟตี้	30	83
ป้องกันผิวหนังและมือด้วยการสวมถุงมือ	8	22
ป้องกันการชนและอุบัติเหตุด้วยการสวมเสื้อสะท้อนแสง	5	14
ป้องกันฝุ่นละอองเข้าตาด้วยการสวมแว่นตา	10	28

ตารางที่ 3-5 ข้อมูลพฤติกรรมกรรมการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

พฤติกรรมกรรมการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE)	จำนวน (คน)	ร้อยละ
<u>อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่กลุ่มตัวอย่างใช้ขณะปฏิบัติงาน</u>		
ป้องกันผลกระทบด้านเสียงดังด้วยการสวมใส่ที่ครอบหู	10	28
ป้องกันผลกระทบด้านเสียงดังด้วยการสวมใส่ที่อุดหู	2	6
ป้องกันการเกิดอุบัติเหตุกับเท้าด้วยการสวมใส่รองเท้าเซฟตี้	36	100

3.3.3.2 พฤติกรรมการสูบบุหรี่ พนักงานกลุ่มตัวอย่างมีพฤติกรรมเคยสูบบุหรี่ในสถานที่ทำงาน จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 39 โดยมีการสูบบุหรี่สูงสุดวันละ 20 มวน ต่ำสุดวันละ 3 มวน และในปัจจุบันยังคงมีกลุ่มตัวอย่างสูบบุหรี่จำนวน 8 คน (ร้อยละ 22) โดยมีระยะเวลาการสูบบุหรี่ตั้งแต่ 2-22 ปี

3.3.3.3 ประวัติการเจ็บป่วย กลุ่มตัวอย่างเคยมีประวัติเจ็บป่วยด้วยโรคทางเดินหายใจ จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 11 ซึ่งโรคที่พบ ได้แก่ โรคภูมิแพ้จำนวน 3 ราย และไข้หวัดเรื้อรัง 1 ราย กลุ่มตัวอย่างมีประวัติความเจ็บป่วยด้วยโรคผิวหนังจำนวน 5 คน (ร้อยละ 14) โดยโรคที่พบคือ มีอาการคันตามผิวหนังและมีผื่นคัน จำนวน 2 ราย อีสุกอีใสจำนวน 1 ราย ผื่นอักเสบจำนวน 1 รายและระบบภูมิคุ้มกันมีปัญหาจำนวน 1 ราย

3.3.3.4 อาการเจ็บป่วย เมื่อทำการสำรวจอาการเจ็บป่วยของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 36 คน ที่แสดงในหนึ่งสัปดาห์นับจากวันที่ทำการเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดกับตัวบุคคล พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีอาการระคายเคืองตา คิดเป็นร้อยละ 58 มีอาการระคายเคืองจมูก คิดเป็นร้อยละ 47 มีอาการปวดศีรษะ คิดเป็นร้อยละ 39 มีอาการคัดจมูก คิดเป็นร้อยละ 33 มีอาการไอ คิดเป็นร้อยละ 29 มีอาการระคายเคืองผิวหนังคิดเป็นร้อยละ 28 มีอาการไอและมีเสมหะ คิดเป็นร้อยละ 22 มีอาการหายใจลำบาก คิดเป็นร้อยละ 22 มีอาการวิงเวียน คิดเป็นร้อยละ 19 มีอาการหายใจมีเสียงดัง คิดเป็นร้อยละ 14 มีผื่นที่ผิวหนัง คิดเป็นร้อยละ 14 มีอาการหายใจได้น้อยลง คิดเป็นร้อยละ 11 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-6 อาการเจ็บป่วยของกลุ่มตัวอย่าง

อาการ	มีผลกระทบ		ไม่มีผลกระทบ	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ระคายเคืองตา	21	58	15	42
ระคายเคืองจมูก	17	47	19	53
ปวดศีรษะ	14	39	22	61
คัดจมูก	12	33	24	67
ไอ	10	28	26	72
ระคายเคืองผิวหนัง	10	28	26	72
ไอและมีเสมหะ	8	22	28	78
หายใจลำบาก	8	22	28	78
วิงเวียน	7	19	29	81
หายใจมีเสียงดัง	5	14	31	86
มีผื่นที่ผิวหนัง	5	14	31	86
หายใจได้น้อยลง	4	11	32	89

3.4 การประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง (Cancer Risk)

3.4.1 ผลการประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง (Cancer Risk)

ผู้วิจัยทำการประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง โดยเลือกใช้สูตรการคำนวณปริมาณฟอร์มลดีไฮด์ที่ได้รับสัมผัสทางการหายใจ ดังสมการที่ 1

สูตรการคำนวณหาปริมาณฟอร์มลดีไฮด์ที่ได้รับจากการหายใจ

$$I = \frac{C \times CR \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad \text{สมการที่ 1}$$

เมื่อ

- I คือ ปริมาณสิ่งคุกคามที่ได้รับ (mg/kg BW/day)
 C คือ ความเข้มข้นเฉลี่ยของสิ่งคุกคามในตัวกลางขณะที่สัมผัส (mg/m³)
 CR คือ ปริมาณการสัมผัสตัวกลางที่ปนเปื้อนต่อหน่วยเวลา (m³/day)
 EF คือ ความถี่ของการรับสัมผัส (day/year)
 ED คือ ระยะเวลาที่สัมผัส (year)
 BW คือ น้ำหนักของร่างกาย (kg)
 AT คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการเฉลี่ย (day)

สำหรับการประเมินความเป็นพิษซึ่งจะแบ่งเป็นความเป็นพิษที่ก่อให้เกิดมะเร็ง และความเป็นพิษที่เป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง การประเมินความเป็นพิษของสารก่อมะเร็งหาได้จากค่า Slope Factor (SF) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2

สูตร Slope Factor ของสารก่อมะเร็ง (US EPA, 1989)

$$\text{SF} = \frac{\text{URF} \times \text{BW} \times \text{CF}}{\text{IR} \times \text{AR}} \quad \text{สมการที่ 2}$$

เมื่อ

- URF คือ Unit Risk Factor (µg/m²)⁻¹; สำหรับสารฟอร์มัลดีไฮด์อยู่ที่ 1.3 × 10⁻⁵ (US EPA, 2003)
 BW คือ น้ำหนักร่างกายผู้ใหญ่; 70 (kg) (US EPA, 1989)
 CF คือ Conversion Factor; 1,000 (µg/mg) (US EPA, 1989)
 IR คือ อัตราการหายใจของมนุษย์; 20 (m³/day) (US EPA, 1989)
 AR คือ Absorption Rate; 1 (US EPA, 1989)

สูตรการคำนวณความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งตลอดชีวิต (US EPA, 1989)

$$\text{Lifetime cancer risk} = \text{Ic} \times \text{SF} \quad \text{สมการที่ 3}$$

เมื่อ

Ic คือ ปริมาณของสารก่อมะเร็งที่ได้รับ (mg/kg.day)

SF คือ Slope Factor ของสารก่อมะเร็ง (kg.day/mg)

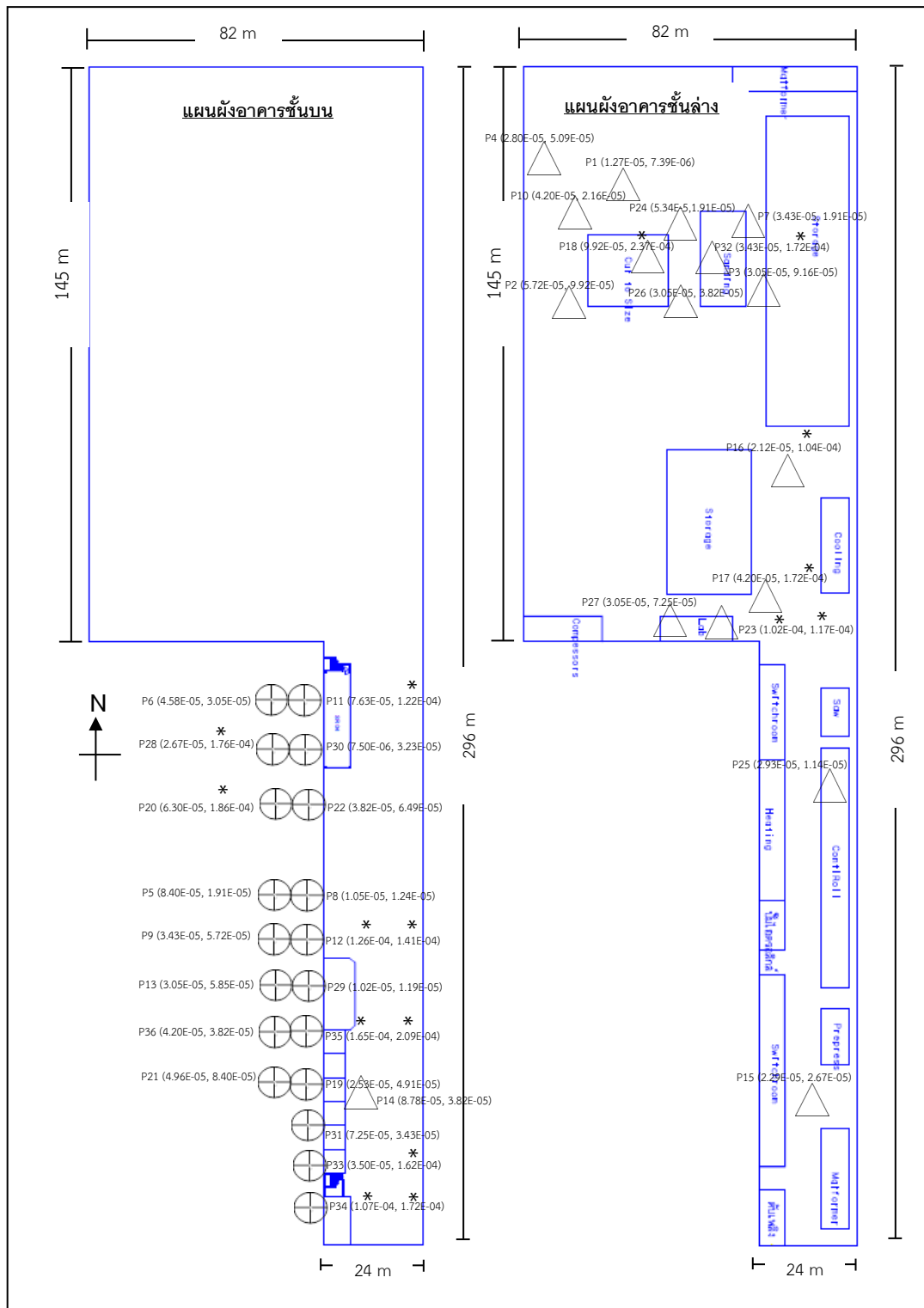
ค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งตลอดชีวิต (Lifetime cancer risk) ต้องมีค่าอยู่ในช่วง (1×10^{-6} - 1×10^{-4}) ซึ่งถือเป็นค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้ หากมีค่ามากกว่า 1×10^{-4} ถือเป็นค่าความเสี่ยงที่ไม่สามารถยอมรับได้ ต้องทำการแก้ไขต่อไป (ATSDR, 2001) ซึ่งมีความสอดคล้องกับการกำหนดช่วงความเสี่ยงที่ยอมรับได้ต่อการเกิดมะเร็งของ NIOSH โดยใน พ.ศ. 2538 NIOSH ได้มีการกำหนดค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งไว้ที่ไม่เกิน 1 คน ใน 1,000 คน (1×10^{-3}) แต่เมื่อวันที่ 17 กรกฎาคม พ.ศ. 2560 ได้มีการกำหนดค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้ขึ้นใหม่ เพื่อให้สอดคล้องกับความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และการจัดการ โดยกำหนดไว้ไม่เกิน 1 คน ใน 10,000 คน (1×10^{-4}) (NIOSH CIB 68, 2017) สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งตลอดชีวิต ผู้วิจัยได้แยกการคำนวณออกเป็นค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งในฤดูฝนและฤดูร้อน เพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะการเกิดโรคมะเร็ง ดังแสดงใน ตารางที่ 3-7

ตารางที่ 3-7 ค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งตลอดชีวิต (Lifetime cancer risk) ในฤดูร้อน (6 เมษายน พ.ศ. 2558) และ ฤดูฝน (7 ธันวาคม พ.ศ. 2558)

ตัวอย่าง	ค่าความเสี่ยงในฤดูร้อน	ค่าความเสี่ยงในฤดูฝน	ค่ามาตรฐาน
P01	1.27E-05	7.39E-06	1.00E-04
P02	5.72E-05	9.92E-05	1.00E-04
P03	3.05E-05	9.16E-05	1.00E-04
P04	2.80E-05	5.09E-05	1.00E-04
P05	8.40E-05	1.91E-05	1.00E-04
P06	4.58E-05	3.05E-05	1.00E-04
P07	3.43E-05	1.91E-05	1.00E-04
P08	1.05E-05	1.24E-05	1.00E-04
P09	3.43E-05	5.72E-05	1.00E-04
P10	4.20E-05	2.16E-05	1.00E-04
P11	7.63E-05	1.22E-04	1.00E-04
P12	1.26E-04	1.41E-04	1.00E-04

ตารางที่ 3-7 ค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งตลอดชีวิต (Lifetime cancer risk)
ในฤดูร้อน (6 เมษายน พ.ศ. 2558) และ ฤดูฝน (7 ธันวาคม พ.ศ. 2558) (ต่อ)

ตัวอย่าง	ค่าความเสี่ยงในฤดูร้อน	ค่าความเสี่ยงในฤดูฝน	ค่ามาตรฐาน
P13	3.05E-05	5.85E-05	1.00E-04
P14	8.78E-05	3.82E-05	1.00E-04
P15	2.29E-05	2.67E-05	1.00E-04
P16	2.12E-05	1.04E-04	1.00E-04
P17	4.20E-05	1.72E-04	1.00E-04
P18	9.92E-05	2.37E-04	1.00E-04
P19	2.53E-05	4.91E-05	1.00E-04
P20	6.30E-05	1.86E-04	1.00E-04
P21	4.96E-05	8.40E-05	1.00E-04
P22	3.82E-05	6.49E-05	1.00E-04
P23	1.02E-04	1.17E-04	1.00E-04
P24	5.34E-05	1.91E-05	1.00E-04
P25	2.93E-05	1.14E-05	1.00E-04
P26	3.05E-05	3.82E-05	1.00E-04
P27	3.05E-05	7.25E-05	1.00E-04
P28	2.67E-05	1.76E-04	1.00E-04
P29	1.02E-05	1.19E-05	1.00E-04
P30	7.50E-06	3.23E-05	1.00E-04
P31	7.25E-05	3.43E-05	1.00E-04
P32	3.43E-05	1.72E-04	1.00E-04
P33	3.50E-05	1.62E-04	1.00E-04
P34	1.07E-04	1.72E-04	1.00E-04
P35	1.65E-04	2.09E-04	1.00E-04
P36	4.20E-05	3.82E-05	1.00E-04



ภาพที่ 3-5 ผังแสดงค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งตลอดชีวิต (Lifetime cancer risk) ของผู้ปฏิบัติงาน

หมายเหตุ: \triangle คือ ผู้ปฏิบัติงานเฉพาะในพื้นที่กระบวนการผลิต (8 ชั่วโมง)

\oplus คือ ผู้ปฏิบัติงานในห้องควบคุมและปฏิบัติงานในกระบวนการผลิต (4 ชั่วโมง, 4 ชั่วโมง)

ภายใน (_ แสดงค่าความเสี่ยงในฤดูร้อน, _ แสดงค่าความเสี่ยงในฤดูอื่น)

* คือ ตัวอย่างแบบติดตัวบุคคลที่มีค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งตลอดชีวิต (Lifetime cancer risk) ของผู้ปฏิบัติงาน เกินเกณฑ์ยอมรับได้

จากข้อมูลในตารางที่ 3-7 และภาพที่ 3-5 สามารถสรุปค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งตลอดชีวิต (Lifetime cancer risk) จากการรับสัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศของพนักงานกลุ่มตัวอย่างที่ปฏิบัติงานในอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟ ได้ดังนี้

3.4.1.1 ค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งตลอดชีวิต (Lifetime cancer risk) ในฤดูร้อน

ค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งในช่วงฤดูร้อน มีค่าตั้งแต่ 7.50×10^{-06} - 1.65×10^{-04} หรืออธิบายได้ว่า กลุ่มตัวอย่างมีโอกาสเกิดโรคมะเร็ง 7.50 คน ใน 1,000,000 ถึง 1.65 คน ใน 10,000 เมื่อนำค่าไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์การยอมรับ ซึ่งมีค่าไม่เกิน 1×10^{-4} หากมีค่ามากกว่า 1×10^{-4} ถือว่าเป็นค่าความเสี่ยงที่ไม่สามารถยอมรับได้ (ATSDR, 2001) พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งในช่วงฤดูร้อนเกินค่าที่ยอมรับได้ จำนวน 4 คน ใน 36 คน คิดเป็นร้อยละ 11 ดังตารางที่ 3-8

ตารางที่ 3-8 กลุ่มตัวอย่างที่มีค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งตลอดชีวิต (Lifetime cancer risk) ในช่วงฤดูร้อน (6 เมษายน พ.ศ. 2558) เกินเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ลำดับ	ชื่อตัวอย่าง	ตำแหน่งงาน	ค่าความเสี่ยง
1	P35	หัวหน้างาน (ดูแลควบคุมเครื่องจักร)	1.65E-04
2	P12	หัวหน้างาน (ดูแลควบคุมเครื่องจักร)	1.26E-04
3	P34	หัวหน้างาน (งานเทคนิคและโครงการ)	1.07E-04
4	P23	เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ	1.02E-04

จากตารางที่ 3-8 พบว่า มีผู้ปฏิบัติงานที่มีค่าความเสี่ยงเกินเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จำนวน 4 คน ซึ่งทางผู้ประกอบการต้องหามาตรการแก้ไขอย่างเร่งด่วน โดยผู้ปฏิบัติงานดังกล่าวมีหน้าที่หลัก ดังนี้

1) P35 ปฏิบัติงานสังกัดด้านการผลิต มีตำแหน่งงานเป็นหัวหน้างาน โดยประจำสำนักงาน MDF 1 มีหน้าที่ควบคุมดูแลตั้งแต่เครื่องอัดรีด (Conitroll) โดยควบคุมผ่านจอมอนิเตอร์ในห้องควบคุมศูนย์กลาง จนกระทั่งถึงกระบวนการ Cut to Size หรือกระบวนการตัดตามขนาดลูกค้าต้องการก่อนป้อนผลิตภัณฑ์เข้าคลังสินค้า ลักษณะการปฏิบัติงานจะไม่ประจำห้อง มีหน้าที่เดินตรวจสอบกระบวนการทำงานในไลน์การผลิต สลับกับการควบคุมผ่านจอมอนิเตอร์

2) P12 ปฏิบัติงานสังกัดด้านการผลิต มีตำแหน่งงานเป็นหัวหน้างาน โดยประจำสำนักงาน MDF 1 มีหน้าที่ควบคุมกระบวนการ Mat Forming จนกระทั่งถึงกระบวนการอัดรีด (Conitroll) โดยหน้าที่หลักจะปฏิบัติงานตรวจสอบกระบวนการทำงานในไลน์การผลิตสลับกับการควบคุมกระบวนการผลิตผ่านจอมอนิเตอร์ในห้องควบคุมศูนย์กลาง

3) P34 ปฏิบัติงานสังกัดด้านเทคนิคและโครงการ มีตำแหน่งเป็นหัวหน้างาน โดยประจำสำนักงาน MDF 2 มีหน้าที่ประเมินตรวจสอบและควบคุมงานต่อเติมปรับปรุงโครงสร้างอาคารสถานที่รวมถึงเครื่องจักร โดยลักษณะการทำงานจะทำการออกแบบโครงสร้างประจำสำนักงาน MDF 2 และมีลงสำรวจข้อมูลในไลน์การผลิตเป็นช่วงๆ

4) P23 ปฏิบัติงานสังกัดหน่วยงานควบคุมคุณภาพ มีหน้าที่เป็นผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ โดยมีลักษณะงาน คือ ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างไม้จากจุดต่างๆ ในกระบวนการผลิตเก็บข้อมูลจากห้องควบคุมศูนย์กลาง และทำการทดสอบค่าคุณภาพต่างๆ ของไม้ในห้องปฏิบัติการ

3.4.1.2 ค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งตลอดชีวิต (Lifetime cancer risk) ในฤดูฝน

ความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งในช่วงฤดูฝน มีค่าตั้งแต่ 7.39×10^{-06} - 2.37×10^{-04} หรืออธิบายได้ว่า กลุ่มตัวอย่างมีโอกาสเกิดโรคมะเร็ง 7.39 คน ใน 1,000,000 ถึง 2.37 คน ใน 10,000 ผู้วิจัยจึงนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์การยอมรับ ซึ่งต้องมีค่าอยู่ในไม่เกิน 1×10^{-4} หากมีค่ามากกว่า 1×10^{-4} ถือว่าเป็นค่าความเสี่ยงที่ไม่สามารถยอมรับได้ (ATSDR, 2001) พบว่า ความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งของกลุ่มตัวอย่างในช่วงฤดูร้อน มีค่าสูงกว่าค่าที่ยอมรับได้ จำนวน 12 คน ใน 36 คน คิดเป็นร้อยละ 33 ดังตารางที่ 3-9

ตารางที่ 3-9 กลุ่มตัวอย่างที่มีค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งตลอดชีวิต (Lifetime cancer risk) ในช่วงฤดูฝน (7 ธันวาคม พ.ศ. 2558) เกินเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ลำดับ	ชื่อตัวอย่าง	ตำแหน่งงาน	ค่าความเสี่ยง
1	P18	พนักงานควบคุมคุณภาพ	2.37E-04
2	P35	หัวหน้างาน (ดูแลควบคุมเครื่องจักร)	2.09E-04
3	P20	พนักงาน (ผสมกาวและควบคุมเครื่องจักร)	1.86E-04

ตารางที่ 3-9 กลุ่มตัวอย่างที่มีค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งตลอดชีวิต (Lifetime cancer risk) ในช่วงฤดูฝน (7 ธันวาคม พ.ศ. 2558) เกินเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อตัวอย่าง	ตำแหน่งงาน	ค่าความเสี่ยง
4	P28	พนักงาน (ควบคุมระบบ Energy plant)	1.76E-04
5	P17	พนักงานควบคุมคุณภาพ	1.72E-04
6	P32	พนักงานควบคุมคุณภาพ	1.72E-04
7	P34	หัวหน้างาน (งานเทคนิคและโครงการ)	1.72E-04
8	P33	หัวหน้างาน (งานเทคนิคและโครงการ)	1.62E-04
9	P12	หัวหน้างาน (ดูแลความคุมเครื่องจักร)	1.41E-04
10	P11	พนักงาน (ควบคุมระบบ Energy plant)	1.22E-04
11	P23	เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ	1.17E-04
12	P16	พนักงานทำความสะอาด	1.04E-04

จากตารางที่ 3-9 มีพนักงานที่มีค่าความเสี่ยงเกินเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จำนวน 12 คน ซึ่งทางผู้ประกอบการต้องหามาตรการแก้ไขอย่างเร่งด่วน โดยผู้พนักงานดังกล่าวมีหน้าที่หลัก ดังนี้

1) P18 ปฏิบัติงานสังกัดหน่วยงานควบคุมคุณภาพ มีตำแหน่งงานเป็นพนักงาน มีหน้าที่ตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในพื้นที่ห้องควบคุมไลน์ Sanding ควบคุมสังเกตความผิดปกติและสิ่งแปลกปลอมบนผิวไม้ และจดบันทึกความผิดปกติที่ตรวจพบ โดยจะปฏิบัติงานหลักในพื้นที่กระบวนการ Sanding

2) P35 ปฏิบัติงานสังกัดด้านการผลิต มีตำแหน่งงานเป็นหัวหน้างาน ประจำสำนักงาน MDF 1 มีหน้าที่ควบคุมดูแลตั้งแต่เครื่องอัดรีด (Conitroll) โดยควบคุมผ่านจอมอนิเตอร์ในห้องควบคุมศูนย์กลาง จนกระทั่งถึงกระบวนการ Cut to Size หรือกระบวนการตัดตามขนาดลูกค้าต้องการก่อนป้อนผลิตภัณฑ์เข้าคลังสินค้า ลักษณะการปฏิบัติงานจะไม่ประจำห้อง มีหน้าที่เดินตรวจสอบกระบวนการทำงานในไลน์การผลิตสลับกับการควบคุมผ่านจอมอนิเตอร์

3) P20 ปฏิบัติงานสังกัดด้านการผลิต มีตำแหน่งงานเป็นพนักงาน มีหน้าที่ผสมกาวเพื่อป้อนเข้ากระบวนการผลิตและควบคุมกระบวนการผลิตกาว ลักษณะการปฏิบัติงานจะทำการผสมและเตรียมสารเคมีในพื้นที่ห้องผสมกาว สลับกับการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรโดยควบคุมผ่านจอมอนิเตอร์ในห้องควบคุมศูนย์กลาง

4) P28 ปฏิบัติงานสังกัดด้านการผลิต มีตำแหน่งงานเป็นพนักงาน มีหน้าที่หลักคือควบคุมการทำงานในกระบวนการผลิตพลังงาน (Energy Plant) โดยควบคุมผ่านจอมอนิเตอร์ในห้องควบคุมศูนย์กลาง

5) P17 ปฏิบัติงานสังกัดหน่วยงานควบคุมคุณภาพ มีหน้าที่เป็นผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ โดยมีลักษณะงาน คือ ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างไม้จากจุดต่างๆ ในกระบวนการผลิต เพื่อนำตัวอย่างมาทำการทดสอบค่าคุณภาพต่างๆ ของไม้ในห้องปฏิบัติการ

6) P32 ปฏิบัติงานสังกัดหน่วยงานควบคุมคุณภาพ มีตำแหน่งงานเป็นพนักงาน มีหน้าที่ตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในพื้นที่ห้องควบคุมไลน์ Cut to Size โดยมีหน้าที่ควบคุมสังเกตความผิดปกติและสิ่งแปลกปลอมบนผิวไม้ จดบันทึกความผิดปกติที่ตรวจพบ โดยปฏิบัติงานหลักในพื้นที่กระบวนการ Cut to Size

7) P34 ปฏิบัติงานสังกัดด้านเทคนิคและโครงการ มีตำแหน่งเป็นหัวหน้างาน โดยประจำสำนักงาน MDF 2 มีหน้าที่ประเมินตรวจสอบและควบคุมงานต่อเติมปรับปรุงโครงสร้างอาคารสถานที่รวมถึงเครื่องจักร โดยลักษณะการทำงานจะทำการออกแบบโครงสร้างประจำสำนักงานท MDF 2 และมีลงสำรวจข้อมูลในไลน์การผลิตเป็นช่วงๆ

8) P33 ปฏิบัติงานสังกัดด้านเทคนิคและโครงการ มีตำแหน่งเป็นหัวหน้างาน โดยประจำสำนักงาน MDF 2 มีหน้าที่ประเมินตรวจสอบ และควบคุมงานต่อเติมปรับปรุงโครงสร้างอาคารสถานที่รวมถึงเครื่องจักร โดยลักษณะการทำงานจะทำการออกแบบโครงสร้างประจำสำนักงานทMDF 2 และมีลงสำรวจข้อมูลในไลน์การผลิตเป็นช่วงๆ

9) P12 ปฏิบัติงานสังกัดด้านการผลิต มีตำแหน่งงานเป็นหัวหน้างาน โดยประจำสำนักงาน MDF 1 มีหน้าที่ควบคุมกระบวนการ Mat Forming จนกระทั่งถึงกระบวนการอัดร้อน (Conitirroll) โดยหน้าที่หลักจะปฏิบัติงานตรวจสอบกระบวนการทำงานในไลน์การผลิต สลับกับการควบคุมกระบวนการผลิตผ่านจอมอนิเตอร์ในห้องควบคุมศูนย์กลาง

10) P11 ปฏิบัติงานสังกัดด้านการผลิต มีตำแหน่งงานเป็นพนักงาน มีหน้าที่หลักคือ ควบคุมการทำงานในกระบวนการผลิตพลังงาน (Energy Plant) โดยควบคุมผ่านจอมอนิเตอร์ในห้องควบคุมศูนย์กลาง

11) P23 ปฏิบัติงานสังกัดหน่วยงานควบคุมคุณภาพ มีหน้าที่เป็นผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ โดยมีลักษณะงาน คือ ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างไม้จากจุดต่างๆ ในกระบวนการผลิต เก็บข้อมูลจากห้องควบคุมศูนย์กลาง และทำการทดสอบค่าคุณภาพต่างๆ ของไม้ในห้องปฏิบัติการ

12) P16 ปฏิบัติงานสังกัดพนักงานทำความสะอาด มีตำแหน่งเป็นแม่บ้าน โดยทำหน้าที่กวาดขยะและเช็ดทำความสะอาดในพื้นที่ทางเดินรอบเครื่องจักรในกระบวนการผลิต ปฏิบัติงานหลักในโซนเครื่อง Mat Forming จนถึงเครื่อง Cut to Size

3.4.2 การเปรียบเทียบความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง (Cancer Risk) กับงานวิจัยอื่นๆ

ผู้วิจัยได้นำค่าความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง (Cancer Risk) ที่คำนวณได้จากการศึกษาครั้งนี้ ไปเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่น ดังตามตารางที่ 3-10 โดยค่าความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง (Cancer Risk) ตามค่าการยอมรับของ Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) คือ 1×10^{-4} (ATSDR, 2001)

ตารางที่ 3-10 การเปรียบเทียบค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งตลอดชีวิต (Lifetime cancer risk) กับงานวิจัยอื่นๆ

ตัวอย่าง	สถานที่ศึกษา	ประเทศ	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่ามาตรฐาน
การศึกษาครั้งนี้ (2017)	อุตสาหกรรม ผลิตไม้ MDF	ไทย	7.39×10^{-6}	2.37×10^{-4}	1×10^{-4}
สุจิตรา แดงเรือง (2011)	อุตสาหกรรมปิดผิว เมลามีน	ไทย	4.20×10^{-6}	1.63×10^{-3}	1×10^{-4}
Tian-Tian et al. (2008)	ภายในอาคาร	จีน	6.96×10^{-6}	2.48×10^{-4}	1×10^{-4}

จากตารางที่ 3-10 เมื่อนำค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งตลอดชีวิต (Lifetime cancer risk) จากการศึกษาครั้งนี้ มาทำการเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ โดยพิจารณาที่ค่าต่ำสุด พบว่างานวิจัยนี้มีค่าความเสี่ยงสูงสุด คือที่ 7.39×10^{-6} รองลงมาเป็นงานวิจัยในประเทศจีนและงานวิจัยในโรงงานอุตสาหกรรมปิดผิวเมลามีนในประเทศไทย โดยมีค่าความเสี่ยงเท่ากับ 6.96×10^{-6} และ 4.20×10^{-6} ตามลำดับ และเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งตลอดชีวิต (Lifetime cancer risk) ที่ค่าความเสี่ยงสูงสุดของการศึกษาครั้งนี้กับงานวิจัยอื่น พบว่างานวิจัยนี้มีค่าความเสี่ยง เท่ากับ 2.37×10^{-4} ซึ่งมีค่าต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยในประเทศจีน ที่มีค่าความเสี่ยงสูงสุด คือที่ 2.48×10^{-4} และต่ำกว่างานวิจัยในโรงงานอุตสาหกรรมปิดผิวเมลามีนในประเทศไทย ซึ่งมีความเสี่ยงสูงสุด เท่ากับ 1.63×10^{-3}

3.5 การประเมินความเสี่ยงอื่นนอกจากมะเร็ง (Non-Cancer Risk)

สารฟอร์มาลดีไฮด์ เป็นสารเคมีที่ก่อให้เกิดมะเร็ง และนอกจากนี้ยังก่อให้เกิดโรคหรืออันตรายอื่นๆ นอกจากมะเร็งได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ประเมินค่าความเสี่ยงอื่นนอกจากมะเร็ง โดยการคำนวณค่าความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) จากสมการ

$$HQ = I_N/R_fD$$

เมื่อ HQ คือ ค่าความเสี่ยง (Hazard Quotient)

I_N คือ ความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง/วันของฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศ (mg/m^3)

R_fD คือ ค่ามาตรฐานความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง/วัน (Time Weighted Average) ของฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศ (mg/m^3) มีค่า 0.0098 mg/m^3 (US EPA, 1989)

หากค่า $HQ < 1$ แสดงว่า ปริมาณของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ได้รับนั้น ไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย หรือไม่อยู่ในเกณฑ์ที่เสี่ยงต่อความเป็นพิษของฟอร์มาลดีไฮด์ ค่าความเสี่ยง (HQ) ของการศึกษาครั้งนี้ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3-11

ตารางที่ 3-11 ค่าความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ)

ตัวอย่าง	ค่า HQ ฤดูร้อน	ค่า HQ ฤดูฝน	ค่ามาตรฐาน
P01	12.24	7.14	<1
P02	11.22	20.41	<1
P03	14.29	5.10	<1
P04	12.24	14.29	<1
P05	6.12	7.14	<1
P06	22.45	5.10	<1
P07	9.18	5.10	<1
P08	13.27	22.45	<1

ตารางที่ 3-11 ค่าความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) (ต่อ)

ตัวอย่าง	ค่า HQ ฤดูร้อน	ค่า HQ ฤดูฝน	ค่ามาตรฐาน
P09	23.47	10.20	<1
P10	8.16	24.49	<1
P11	8.16	19.39	<1
P12	26.53	63.27	<1
P13	15.31	26.53	<1
P14	8.16	10.20	<1
P15	23.47	9.18	<1
P16	40.82	46.94	<1
P17	22.45	66.33	<1
P18	12.24	8.16	<1
P19	20.41	32.65	<1
P20	10.20	17.35	<1
P21	33.67	17.35	<1
P22	19.39	9.18	<1
P23	9.18	15.31	<1
P24	11.22	13.27	<1
P25	12.24	23.47	<1
P26	11.22	10.20	<1
P27	17.35	33.67	<1
P28	28.57	45.92	<1
P29	10.20	43.88	<1
P30	9.18	45.92	<1

ตารางที่ 3-11 ค่าความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) (ต่อ)

ตัวอย่าง	ค่า HQ ฤดูร้อน	ค่า HQ ฤดูฝน	ค่ามาตรฐาน
P31	10.20	50.00	<1
P32	11.22	45.92	<1
P33	37.76	47.96	<1
P34	7.14	46.94	<1
P35	33.67	37.76	<1
P36	11.22	52.04	<1

จากตารางที่ 3-11 อธิบายได้ว่า เมื่อนำค่าความเข้มข้นสารฟอร์มัลดีไฮด์ในตัวอย่างอากาศที่เก็บประเภทติดกับตัวบุคคลไปคำนวณค่าความเสี่ยง (HQ) ในการเกิดอันตรายอื่นๆ นอกเหนือจากมะเร็ง (Non-Cancer Risk) พบว่า ค่าความเสี่ยงในช่วงฤดูร้อน (6 เมษายน พ.ศ. 2558) และ ฤดูฝน (7 ธันวาคม พ.ศ. 2558) มีค่าระหว่าง 6.12-40.82 และ 5.10-66.33 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานที่ US EPA ได้แนะนำไว้คือ 1 แสดงว่า ปริมาณของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศที่พนักงานได้รับนั้น มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย หรืออยู่ในเกณฑ์ที่เสี่ยงต่อความเป็นพิษอื่นๆ นอกเหนือจากมะเร็ง

บทที่ 4

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดวัตถุประสงค์ไว้ 2 ประการ คือ

- 1) เพื่อศึกษาปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศภายในอาคารจากอุตสาหกรรมผลิตไม้เอ็มดีเอฟ (MDF; Medium Density Fiberboard)
- 2) เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานจากการรับสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์จากอุตสาหกรรมผลิตไม้เอ็มดีเอฟ (MDF)

สมมติฐานของการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่

- 1) ปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศภายในอาคารจะแตกต่างกันตามพื้นที่ปฏิบัติงานและปัจจัยสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ปฏิบัติงาน
- 2) การปนเปื้อนของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศภายในอาคารของอุตสาหกรรมผลิตไม้เอ็มดีเอฟ ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานผู้ปฏิบัติงาน

การเก็บตัวอย่างอากาศในการศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาตามวิธีการของ NIOSH Method 3500 (NIOSH, 1994) เนื่องจากเป็นวิธีที่เป็นที่ยอมรับและมีมาตรฐานในระดับสากล รวมทั้งเป็นวิธีที่ใช้กันแพร่หลายทั่วไปรวมทั้งนักวิจัยในประเทศไทย ซึ่งจากผลการศึกษาผู้วิจัยสามารถสรุปและอภิปรายผลได้ดังนี้

4.1 ผลการศึกษาปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศภายในอาคารจากอุตสาหกรรมผลิตไม้เอ็มดีเอฟ (MDF; Medium Density Fiberboard)

4.1.1 ปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประเภทติดตั้งกับพื้นที่ปฏิบัติงานภายในอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟ

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บตัวอย่างอากาศที่ทำการเก็บประเภทติดตั้งกับพื้นที่ จำนวน 37 พื้นที่ ผลการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในฤดูร้อน มีค่าระหว่าง 6.46- 43.53 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m^3) หรือเท่ากับ 5.26-35.44 ส่วนในล้านส่วน (ppm) โดยพบค่าสูงสุดในห้องควบคุมกระบวนการ Cut to Size (35.44 ppm) และค่าต่ำสุดที่บริเวณประตูด้านข้างฝั่งทิศตะวันออกของอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟ (5.26 ppm)

สำหรับปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในฤดูฝน มีค่าอยู่ในช่วง 9.95- 70.37 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m^3) หรือเท่ากับ 8.10- 57.29 ส่วนในล้านส่วน (ppm) โดยพบค่าสูงสุดในพื้นที่ประตูด้านหลังติดอาคารพารา (57.29 ppm) และค่าต่ำสุดที่บริเวณหน้าเครื่อง Prepress ของอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟ (8.10 ppm)

เมื่อนำค่าปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัดได้ทั้งในฤดูร้อนและฤดูฝน ในหน่วยส่วนในล้านส่วน (ppm) ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานตามที่กฎหมายกำหนด คือ ค่าปริมาณความเข้มข้นสูงสุดในช่วงเวลาจำกัด STEL (Short Term Exposure Limit) ซึ่งปกติในเวลา 15 นาที และไม่ควรเกิดขึ้นมากกว่า 4 ครั้งใน 1 วัน ซึ่งถูกกำหนดไว้โดย OSHA ว่าต้องไม่เกิน 2 ส่วนในล้านส่วน (ppm) พบว่าความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศของอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟมีค่าเกินมาตรฐานกำหนดในทุกพื้นที่ที่ทำการตรวจวัด โดยค่าความเข้มข้นในช่วงฤดูฝนสูงกว่าค่าความเข้มข้นในช่วงฤดูร้อนจำนวน 26 พื้นที่ จากข้อมูลข้างต้นอธิบายได้ว่า ค่าความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัดได้ในช่วงฤดูฝนมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูร้อน ซึ่งสอดคล้องกับหลักการระบายอากาศ คือ ในช่วงฤดูร้อนอากาศจะระบายได้ดีกว่าทำให้ปริมาณสารฟอร์มัลดีไฮด์ถูกระบายออกและกระจายตัวได้ดีตามหลักการแทนที่ของอากาศ เมื่ออากาศร้อนจะลอยสูงขึ้นเพื่อให้อากาศเย็นเข้าแทนที่ ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของสารเข้าสู่ระบบการดักจับในกระบวนการควบคุมได้ง่าย ส่วนในช่วงฤดูฝนจะมีการระบายและกระจายตัวของอากาศต่ำ สารฟอร์มัลดีไฮด์จึงมีค่าความเข้มข้นในอาคารสูงกว่าในฤดูร้อน

เมื่อนำค่าปริมาณความเข้มข้นต่ำสุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.26 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน OSHA ซึ่งกำหนดไว้ที่ 2 ส่วนในล้านส่วน (ppm) พบว่า ความเข้มข้นต่ำสุดมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานถึงเกือบ 3 เท่า ซึ่งแสดงว่าผู้ปฏิบัติงานที่สัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศที่ระดับความเข้มข้น 5.26 ส่วนในล้านส่วน (ppm) จะเกิดผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ ทำให้เกิดอาการไอ แน่นหน้าอก และมีเสียงหวีดได้ ดังข้อมูลในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ระดับความเป็นพิษของสารฟอร์มัลดีไฮด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ระดับความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ (ppm)	อาการและอาการแสดง
มากกว่า 0.05-1.0 (เฉลี่ยที่ 0.1 ขึ้นไป)	รับรู้และสัมผัสกลิ่นได้
มากกว่า 0.01-2.0 (เฉลี่ยที่ 0.5 ขึ้นไป)	เกิดอาการระคายเคืองตา
มากกว่า 0.1-11 (เฉลี่ยที่ 0.5 ขึ้นไป)	มีอาการระคายเคืองของจมูกและคอ (ระบบทางเดินหายใจส่วนบนได้รับผลกระทบ)

ตารางที่ 4-1 ระดับความเป็นพิษของสารฟอร์มาลดีไฮด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ (ต่อ)

ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ (ppm)	อาการและอาการแสดง
มากกว่า 5-30	มีอาการไอ แน่นหน้าอก และมีเสียงหวีด (ระบบทางเดินหายใจส่วนล่างได้รับผลกระทบ)
มากกว่า 50-100	มีภาวะปอดบวมและปอดอักเสบ
มากกว่า 100	ทำให้เสียชีวิตได้

ที่มา: อดุลย์ บัณฑุกุล, 2542

หากนำค่าความเข้มข้นสูงสุดที่ตรวจวัดได้ คือ 57.29 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ไปเปรียบเทียบกับค่าความเป็นพิษของสารฟอร์มาลดีไฮด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ดังตารางที่ 4-1 พบว่าค่าดังกล่าวจัดอยู่ในช่วงระดับความเข้มข้น 50-100 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ซึ่งผลจากการสัมผัสอาจทำให้เกิดภาวะปอดบวมและปอดอักเสบได้

จากการศึกษาพบว่าปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศภายในอาคารจะแตกต่างกันตามพื้นที่ปฏิบัติงานและปัจจัยสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ปฏิบัติงานตามสมมติฐานในข้อที่ 1 โดยค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในพื้นที่ปฏิบัติงานทั้งสองฤดูกาล ซึ่งเป็นตัวแทนพื้นที่ปฏิบัติงานตลอดทั้งปี มีค่าเท่ากับ 16.61 ส่วนในล้านส่วน (ppm) โดยค่าความเข้มข้นดังกล่าวอยู่ในระดับที่ส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ ทำให้เกิดอาการไอ แน่นหน้าอกได้ ซึ่งผู้ประกอบการต้องดำเนินการแก้ไขและป้องกันโดยเร่งด่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งมาตรการแก้ไขจากแหล่งกำเนิดเป็นอันดับแรก ทั้งนี้เพื่อลดปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์ในพื้นที่ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อสุขภาพของพนักงานและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ใกล้เคียง

4.1.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประเภทติดกับตัวบุคคล

คณะผู้วิจัยได้ทำการเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดกับตัวบุคคล โดยติดชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศไว้กับตัวพนักงาน จำนวน 36 คน เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมงตามเวลาในช่วงการทำงานต่อวัน ทั้งในช่วงฤดูร้อนและช่วงฤดูฝน

4.1.2.1 ปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประเภทติดกับตัวบุคคลในช่วงฤดูร้อน

ทำการเก็บตัวอย่างในเดือนเมษายน ซึ่งเป็นช่วงหน้าร้อนในภาคใต้ ผลการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์อยู่ในช่วง 0.05 - 0.33 ส่วนในล้านส่วน (ppm) โดยมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยในช่วงฤดูร้อนเท่ากับ 0.13 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ซึ่งหากเทียบระดับความเป็นพิษของสารฟอร์มาลดีไฮด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ระดับนี้จะมีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ จะส่งผลให้เกิดการระคายเคืองของจมูกและคอได้

4.1.2.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประเภทติดกับตัวบุคคลในช่วงฤดูฝน

ทำการเก็บตัวอย่างในเดือนธันวาคม ซึ่งเป็นช่วงหน้าฝนและมีฝนตกต่อเนื่องในภาคใต้ ผลการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์อยู่ในช่วง 0.04 - 0.53 ส่วนในล้านส่วน (ppm) โดยมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยในช่วงฤดูร้อนเท่ากับ 0.21 ส่วนในล้านส่วน (ppm) หากเทียบระดับความเป็นพิษของสารฟอร์มาลดีไฮด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ระดับนี้จะมีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ จะส่งผลให้เกิดการระคายเคืองของจมูกและคอได้

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์ทั้งสองฤดูจะพบว่าค่าความเข้มข้นในช่วงฤดูฝนสูงกว่าค่าความเข้มข้นในช่วงฤดูร้อน จำนวน 24 คน ซึ่งมีความสอดคล้องกับค่าความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประเภทติดตั้งกับพื้นที่ ซึ่งค่าความเข้มข้นในช่วงฤดูฝนมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูร้อนถึง 26 พื้นที่ จากข้อมูลนี้แสดงให้เห็นว่า ในช่วงฤดูฝนด้วยสภาพอากาศและตามทฤษฎีการเคลื่อนที่ของอากาศ ซึ่งโดยปกติในฤดูร้อน อากาศร้อนจะลอยยกตัวสูงขึ้น อากาศเย็นจะเข้าแทนที่ให้เกิดการระบายและไหลเวียนของอากาศได้สะดวก แต่ในช่วงฤดูฝนสภาพอากาศกดจากอุณหภูมิต่ำและความดันอากาศภายนอกอาคารทำให้อากาศเคลื่อนที่และถ่ายเทได้น้อย ส่งผลให้ค่าความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศ มีค่าความเข้มข้นสูงกว่าในช่วงฤดูร้อน และเมื่อนำค่าความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์ที่ได้จากสองฤดูกาลมาคำนวณค่าความเข้มข้นเฉลี่ยที่พนักงานกลุ่มตัวอย่างได้รับ พบว่ามีค่าระหว่าง 0.05 - 0.36 ส่วนในล้านส่วน (ppm) และมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 0.17 ส่วนในล้านส่วน (ppm) หากเทียบระดับความเป็นพิษของสารฟอร์มาลดีไฮด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ระดับนี้จะมีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ จะส่งผลให้เกิดการระคายเคืองของจมูกและคอได้

เมื่อนำค่าที่ตรวจวัดได้มาเปรียบเทียบกับมาตรฐานต่างที่กำหนดโดยหน่วยงานต่าง ๆ หากทำการเปรียบเทียบกับมาตรฐานประกาศของกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) พ.ศ. 2520 ซึ่งได้กำหนดไว้ที่ 3.0 ส่วนในล้านส่วน (ppm)

พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประเภติดักจับตัวบุคคลมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทั้ง 36 คน หรืออธิบายได้ว่าค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัดและวิเคราะห์ได้นั้นมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ การที่กระทรวงมหาดไทยได้กำหนดมาตรฐานไว้ที่ไม่เกิน 3.0 ส่วนในล้านส่วน (ppm) นั้นจัดเป็นค่าความเข้มข้นที่สูง และหากเทียบกับระดับความเป็นพิษของสารฟอร์มัลดีไฮด์จัดว่าอยู่ในระดับที่มีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ จะส่งผลให้เกิดการระคายเคืองของจมูกและคอได้ ซึ่งประเทศไทยใช้ค่ามาตรฐานตามประกาศฉบับนี้ในการดูแลควบคุมสถานประกอบการ

เมื่อนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้โดย The Occupational Safety and Health Administration (OSHA) คือ ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TWA) เท่ากับ 0.75 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นที่ต่ำกว่าประกาศของกระทรวงมหาดไทย พบว่าปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประเภติดักจับตัวบุคคล มีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนดในทุกพื้นที่

The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) ได้กำหนดค่ามาตรฐานความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอร์มัลดีไฮด์ตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TWA) ไว้ที่ไม่เกิน 0.016 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ซึ่งเมื่อเทียบระดับความเป็นพิษจะพบว่าค่ามาตรฐานอยู่ในช่วงก่อนรับรู้และสัมผัสได้ ดังนั้นค่าที่ NIOSH กำหนดนั้น อาจเทียบเคียงได้ว่าหากร่างกายเริ่มได้รับสัมผัสและรับรู้กลิ่นได้นั้น แสดงให้เห็นได้ว่าในพื้นที่หรือสถานที่นั้นๆ ไม่มีความปลอดภัยหรืออาจมีผลกระทบและเป็นอันตรายต่อสุขภาพจากการปฏิบัติงานที่ระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมงได้ โดยจากการเปรียบเทียบค่ามาตรฐานของ NIOSH กับค่าที่ตรวจวัดได้ พบว่าปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประเภติดักจับตัวบุคคล มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทั้ง 36 คน

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่า หากใช้เกณฑ์มาตรฐานตามประกาศของกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) พ.ศ. 2520 ซึ่งเป็นกฎหมายที่บังคับใช้ในประเทศไทยนั้น ยังมีข้อด้อยที่ต้องทำการปรับปรุงอย่างเร่งด่วน เนื่องจากยังมีค่ามาตรฐานที่อยู่ในระดับสูง อันเกิดมาจากการเปิดโอกาสให้ผู้ประกอบการสามารถทำงานได้อย่างสะดวกในยุคที่สังคมไทยยังขาดความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีและการดูแลควบคุมมลพิษทางอากาศเนื่องจากสารมลพิษต่างๆ โดยพบว่ากฎหมายที่ไทยใช้ในการบังคับใช้ภายในประเทศในเรื่องนี้ค่อนข้างมีความล่าช้า เนื่องจากประกาศฉบับนี้ถูกใช้มาตั้งแต่ พ.ศ. 2520 ซึ่งล่วงเลยมากกว่า 40 ปี ก็ยังไม่มีปรับปรุงแก้ไขใหม่ให้ทันสมัยและทันต่อสถานการณ์ในปัจจุบัน ดังนั้นเพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน ผู้ประกอบการควรรีดยุทธศาสตร์และมาตรฐานจากหน่วยงานที่เป็นสากล เช่น NIOSH

โดยให้ยึดค่าที่มีเกณฑ์มาตรฐานที่เคร่งครัดที่สุดมาเทียบเคียง เพื่อให้สามารถประกอบกิจการที่สอดคล้องต่อค่านิยมและแนวทางการดูแลปกป้องสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัยของผู้ปฏิบัติงานหรือประชาชนในระดับสากลได้ ดังนั้น จากผลการศึกษาที่พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประเภทติดกับตัวบุคคล จากพนักงานผู้ปฏิบัติงานทั้งหมด 36 คน ในกะเช้า มีค่าสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานของ NIOSH แสดงให้เห็นว่า ทางผู้ประกอบการจำเป็นต้องหามาตรการป้องกันแก้ไขอย่างเร่งด่วน

4.2 พฤติกรรมสุขภาพของกลุ่มตัวอย่าง

จากผลการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในพื้นที่อาคารผลิต ที่มีค่าเกินมาตรฐานกำหนด ซึ่งให้เห็นว่าผู้ปฏิบัติงานมีโอกาสเกิดอาการเจ็บป่วยได้ โดยผลการสำรวจพฤติกรรมอาการเจ็บป่วยของกลุ่มตัวอย่าง พบว่ากลุ่มตัวอย่างเคยมีประวัติเจ็บป่วยด้วยโรคทางเดินหายใจจำนวน 4 คน และมีประวัติความเจ็บป่วยด้วยโรคผิวหนังจำนวน 5 คน ซึ่งโรคที่พบได้แก่ โรคภูมิแพ้ ไข้หวัดเรื้อรัง มีอาการคันตามผิวหนังและมีผื่นคัน ผิวหนังอักเสบ ระบบภูมิคุ้มกันมีปัญหา และอีสุกอีใส

เมื่อทำการสำรวจอาการเจ็บป่วยของกลุ่มตัวอย่าง ที่แสดงในหนึ่งสัปดาห์นับจากวันที่ทำการเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดกับตัวบุคคล พบอาการดังนี้คือ อาการระคายเคืองตา คิดเป็นร้อยละ 58 ระคายเคืองจมูก คิดเป็นร้อยละ 47 ปวดศีรษะ คิดเป็นร้อยละ 39 คัดจมูก คิดเป็นร้อยละ 33 ไอ คิดเป็นร้อยละ 28 ระคายเคืองผิวหนังคิดเป็นร้อยละ 28 ไอและมีเสมหะ คิดเป็นร้อยละ 22 หายใจลำบาก คิดเป็นร้อยละ 22 วิงเวียนคิดเป็นร้อยละ 19 หายใจมีเสียงดัง คิดเป็นร้อยละ 14 มีผื่นที่ผิวหนัง คิดเป็นร้อยละ 14 หายใจได้น้อยลงคิดเป็นร้อยละ 11 ซึ่งอาการเจ็บป่วยที่พบในกลุ่มตัวอย่างนี้อาจมีความเป็นไปได้อย่างยิ่งที่จะเกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานและการสัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์จากการปฏิบัติงาน เนื่องจากค่าความเข้มข้นอยู่ในระดับที่ส่งผลกระทบต่อร่างกายผู้สัมผัสได้ นอกจากนี้ อาการเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นอาจมีปัจจัยส่วนบุคคลและสิ่งแวดล้อมร่วมด้วย แต่อย่างไรก็ตามก็ยังไม่มีความหลักฐานแน่ชัดที่แสดงว่าอาการเจ็บป่วยที่พบในกลุ่มตัวอย่างนี้เกิดจากการสัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์ในการปฏิบัติงาน จึงต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนนี้ต่อไปในอนาคต และเพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน ผู้ปฏิบัติงานและสถานประกอบการต้องมีการกำหนดมาตรการในเชิงรุกเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน

จากการสำรวจพฤติกรรมสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment; PPE) ของพนักงานกลุ่มตัวอย่าง พบว่า พนักงานมีพฤติกรรมสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล โดยพบการสวมใส่ PPE สามลำดับแรกคือ รองเท้าเซฟตี้ ซึ่งพนักงานทุกคนสวมใส่ คิดเป็นร้อยละ 100 รองลงมาเป็นหมวกเซฟตี้ และผ้าปิดจมูก

จากข้อมูลในส่วนนี้ จะเห็นได้ว่าพนักงานสวมใส่ PPE ในประเภทที่บริษัทจัดหาให้และใช้ ฎุกระเปียบบังคับให้สวมใส่ ดังนั้นหากต้องการให้พนักงานสวมใส่ PPE ชนิดอื่นๆ ที่มีความจำเป็นเพิ่มเติม บริษัทสามารถใช้มาตรการหรือกลยุทธ์ในรูปแบบเดียวกันนี้ โดยต้องอาศัยฎุกระเปียบทางด้านความปลอดภัยในการปฏิบัติงานที่เข้มงวดขึ้น บนพื้นฐานของการให้ความรู้และสนับสนุน PPE ให้กับพนักงานผู้ปฏิบัติงาน

4.3 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานจากการรับสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์จากอุตสาหกรรมผลิตไม้เอ็มดีเอฟ

4.3.1 ผลการประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง (Cancer Risk)

การประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งแบ่งออกเป็น 2 ช่วงตามฤดูกาล ดังนี้

ตารางที่ 4-2 ค่าความเสี่ยงการเกิดโรคมะเร็งแบ่งตามฤดูกาล

ลำดับ	ฤดูกาล	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
1	ฤดูร้อน	1.65×10^{-04}	7.50×10^{-06}
2	ฤดูฝน	2.37×10^{-04}	7.39×10^{-06}

ผลการประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง (Cancer Risk) โดยใช้ค่าความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศที่ทำการเก็บประเภทติดกับตัวบุคคล ของพนักงานในกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 36 คน พบว่า ในช่วงฤดูร้อน กลุ่มตัวอย่างมีโอกาสเกิดโรคมะเร็ง 7.50 คน ใน 1,000,000 ถึง 1.65 คน ใน 10,000 ส่วนในช่วงฤดูฝน กลุ่มตัวอย่างมีโอกาสเกิดโรคมะเร็ง 7.39 คน ใน 1,000,000 ถึง 2.37 คน ใน 10,000 ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้ของ Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) คือ $(1 \times 10^{-6} - 1 \times 10^{-4})$ (ATSDR, 2001) พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่มีค่าเกินค่าที่ยอมรับได้ในช่วงฤดูร้อน มีจำนวน 4 คน และในช่วงฤดูฝน จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 11 และ 33 ตามลำดับ ที่มีความเสี่ยงสูงเกินเกณฑ์ยอมรับได้ โดยกลุ่มที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งนั้นพบได้ในทุกหน่วยงาน เนื่องจากลักษณะงานส่วนใหญ่ คือ พนักงานจะปฏิบัติงานในกระบวนการผลิต โดยจะมีลักษณะการปฏิบัติงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ การปฏิบัติงานในห้องควบคุมสลับกับการตรวจสอบหน้างาน ดังนั้นพนักงานทุกคนมีโอกาสสัมผัสกับไอระเหยของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในกระบวนการผลิต ซึ่งโอกาสความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งจากค่าการสัมผัสอาจมีโอกาสที่เท่ากัน แต่เนื่องจากสุขวิทยาส่วนบุคคล และระยะเวลาการปฏิบัติงานของแต่ละคนที่แตกต่างกัน อาจทำให้มีความเสี่ยงแตกต่างกันออกไป

ดังนั้นการแก้ปัญหาที่ต้นเหตุหรือจุดกำเนิดจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้ประกอบการต้องเร่งดำเนินการ อีกทั้งตัวของผู้ปฏิบัติงานต้องป้องกันความเสี่ยงด้วยตนเอง และลดโอกาสเพิ่มความเสี่ยงจากสาเหตุอื่นร่วม อันได้แก่ พฤติกรรมสุขภาพ สุขวิทยาส่วนบุคคลที่ดี การสวมใส่ PPE การรับประทานอาหารที่มีประโยชน์และดื่มน้ำดื่มที่สะอาด การออกกำลังกาย และการงดการบริโภคสารกลุ่มเสี่ยง เช่น การสูบบุหรี่หรือดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ก็จะเป็นการช่วยลดความเสี่ยงได้อีกทางหนึ่ง

4.3.2 ผลการประเมินความเสี่ยงอื่นนอกจากมะเร็ง (Non-Cancer Risk)

ความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกเหนือจากมะเร็ง (Non-Cancer Risk) ในช่วงฤดูร้อน และฤดูฝนของการศึกษาครั้งนี้ มีค่าระหว่าง 6.12-40.82 และ 5.10-66.33 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานที่ US EPA ได้แนะนำไว้คือ 1

จากข้อมูลข้างต้น อธิบายได้ว่าปริมาณของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศที่พนักงานได้รับนั้น มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย หรืออยู่ในเกณฑ์ที่เสี่ยงต่อความเป็นพิษอื่นๆ อันเกิดจากการรับสัมผัสสารของฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งอาจเป็นค่าสำคัญที่ช่วยสนับสนุนกรณีที่พบพนักงานมีการเกิดโรคเรื้อรังอื่นๆ หรือมีอาการป่วยแบบเฉียบพลัน เช่น โรคเกี่ยวกับเดินหายใจ และโรคเกี่ยวกับผิวหนัง เป็นต้น

นอกจากนี้ ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานจากการสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์จากอุตสาหกรรมผลิตไม้เอ็มดีเอฟ (MDF) เป็นการยืนยันสมมุติฐานข้อที่ 2 กล่าวคือ การปนเปื้อนของฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศภายในอาคารของอุตสาหกรรมผลิตไม้เอ็มดีเอฟ ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานผู้ปฏิบัติงาน ดังนั้นผู้ประกอบการต้องเร่งหามาตรการป้องกันแก้ไขความเสี่ยงที่เกิดขึ้น

4.4 มาตรการและแนวทางการแก้ไขป้องกันความเสี่ยง

จากข้อมูลการศึกษาครั้งนี้ทำให้สถานประกอบการทราบถึงความเสี่ยงต่อสุขภาพของพนักงานผู้ปฏิบัติงาน ดังนั้นทางผู้ประกอบการควรกำหนดมาตรการในการแก้ไขปัญหการปนเปื้อนของฟอร์มัลดีไฮด์ในอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟ โดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

4.4.1 มาตรการและแนวทางที่ดำเนินการแล้ว

ผู้ประกอบการโรงงานผลิตไม้เอ็มดีเอฟแห่งนี้ มีความตระหนักและใส่ใจเพื่อพัฒนาในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้พนักงานปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัย โดยในเบื้องต้นทางผู้ประกอบการได้มีการปรับปรุงและสร้างมาตรการแนวทางในการแก้ไขป้องกันความเสี่ยงดังนี้

4.4.1.1 การแก้ไขปรับปรุงที่แหล่งกำเนิด

ด้วยกระบวนการผลิตไม้เอ็มดีเอฟมีส่วนสำคัญที่ส่งผลให้เกิดไอระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์ คือ ส่วนผสมของวัตถุดิบหลัก ซึ่งหมายถึง กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งมีสูตรการผลิตที่มีค่าระดับการปลดปล่อยไอระเหยที่แตกต่างกัน ปัจจุบันทางโรงงานมีนโยบายลดกำลังการผลิตในส่วนของการผลิตแผ่นไม้ E2 ซึ่งมีค่าการปลดปล่อยไอระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์สูงสุดลง และรณรงค์ให้การตลาดทำการขายผลิตภัณฑ์ที่มีค่าการปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์ในระดับต่ำลงมา เช่น ไม้ E1, E0, และ Super E0 เป็นต้น แต่ในปัจจุบันยังไม่สามารถลดการผลิตได้ทั้งหมด

4.4.1.2 การแก้ไขปรับปรุงที่ทางผ่าน

ในอดีตโรงงานมีระบบระบายอากาศ (Ventilation System) ซึ่งเป็นการจัดการสิ่งแวดล้อมในอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟแบบลูกหมุนติดตั้งบนหลังคาจำนวน 90 จุด ภายหลังจากศึกษาและทำการสำรวจเพิ่มเติมทางโรงงานได้มีการขยายการติดตั้งลูกหมุนเพิ่มเติมอีก 42 จุด และติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาดใหญ่เพิ่มอีกจำนวน 8 จุด เพื่อเป็นการลดความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟ

4.4.1.3 การแก้ไขปรับปรุงที่ตัวบุคคล

ปัจจุบันการดูแลใส่ใจความปลอดภัยในการปฏิบัติงานของพนักงานมีความเข้มงวดขึ้น ยกตัวอย่างเช่น ในกระบวนการผลิตจะไม่อนุญาตให้บุคคลที่ไม่เกี่ยวข้องสัญจรผ่านไปมา มีการอบรมให้ความรู้แก่พนักงาน และมีการจัดทำเอกสารด้านความปลอดภัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เอกสาร Job Safety Analysis (JSA) หรือเอกสารการวิเคราะห์ความปลอดภัยในงานปฏิบัติ, เอกสาร Safety Working Standards (SWS) หรือเอกสารการทำงานที่ถูกต้องและปลอดภัย รวมถึงมีการฝึกกิจกรรม KYT หรือกิจกรรมมือชี้ปากย้ำให้กับพนักงาน เพื่อให้พนักงานเกิดค่านิยมในการใส่ใจและดูแลความปลอดภัยต่อสุขภาพจากการทำงานของตนเองและเพื่อนร่วมงาน นอกจากนี้ยังมีการรณรงค์และสร้างมาตรฐานการแต่งกายและการสวมใส่ PPE โดยแสดงเป็นภาพถ่ายหน้าทางเข้าโรงงานเพื่อย้ำเตือนให้พนักงานปฏิบัติตามคำแนะนำและกฎระเบียบที่วางไว้

4.4.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

แม้ปัจจุบันโรงงานจะดำเนินการปรับปรุงแก้ไขไปบางส่วนแล้ว แต่ยังคงพบว่ายังไม่สามารถลดปัญหาหรือแก้ไขปัญหาได้ทั้งหมด และเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้ประกอบการอื่นๆ ที่ประสบกับความเสี่ยงต่อสุขภาพของพนักงานในลักษณะเดียวกันนี้ ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะแนวทางการสร้างมาตรการป้องกันและลดความเสี่ยงไว้ดังนี้

4.4.2.1 การแก้ไขปรับปรุงที่แหล่งกำเนิด

ผู้ประกอบการควรมีการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาสูตรโครงสร้างหรือส่วนผสมของวัตถุดิบที่มีส่วนประกอบของสารฟอร์มัลดีไฮด์ให้มีปริมาณลดลงหรือเปลี่ยนชนิดไปใช้วัตถุดิบที่ไม่มีส่วนผสมของสารฟอร์มัลดีไฮด์หรือสารเคมีที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อม อันเป็นแนวทางการแก้ปัญหาที่ต้นเหตุโดยแท้จริง

4.4.2.2 การแก้ไขปรับปรุงที่ทางผ่าน

การจัดการระบบระบายอากาศที่มีไอระเหยของสารฟอร์มัลดีไฮด์ออกสู่ภายนอกอาคาร ยังถือเป็นการแก้ปัญหาไม่ตรงจุด หากเป็นเพียงการย้ายไอระเหยของสารฟอร์มัลดีไฮด์จากที่หนึ่งไปยังที่หนึ่งเท่านั้น ผู้วิจัยจึงใคร่เสนอให้ทางโรงงานจัดทำและออกแบบระบบรวบรวมและระบายอากาศเฉพาะจุด โดยครอบคลุมแหล่งกำเนิดสำคัญ เช่น จุดผสมกาว พื้นที่เครื่องอัดรีด และพื้นที่หรือเครื่องจักรที่เป็นแหล่งกำเนิดหลักของไอระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ในอาคารผลิต เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันและลดการแพร่กระจายในวงกว้างลงได้ จากนั้นให้ทำการรวบรวมสารฟอร์มัลดีไฮด์เข้าเตาเผาหรือวนกลับมาใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อเป็นการสร้างประโยชน์หรือการทำลายให้หมดไป โดยไม่มีการปล่อยทิ้งสู่สิ่งแวดล้อมใกล้เคียงภายนอก

4.4.2.3 การแก้ไขปรับปรุงที่ตัวบุคคล

จากการสำรวจพฤติกรรมกรรมการสวมใส่ PPE พบว่าพนักงานมีการสวมใส่ PPE ชนิดที่โรงงานจัดเป็นสวัสดิการให้และมีการออกกฎระเบียบบังคับใช้ เช่น รองเท้าเซฟตี้ หมวกเซฟตี้ และผ้าปิดจมูก เป็นต้น

ดังนั้นสิ่งสำคัญที่ผู้บริหารต้องสร้างนโยบายด้านความปลอดภัยขึ้น ซึ่งทางเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยระดับวิชาชีพ (จป.วิชาชีพ) และเจ้าหน้าที่ทรัพยากรบุคคลจะต้องดำเนินการ คือ

- 1) การให้ความรู้แก่พนักงาน เมื่อพนักงานเข้าทำงานจะต้องทำให้พนักงานเข้าใจผลกระทบจากการสัมผัสสัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์ และเห็นถึงประโยชน์ของการสวมใส่ PPE
- 2) โรงงานต้องมีการจัดสวัสดิการและบังคับผู้ปฏิบัติงานสวมใส่ PPE ที่เหมาะสมเพียงพอ และมีประสิทธิภาพอย่างเคร่งครัด

นอกเหนือจากการสร้างมาตรการและแนวทางการป้องกัน การเฝ้าระวัง และการแก้ไขปัญหาแล้ว การตรวจติดตามก็เป็นสิ่งจำเป็นที่ทางโรงงานและผู้ประกอบการจะต้องทำอย่างต่อเนื่อง อาทิเช่น การตรวจวัดปริมาณสารฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศของอาคารผลิตไม่เอเอ็มดีเอฟเป็นระยะ (Environmental Monitoring)

การตรวจสอบสุขภาพและตรวจวัดตัวบ่งชี้ทางชีวภาพในร่างกายพนักงานที่ปฏิบัติงานในอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟเป็นประจำทุกปี (Biological Monitoring) หรือ การประชาสัมพันธ์ และการฝึกอบรมเกี่ยวกับความเสี่ยงต่อสุขภาพที่เกิดจากการปฏิบัติงานให้แก่พนักงานอย่างสม่ำเสมอ เป็นต้น

หากมองในมิติของการศึกษาวิจัย ผู้วิจัยเสนอแนะให้โรงงานดำเนินการศึกษาและวิจัยอย่างต่อเนื่อง โดยมุ่งเน้นไปที่การศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานที่เกิดจากการรับสัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์ เช่น การศึกษาสมรรถภาพปอด การตรวจทางพยาธิวิทยา การก่อให้เกิดมะเร็ง ควบคู่ไปกับการศึกษาวิจัยเพื่อควบคุมรูปแบบการผลิต และการพัฒนาสูตรกาวที่ไม่มีส่วนผสมของสารฟอร์มัลดีไฮด์ เป็นองค์ประกอบ เพื่อเป็นลดปัญหาตั้งแต่ต้นทางนั่นเอง

บรรณานุกรม

- แก้ว ขจรไชยกูล. 2543. การตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ภายในห้องปฏิบัติการในโรงพยาบาล. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กรมควบคุมมลพิษ. 2551. คู่มือการระงับอุบัติเหตุเบื้องต้นจากวัตถุอันตราย. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. ประเทศไทย.
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2553. การจัดการสารเคมีอันตรายสูงฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde). กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร. ประเทศไทย.
- จิรภัทร์ พุทธสุขชา. 2556. ผลกระทบของสารดักจับฟอร์มัลดีไฮด์ต่อพฤติกรรมกรรมการแข่งตัวของกวางยูเรีย ฟอร์มัลดีไฮด์และสมบัติของแผ่นขึ้นไม้อัด. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.
- ไทรรัตน์ เนียมสุวรรณ. 2554. ฟอร์มัลดีไฮด์ ข้อกำหนดและมาตรฐานในอุตสาหกรรมไม้ประกอบ. วารสารการจัดการป่าไม้. กรุงเทพมหานคร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 79-89. กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร. ประเทศไทย.
- คัทลียา เงินจั่น. 2555. การดูดซับฟอร์มัลดีไฮด์ในน้ำเสียจากโรงงานผลิตกระดาษ จังหวัดสมุทรสาครด้วยซังข้าวโพดและถ่านซังข้าวโพด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ถวิล กลิ่นวิมล, พงศธร ศุภอรธกร, เทวินทร์ โชติชนประสิทธิ์, ธนุต์ม์ ก้วยเจริญพานิช์, ชลียาวามะลูน, วิไลลักษณ์ ศรีธัญรัตน์, และศุภพร แสงกระจ่าง. 2553. ปัจจัยเสี่ยงของการประกอบอาชีพกับการเกิดมะเร็งโพรง จมูกในจังหวัดอุบลราชธานี. วารสารพิษวิทยาไทย. 25: 67-80.
- ทัตดาว พาหาทรัพย์อนันต์. 2554. ปริมาณการปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์จากพาร์ติเคิลบอร์ด. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- พงศ์เทพ วิวรรณเดช. 2547. การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ. ภาควิชาเวชศาสตร์ชุมชน คณะแพทยศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. นนทบุรี. 245 หน้า.
- เพ็ญศรี วัฒนละญาน. 2554. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการปนเปื้อนมลพิษในดินและน้ำใต้ดิน. คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- วิวัฒน์ เอกบูรณะวัฒน์ และสุทธิพัฒน์ วงศ์วิทย์วิโชติ. 2556. พิษวิทยาอาชีพ. พิมพ์ครั้งที่ 3. ชลบุรี: สัมมาอาชีพ. 292 หน้า.

- วิสุทธิพงษ์ หลอดคำ. 2556. การควบคุมกระบวนการผลิตแผ่นใยไม้อัดปานกลาง. เอกสารระเบียบปฏิบัติงาน (Quality Procedure). อุตสาหกรรมผลิตไม้เอ็มดีเอฟ ประเทศไทย.
- ศูนย์ศึกษาการค้าระหว่างประเทศ. 2556. โครงการพัฒนาความร่วมมือด้านอุตสาหกรรมกับประเทศเพื่อนบ้าน (ยุทธศาสตร์การพัฒนาร่วมมือด้านอุตสาหกรรมภายใต้กรอบโครงการพัฒนาเขตเศรษฐกิจสามฝ่ายอินโดนีเซีย-มาเลเซีย-ไทย: IMT-GT). คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้า.
- ศูนย์อาชีวอนามัยมาบตาพุด จังหวัดระยอง. 2553. **ฟอร์มัลดีไฮด์** คลังปัญญาไทย. กองอาชีวอนามัย กรมอนามัย. กระทรวงสาธารณสุข. ประเทศไทย.
- สุจิตรา แดงเรือง. 2554. การศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงาน จากการสัมผัสสัมผัสสาร **ฟอร์มัลดีไฮด์** กรณีศึกษาอุตสาหกรรมผลิตวัสดุปิดผิวเคลือบเมลามีน. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- อดุลย์ บัณทุกุล. 2542. **ฟอร์มัลดีไฮด์**. อาชีวเวชศาสตร์ ฉบับพิเศษวิทยา. ไชเบอร์เพลส. กรุงเทพมหานคร. หน้า 145-150.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2001. **Toxicological profile For formaldehyde**. U.S. Department of health and human service public health service.
- Corrinne, M., Frederic, D., Guillaume, B., Pierre, A.C. and Cecilia, S. 2012. **Health risk assessment of formaldehyde in france**. *Environnement Risques & Sante*. 11: 27-39
- International Agency for Research on Cancer (IARC). 2006. Formaldehyde, 2- Butoxy ethanol and 1-tert-Butoxypropan-2-ol. **IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans**. 88: 497.
- Kofi, A.D. 2002. **Public Health Risk Assessment for Human Exposure to Chemicals; Environmental Pollution**. Vol. 6. Kluwer Academic Publishers, London.
- Laura, S.W. 1993. Organic Solvents. **Occupational and environmental reproductive hazards a guide for clinicians**. 267-279.
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 1994. **NIOSH Manual of Analytical Method (NIMAM), Method No. 3500, 4 th ed., the United State**.

- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 2017. **Current Intelligence Bulletin 68** : NIOSH Chemical Carcinogen Policy. Department of Health and human service.Centers for Disease Control and Prevention National Institute for Occupational Safety and Health.
- The International Agency for Research on Cancer (IARC). 2006. **Formaldehyde, 2-Butoxy ethanol and 1-tert-Butoxypropan-2-ol**. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 88: 497.
- Tian-Tian, L., Zao-Rong, L. and Yu-Hua, B. 2008. **Human cancer risk from the inhalation of formaldehyde in different indoor environments in Guiyang city, China. Bulletin of environmental contamination and toxicology**. 81:200-204.
- United Nations Environment Programme (UNEP). 2002. **Formaldehyde**. SIDS Initial Assessment Report For SIAM 14.
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). 1989. **Risk Assessment Guidance for Superfund Volume 1**. Human health evaluation manual part A.
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). 2003. **Framework for cumulative risk assessment** . Office of Research and Development. Washington, D.C.
- Vaughan, T.L., Stewart, P.A. and Teschke, K. 2000. **Occupational exposure to formaldehyde and wood dust and nasopharyngeal carcinoma**. Occupational and environmental medicine. 57: 376-384.
- Winder, C. 2004. **Occupational respiratory disease**. Occupational Toxicology. CRS. PRESS. United States of America.
- Xiaojiang, T., Yang, B., Anh, D., Martyn, T.S., Laiyu, L. and Luoping, Z. 2009. **Formaldehyde in China: Production, consumption, exposure levels, and health effects**. Environment International. 35 : 1210–1224.
- Yamane, T. 1973. **Statistics: An Introductory Analysis**. 3rd ed. New York :Harper & Row Publishers, Inc.

ภาคผนวก ก

แบบสอบถามการเก็บตัวอย่างงานวิจัย

แบบสอบถาม: การเก็บตัวอย่างอากาศภายในอาคาร
แบบสอบถามที่ 1: การเก็บตัวอย่างอากาศภายในอาคารประเภทติดตั้งกับพื้นที่

รหัสตัวอย่าง:

ยี่ห้อของและรุ่นเครื่องเก็บตัวอย่าง:

พื้นที่เก็บตัวอย่าง:

สถานที่เก็บตัวอย่าง:

วันที่เก็บตัวอย่าง:

ลักษณะการผลิต (ชนิดกาว):

ปริมาณการผลิต:/.....ชั่วโมง

1. การระบายอากาศภายในอาคาร:

- (.....) ลมธรรมชาติ (.....) เครื่องปรับอากาศ
- (.....) พัดลม (.....) อื่นๆ ระบุ.....

2. ความถี่ในการทำความสะอาดภายในอาคาร:ครั้ง/สัปดาห์

3. ผังพื้นที่เก็บตัวอย่าง โปรดระบุรายละเอียดเพื่อเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ เช่น ประตู โถง
 ปฏิบัติงาน ระบบระบายอากาศ เป็นต้น



4. ข้อมูลอื่นๆ เพิ่มเติม:

.....

.....

แบบสอบถามที่ 2: สุขศาสตร์ส่วนบุคคล

แบบสอบถามที่ 2: การเก็บตัวอย่างอากาศภายในอาคารประเภทติดกับตัวบุคคล

คำชี้แจง: แบบสอบถามมี 4 ส่วน กรุณาทำเครื่องหมายถูก (/) หน้าข้อความที่ตรงประเด็นมากที่สุด

ส่วนที่ 1: ข้อมูลทั่วไป

1. ชื่อ.....นามสกุล.....
ที่อยู่..... หมู่..... ตำบล.....อำเภอ.....จังหวัด.....
2. เพศ
2.1 (.....) ชาย 2.2 (.....) หญิง
3. อายุ (ถึงปัจจุบัน).....ปี.....เดือน (วัน เดือน ปี เกิด.....)
4. ส่วนสูง.....เซนติเมตร
5. น้ำหนัก.....กิโลกรัม
6. สถานภาพ
6.1 (.....) โสด 6.2 (.....) สมรส
6.3 (.....) หม้าย 6.4 (.....) หย่าร้าง
7. สัญชาติ.....
8. ศาสนา
8.1 (.....) พุทธ 8.2 (.....) อิสลาม 8.3 (.....) คริสต์
8.4 (.....) อื่นๆ ระบุ.....
9. ระดับการศึกษาสูงสุดของท่าน
9.1 (.....) ประถมศึกษา 9.2 (.....) มัธยมศึกษาตอนต้น
9.3 (.....) มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. 9.4 (.....) ปวส.
9.5 (.....) ปริญญาตรี 9.6 (.....) อื่นๆ ระบุ.....

10. ที่พักอาศัยในปัจจุบันของท่าน

10.1 (.....) บ้านพักของตนเอง

10.2 (.....) บ้าน/ห้องเช่า

10.3 (.....) อื่นๆ ระบุ.....

11. จำนวนสมาชิกในครอบครัวของท่าน.....คน/ท่านมีสมาชิกในครอบครัวป่วยด้วยโรคทางพันธุกรรมหรือโรคเรื้อรัง เช่น มะเร็ง หอบ ภูมิแพ้ วัณโรคปอด เป็นต้น

11.1 (.....) ไม่มี

11.2 (.....) มี โปรดระบุความสัมพันธ์ทางเครือญาติและโรคที่ป่วย

คนที่ 1 (ความสัมพันธ์).....โรคที่ป่วย.....

คนที่ 2 (ความสัมพันธ์).....โรคที่ป่วย.....

คนที่ 3 (ความสัมพันธ์).....โรคที่ป่วย.....

คนที่ 4 (ความสัมพันธ์).....โรคที่ป่วย.....

12. จำนวนสมาชิกในครอบครัวของท่าน.....คน/ท่านมีสมาชิกในครอบครัวป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจอื่นๆ นอกจากที่ได้ระบุไว้ในข้อ 11

12.1 (.....) ไม่มี

12.2 (.....) มี โปรดระบุความสัมพันธ์ทางเครือญาติและโรคที่ป่วย

คนที่ 1 (ความสัมพันธ์).....โรคที่ป่วย.....

คนที่ 2 (ความสัมพันธ์).....โรคที่ป่วย.....

คนที่ 3 (ความสัมพันธ์).....โรคที่ป่วย.....

คนที่ 4 (ความสัมพันธ์).....โรคที่ป่วย.....

ส่วนที่ 2: ประวัติการทำงาน

13. ท่านทำงานในโรงงานแห่งนี้มาเป็นระยะเวลา.....ปี.....เดือน
14. ท่านเคยปฏิบัติงานในหน่วยงานอื่นก่อนหน่วยงานนี้หรือไม่
- 14.1 (.....) เคย
 หน่วยงาน.....ระยะเวลา.....ปี.....เดือน
 หน่วยงาน.....ระยะเวลา.....ปี.....เดือน
 หน่วยงาน.....ระยะเวลา.....ปี.....เดือน
- 14.2 (.....) ไม่เคย
15. ปัจจุบันท่านทำงานในหน่วยงาน.....
- 15.1 ระยะเวลาที่ท่านปฏิบัติงานในหน่วยงานนี้.....ปี.....เดือน
- 15.2 ระยะเวลาที่ท่านปฏิบัติงาน.....ชั่วโมง/วัน
16. ท่านเคยทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องสัมผัสกับฟอร์มัลดีไฮด์/สารเคมีอื่นๆ ก่อนที่ท่านจะมาปฏิบัติงานที่โรงงานแห่งนี้หรือไม่
- 16.1 (.....) เคย
 ลักษณะงานที่ทำ.....ระยะเวลา.....ปี.....เดือน
 ลักษณะงานที่ทำ.....ระยะเวลา.....ปี.....เดือน
 ลักษณะงานที่ทำ.....ระยะเวลา.....ปี.....เดือน
- 16.2 (.....) ไม่เคย

ส่วนที่ 3: พฤติกรรมสุขภาพอนามัยส่วนบุคคล

17. ท่านทราบหรือไม่ว่าท่านต้องสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment; PPE) ในขณะที่ท่านปฏิบัติงาน

17.1 (.....) ทราบ โปรดระบุอุปกรณ์ที่ท่านต้องสวมใส่

1)..... 2)..... 3).....
4)..... 5)..... 6).....

17.2 (.....) ไม่ทราบ

18. ท่านมีพฤติกรรมการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE) ต้องกับข้อใดมากที่สุด

18.1 (.....) สวมใส่ทุกวัน วันละ.....ชั่วโมง

18.2 (.....) สวมใส่บางครั้ง วันละ.....ชั่วโมง

18.3 (.....) ไม่เคยสวมใส่ โปรดระบุ เพราะ.....

19. ท่านมีสมาชิกในครอบครัวสูบบุหรี่หรือไม่

19.1 (.....) มี จำนวน.....ท่าน

19.2 (.....) ไม่มี

20. ท่านเคยสูบบุหรี่หรือไม่

20.1 (.....) เคย จำนวน.....มวน/วัน

20.2 (.....) ไม่เคย (ข้ามไปทำส่วนที่ 4 ข้อที่ 21)

21. ปัจจุบันท่านสูบบุหรี่หรือไม่

21.1 (.....) สูบ จำนวน.....มวน/วัน

21.2 (.....) หยุดสูบ เมื่อท่านมีอายุ.....ปี

22. ระยะเวลาที่ท่านสูบบุหรี่.....ปี.....เดือน

23. ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่

23.1 (.....) มี โปรดระบุชื่อโรค.....

23.2 (.....) ไม่มี

ส่วนที่ 4: ประวัติความเจ็บป่วยจากด้วยโรคทางเดินหายใจและโรคทางผิวหนัง

24. ท่านเคยมีประวัติการป่วยด้วยโรกระบบทางเดินหายใจหรือไม่

24.1 (.....) เคย โปรดระบุชื่อโรค.....

24.2 (.....) ไม่เคย

25. ท่านเคยมีประวัติการป่วยด้วยโรคทางผิวหนังหรือไม่

25.1 (.....) เคย โปรดระบุชื่อโรค.....

25.2 (.....) ไม่เคย

26. ท่านมีอาการป่วยแบบเฉียบพลันเมื่อเปรียบเทียบกับความถี่ในการเกิดอาการป่วยภายในระยะเวลา 1 สัปดาห์ต่อไปนี้หรือไม่

อาการ	ลักษณะที่พบ		ความถี่ของลักษณะที่พบใน 1 สัปดาห์		
	ใช่	ไม่ใช่	1 ครั้ง/สัปดาห์	มากกว่า 1 ครั้ง แต่ไม่ทุกวัน	ทุกวัน
26.1 ไอ					
26.2 ไอและมีเสมหะ					
26.3 หายใจมีเสียงดัง					
26.4 หายใจลำบาก					
26.5 หายใจได้น้อยลง					
26.6 ระคายเคืองจมูก					
26.7 คัดจมูก					
26.8 ระคายเคืองตา					
26.9 วิงเวียน					
26.10 ปวดศีรษะ					
26.11 ระคายเคืองผิวหนัง					
26.12 มีผื่นที่ผิวหนัง					

หมายเหตุ.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ข

ข้อมูลการตรวจวัดความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์และผลการประเมินความเสี่ยง
สุขภาพจากการสัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์ของพนักงานในอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟ

ข้อมูลการตรวจวัดความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์และผลการประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากการรับสัมผัสสารฟอร์มาลดีไฮด์ของพนักงานในอาคารผลิตไม้เอ็มดีเอฟ

ตารางที่ ข-1 ข้อมูลความเข้มข้นของสารฟอร์มาลดีไฮด์ที่ตรวจวัดแบบติดตัวพนักงาน

NO	ฤดูร้อน (mg/m ³)	ฤดูฝน (mg/m ³)	ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย (mg/m ³)	ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย (ppm)
P01	0.12	0.07	0.10	0.08
P02	0.11	0.20	0.16	0.13
P03	0.14	0.05	0.10	0.08
P04	0.12	0.14	0.13	0.11
P05	0.06	0.07	0.07	0.05
P06	0.22	0.05	0.14	0.11
P07	0.09	0.05	0.07	0.06
P08	0.13	0.22	0.18	0.14
P09	0.23	0.10	0.17	0.13
P10	0.08	0.24	0.16	0.13
P11	0.08	0.19	0.14	0.11
P12	0.26	0.62	0.44	0.36
P13	0.15	0.26	0.21	0.17
P14	0.08	0.10	0.09	0.07
P15	0.23	0.09	0.16	0.13
P16	0.40	0.46	0.43	0.35
P17	0.22	0.65	0.44	0.35
P18	0.12	0.08	0.10	0.08
P19	0.20	0.32	0.26	0.21
P20	0.10	0.17	0.14	0.11
P21	0.33	0.17	0.25	0.20

ตารางที่ ข-1 ข้อมูลความเข้มข้นของสารฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตรวจวัดแบบติดตัวพนักงาน (ต่อ)

NO	ฤดูร้อน (mg/m ³)	ฤดูฝน (mg/m ³)	ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย (mg/m ³)	ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย (ppm)
P22	0.19	0.09	0.14	0.11
P23	0.09	0.15	0.12	0.10
P24	0.11	0.13	0.12	0.10
P25	0.12	0.23	0.18	0.14
P26	0.11	0.10	0.11	0.09
P27	0.17	0.33	0.25	0.20
P28	0.28	0.45	0.37	0.30
P29	0.10	0.43	0.27	0.22
P30	0.09	0.45	0.27	0.22
P31	0.10	0.49	0.30	0.24
P32	0.11	0.45	0.28	0.23
P33	0.37	0.47	0.42	0.34
P34	0.07	0.46	0.27	0.22
P35	0.33	0.37	0.35	0.28
P36	0.11	0.51	0.31	0.25

ตารางที่ ข-2 ข้อมูลปริมาณของสารก่อมะเร็งที่ได้รับ (mg/(kg.day))

NO	C (mg/m ³)	CR (m ³ /day)	EF (day/year)	ED (year)	BW (kg)	AT (day)	I (mg/ Kg BW/day)
P01	0.10	20	250	0.83	52	25550	0.0003
P02	0.16	20	250	2	69	25550	0.0009
P03	0.10	20	250	3	60	25550	0.0009
P04	0.13	20	250	0.67	54	25550	0.0003
P05	0.07	20	250	3	73	25550	0.0005
P06	0.14	20	250	3	63	25550	0.0013
P07	0.07	20	250	3	69	25550	0.0006
P08	0.18	20	250	3	107	25550	0.0010
P09	0.17	20	250	3	81	25550	0.0012
P10	0.16	20	250	3	83	25550	0.0011
P11	0.14	20	250	3	60	25550	0.0013
P12	0.44	20	250	3	54	25550	0.0048
P13	0.21	20	250	3	81	25550	0.0015
P14	0.09	20	250	3	62	25550	0.0009
P15	0.16	20	250	1	42	25550	0.0007
P16	0.43	20	250	2	48	25550	0.0035
P17	0.44	20	250	2.25	63	25550	0.0030
P18	0.10	20	250	3	54	25550	0.0011
P19	0.26	20	250	3	68	25550	0.0022
P20	0.14	20	250	3	67	25550	0.0012

ตารางที่ ข-2 ข้อมูลปริมาณของสารก่อมะเร็งที่ได้รับ (mg/(kg.day)) (ต่อ)

NO	C (mg/m ³)	CR (m ³ /day)	EF (day/year)	ED (year)	BW (kg)	AT (day)	I (mg/ Kg BW/day)
P21	0.25	20	250	1	55	25550	0.0009
P22	0.14	20	250	3	82	25550	0.0010
P23	0.12	20	250	3	78	25550	0.0009
P24	0.12	20	250	0.75	58	25550	0.0003
P25	0.18	20	250	2	100	25550	0.0007
P26	0.11	20	250	3	62	25550	0.0010
P27	0.25	20	250	1.17	48	25550	0.0012
P28	0.37	20	250	3	61	25550	0.0035
P29	0.27	20	250	0.59	55	25550	0.0006
P30	0.27	20	250	3	75	25550	0.0021
P31	0.30	20	250	1.67	71	25550	0.0014
P32	0.28	20	250	3	66	25550	0.0025
P33	0.42	20	250	3.5	72	25550	0.0040
P34	0.27	20	250	3	65	25550	0.0024
P35	0.35	20	250	3	42	25550	0.0049
P36	0.31	20	250	2.5	81	25550	0.0019

ตารางที่ ข-3 ข้อมูล Slope Factor ของสารก่อมะเร็ง ((kg.day)/mg)

NO	Unit Risk Factor (URF)	BW	CF	IR	AR	SF
P01	0.000013	52	1000	20	1	0.034
P02	0.000013	69	1000	20	1	0.045
P03	0.000013	60	1000	20	1	0.039
P04	0.000013	54	1000	20	1	0.035
P05	0.000013	73	1000	20	1	0.047
P06	0.000013	63	1000	20	1	0.041
P07	0.000013	69	1000	20	1	0.045
P08	0.000013	107	1000	20	1	0.070
P09	0.000013	81	1000	20	1	0.053
P10	0.000013	83	1000	20	1	0.054
P11	0.000013	60	1000	20	1	0.039
P12	0.000013	54	1000	20	1	0.035
P13	0.000013	81	1000	20	1	0.053
P14	0.000013	62	1000	20	1	0.040
P15	0.000013	42	1000	20	1	0.027
P16	0.000013	48	1000	20	1	0.031
P17	0.000013	63	1000	20	1	0.041
P18	0.000013	54	1000	20	1	0.035
P19	0.000013	68	1000	20	1	0.044
P20	0.000013	67	1000	20	1	0.044
P21	0.000013	55	1000	20	1	0.036
P22	0.000013	82	1000	20	1	0.053

ตารางที่ ข-3 ข้อมูล Slope Factor ของสารก่อมะเร็ง ((kg.day)/mg) (ต่อ)

NO	Unit Risk Factor (URF)	BW	CF	IR	AR	SF
P23	0.000013	78	1000	20	1	0.051
P24	0.000013	58	1000	20	1	0.038
P25	0.000013	100	1000	20	1	0.065
P26	0.000013	62	1000	20	1	0.040
P27	0.000013	48	1000	20	1	0.031
P28	0.000013	61	1000	20	1	0.040
P29	0.000013	55	1000	20	1	0.036
P30	0.000013	75	1000	20	1	0.049
P31	0.000013	71	1000	20	1	0.046
P32	0.000013	66	1000	20	1	0.043
P33	0.000013	72	1000	20	1	0.047
P34	0.000013	65	1000	20	1	0.042
P35	0.000013	42	1000	20	1	0.027
P36	0.000013	81	1000	20	1	0.053

ตารางที่ ข-4 ข้อมูลค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งตลอดชีวิต (Lifetime cancer risk) ช่วงฤดูร้อน

NO	IC	SF	Lifetime cancer risk
P01	0.0004	0.0338	1.27E-05
P02	0.0006	0.0449	2.80E-05
P03	0.0014	0.0390	5.34E-05
P04	0.0003	0.0351	1.02E-05
P05	0.0005	0.0475	2.29E-05
P06	0.0021	0.0410	8.40E-05
P07	0.0008	0.0449	3.43E-05
P08	0.0007	0.0696	4.96E-05
P09	0.0017	0.0527	8.78E-05
P10	0.0006	0.0540	3.05E-05
P11	0.0008	0.0390	3.05E-05
P12	0.0028	0.0351	9.92E-05
P13	0.0011	0.0527	5.72E-05
P14	0.0008	0.0403	3.05E-05
P15	0.0011	0.0273	2.93E-05
P16	0.0033	0.0312	1.02E-04
P17	0.0015	0.0410	6.30E-05
P18	0.0013	0.0351	4.58E-05
P19	0.0017	0.0442	7.63E-05
P20	0.0009	0.0436	3.82E-05
P21	0.0012	0.0358	4.20E-05
P22	0.0014	0.0533	7.25E-05
P23	0.0007	0.0507	3.43E-05
P24	0.0003	0.0377	1.05E-05
P25	0.0005	0.0650	3.05E-05

ตารางที่ ข-4 ข้อมูลค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งตลอดชีวิต (Lifetime cancer risk) ช่วงฤดูร้อน (ต่อ)

NO	IC	SF	Lifetime cancer risk
P26	0.0010	0.0403	4.20E-05
P27	0.0008	0.0312	2.53E-05
P28	0.0027	0.0397	1.07E-04
P29	0.0002	0.0358	7.50E-06
P30	0.0007	0.0488	3.43E-05
P31	0.0005	0.0462	2.12E-05
P32	0.0010	0.0429	4.20E-05
P33	0.0035	0.0468	1.65E-04
P34	0.0006	0.0423	2.67E-05
P35	0.0046	0.0273	1.26E-04
P36	0.0007	0.0527	3.50E-05

ตารางที่ ข-5 ข้อมูลค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งตลอดชีวิต (Lifetime cancer risk) ช่วงฤดูฝน

NO	IC	SF	Lifetime cancer risk
P01	0.0002	0.0338	7.39E-06
P02	0.0011	0.0449	5.09E-05
P03	0.0005	0.0390	1.91E-05
P04	0.0003	0.0351	1.19E-05
P05	0.0006	0.0475	2.67E-05
P06	0.0005	0.0410	1.91E-05
P07	0.0004	0.0449	1.91E-05
P08	0.0012	0.0696	8.40E-05
P09	0.0007	0.0527	3.82E-05
P10	0.0017	0.0540	9.16E-05

ตารางที่ ข-5 ข้อมูลค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งตลอดชีวิต (Lifetime cancer risk) ช่วงฤดูฝน (ต่อ)

NO	IC	SF	Lifetime cancer risk
P10	0.0017	0.0540	9.16E-05
P11	0.0019	0.0390	7.25E-05
P12	0.0067	0.0351	2.37E-04
P13	0.0019	0.0527	9.92E-05
P14	0.0009	0.0403	3.82E-05
P15	0.0004	0.0273	1.14E-05
P16	0.0038	0.0312	1.17E-04
P17	0.0045	0.0410	1.86E-04
P18	0.0009	0.0351	3.05E-05
P19	0.0028	0.0442	1.22E-04
P20	0.0015	0.0436	6.49E-05
P21	0.0006	0.0358	2.16E-05
P22	0.0006	0.0533	3.43E-05
P23	0.0011	0.0507	5.72E-05
P24	0.0003	0.0377	1.24E-05
P25	0.0009	0.0650	5.85E-05
P26	0.0009	0.0403	3.82E-05
P27	0.0016	0.0312	4.91E-05
P28	0.0043	0.0397	1.72E-04
P29	0.0009	0.0358	3.23E-05
P30	0.0035	0.0488	1.72E-04
P31	0.0023	0.0462	1.04E-04
P32	0.0040	0.0429	1.72E-04
P33	0.0045	0.0468	2.09E-04
P34	0.0042	0.0423	1.76E-04
P35	0.0052	0.0273	1.41E-04
P36	0.0031	0.0527	1.62E-04

ตารางที่ ข-6 ค่าความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกเหนือจากมะเร็ง (Non-Cancer Risk) ช่วงฤดูร้อน

NO	I	RfD	HQ
P01	0.0004	0.0098	0.0382
P02	0.0006	0.0098	0.0637
P03	0.0014	0.0098	0.1398
P04	0.0003	0.0098	0.0297
P05	0.0005	0.0098	0.0492
P06	0.0021	0.0098	0.2092
P07	0.0008	0.0098	0.0781
P08	0.0007	0.0098	0.0728
P09	0.0017	0.0098	0.1701
P10	0.0006	0.0098	0.0577
P11	0.0008	0.0098	0.0799
P12	0.0028	0.0098	0.2884
P13	0.0011	0.0098	0.1109
P14	0.0008	0.0098	0.0773
P15	0.0011	0.0098	0.1094
P16	0.0033	0.0098	0.3328
P17	0.0015	0.0098	0.1569
P18	0.0013	0.0098	0.1331
P19	0.0017	0.0098	0.1762
P20	0.0009	0.0098	0.0894
P21	0.0012	0.0098	0.1198
P22	0.0014	0.0098	0.1388
P23	0.0007	0.0098	0.0691
P24	0.0003	0.0098	0.0284
P25	0.0005	0.0098	0.0479

ตารางที่ ข-6 ค่าความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกเหนือจากมะเร็ง (Non-Cancer Risk) ช่วงฤดูร้อน (ต่อ)

NO	I	RfD	HQ
P26	0.0010	0.0098	0.1063
P27	0.0008	0.0098	0.0827
P28	0.0027	0.0098	0.2750
P29	0.0002	0.0098	0.0214
P30	0.0007	0.0098	0.0719
P31	0.0005	0.0098	0.0470
P32	0.0010	0.0098	0.0998
P33	0.0035	0.0098	0.3592
P34	0.0006	0.0098	0.0645
P35	0.0046	0.0098	0.4707
P36	0.0007	0.0098	0.0678

ตารางที่ ข-7 ค่าความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกเหนือจากมะเร็ง (Non-Cancer Risk) ช่วงฤดูฝน

NO	I	RfD	HQ
P01	0.0002	0.0098	0.0223
P02	0.0011	0.0098	0.1158
P03	0.0005	0.0098	0.0499
P04	0.0003	0.0098	0.0347
P05	0.0006	0.0098	0.0574
P06	0.0005	0.0098	0.0475
P07	0.0004	0.0098	0.0434
P08	0.0012	0.0098	0.1232
P09	0.0007	0.0098	0.0740
P10	0.0017	0.0098	0.1732

ตารางที่ ข-7 ค่าความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกเหนือจากมะเร็ง (Non-Cancer Risk) ช่วงฤดูฝน (ต่อ)

NO	I	RfD	HQ
P11	0.0019	0.0098	0.1897
P12	0.0067	0.0098	0.6878
P13	0.0019	0.0098	0.1923
P14	0.0009	0.0098	0.0966
P15	0.0004	0.0098	0.0428
P16	0.0038	0.0098	0.3827
P17	0.0045	0.0098	0.4636
P18	0.0009	0.0098	0.0888
P19	0.0028	0.0098	0.2819
P20	0.0015	0.0098	0.1520
P21	0.0006	0.0098	0.0617
P22	0.0006	0.0098	0.0658
P23	0.0011	0.0098	0.1152
P24	0.0003	0.0098	0.0336
P25	0.0009	0.0098	0.0919
P26	0.0009	0.0098	0.0966
P27	0.0016	0.0098	0.1606
P28	0.0043	0.0098	0.4419
P29	0.0009	0.0098	0.0921
P30	0.0035	0.0098	0.3594
P31	0.0023	0.0098	0.2301
P32	0.0040	0.0098	0.4085
P33	0.0045	0.0098	0.4562
P34	0.0042	0.0098	0.4240
P35	0.0052	0.0098	0.5277
P36	0.0031	0.0098	0.3143

