บทที่ 2

การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ฟอร์มาลดีไฮด์ จัดเป็นวัตถุมีพิษและสารอันตรายที่มีคุณสมบัติของสารเคมีเป็นสารก่อให้เกิดอันตรายจากไฟ และการระเบิด สารที่มีฤทธิ์กัดกร่อน สารพิษซึ่งมีพิษในระดับค่อนข้างรุนแรง สารก่อมะเร็ง และจัดเป็นสารมลพิษที่เป็นอันตรายในอากาศ (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2531) อยู่ในรูปของไอระเหย (Vapours) ซึ่งรวมถึงก๊าซและสารประกอบโดยทั่วไปมีจุดเดือดต่ำกว่า 200°C คำว่าไอระเหยและก๊าซอาจใช้แทนกันได้แต่โดยแท้จริงแล้ว ไอระเหย หมายถึง สารในรูปก๊าซซึ่งโดยปกติแล้วจะอยู่ในรูปของเหลวหรือของแข็งที่อุณหภูมิและความดันปกติส่วนก๊าซจะอยู่ในรูปของก๊าซที่อุณหภูมิและความดันปกติ (วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์, นิตยา มหาผลและธีระ เกรอต, 2538)

1. ประวัติความเป็นมาของฟอร์มาลดีไฮด์และการผลิตในอุตสาหกรรม

ศาสตราจารย์ Alexander Mikhailovich Bulerove ชาวรัสเซีย เป็นผู้ค้นพบฟอร์มาลดีไฮด์ในปี ค.ศ. 1859 และอีก 9 ปีต่อมา ศาสตราจารย์ Hofmann August Wilhelm ชาวเยอรมันได้เตรียมฟอร์มาลดีไฮด์โดยการออกซิไดซ์เมทานอลด้วยอากาศ โดยมี Pt เป็นสารเร่งปฏิกิริยา ซึ่งเป็นจุดเริ่มแรกในการเตรียมฟอร์มาลดีไฮด์ในเชิงอุตสาหกรรม

การผลิตฟอร์มาลดีไฮด์เป็นอุตสาหกรรมได้เริ่มในปี ค.ศ. 1983 มีปริมาณถึง 50,000 ตัน ในรูปของฟอร์มาลีน ในปัจจุบันเชื่อว่ามีการผลิตสารดังกล่าวมากกว่า 1 ล้านตันต่อปี

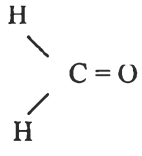
ขบวนการผลิตฟอร์มาลดีไฮด์ในเชิงอุตสาหกรรม จะใช้วิธีการออกซิไดซ์เมทานอลในอากาศที่มีสารเร่งปฏิกิริยาและใช้อุณหภูมิสูง ซึ่งการได้มาของเมทานอลที่จะนำมาสังเคราะห์ฟอร์มาลดีไฮด์สามารถเตรียมได้จากก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไฮโดรเจน ดังสมการ

$$CO + H_2 \xrightarrow[300\text{-}400^{\circ}C,\ 275\text{-}300\ atm]{Zn,\ Cr_2O_3} CH_3OH \xrightarrow{O_2} CH_2O + H_2O \quad \ldots (1)$$

$$CH_3OH + Air \xrightarrow[300\text{-}600^{\circ}C]{Cu\text{ - }Ag} CH_2O + H_2 \quad \text{... (2)}$$

$$CH_3OH + \tfrac{1}{2}\,O_2 \xrightarrow[350\text{-}450^{\circ}C]{Fe,Mo\text{ or }Ni} CH_2O + H_2O \quad \text{... (3)}$$

2.การบ่งลักษณะ

สูตรโมเลกุล	:	CH_2O [HCHO]
สูตรโครงสร้าง	:	
CAS registry number	:	50-00-0
RTECS registry number	:	LP 8925000
UN number	:	1198, 2209, 2213
EC number	:	605-001-01 (solution 5% to < 25%) 605-001-02 (solution 1% to < 5%) 605-001-005 (solution ≥ 25%)
DOT Designation	:	Combustible liquid
IUPAC name	:	Methanal
Common synonyms	:	formaldehyde, methanal, methylene oxide, oxymethylene, methylaldehyde, oxomethane
Common names for solution of formaldehyde	:	Formalin, Formol
Incompatibilities	:	Strong oxidizers, strong alkalies, acids; phenols; urea

ฟอร์มาลดีไฮด์เป็นก๊าซไม่มีสี มีกลิ่นฉุน ที่อุณหภูมิและความดันปกติในทางการค้ามักจะอยู่ในรูปของสารละลายประกอบด้วย ฟอร์มาลดีไฮด์ ร้อยละ 37-50 โดยน้ำหนัก (ดังรายละเอียด ในภาคผนวก ก) ซึ่งมีชื่อการค้าและบริษัทผู้ผลิตฟอร์มาลดีไฮด์ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงชื่อการค้าและบริษัทผู้ผลิตฟอร์มาลดีไฮด์

ชื่อการค้า	บริษัทผู้ผลิต	ประเทศ
MAGNUS - MTD	ECONOMIC LABORATORY INC.	สหรัฐอเมริกา
JARNIA SANERING SVATSKA	JEN VILLADSENS FABRIKER	เดนมาร์ก
OHLSSONS SANERING SVATSKA	A/S	เดนมาร์ก
RADAR SANERING SVATSKA	KEMANORD AB.	สวีเดน
AGUA - KEM KONCENTRAT	LINDE SG.	เยอรมัน
WEIBULLS KRUSBARSFORMALIN	WEI BULL SB, W.,	สวีเดน

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2531.

3. คุณสมบัติทางฟิสิกส์และทางเคมี

น้ำหนักโมเลกุล	30.03
ความหนาแน่น	1.04
จุดหลอมเหลว (^{o}C)	-118
จุดเดือด (^{o}C)	-19.02
การระเบิด (vol %)	7-73
(g/m^{3})	87-910
n-octanol / water partition coefficient (log P_{ow})	-1
specific reaction rate (k) with OH radical (k OH)	$15 \cdot 10^{-18}$ m^{3} / mol ·s

Distribution water / air : Henry constant (H)	0.02 $Pa \cdot m^3 / mol$
ความดันไอ	101.3 kPa ที่ -19°C
	52.6 kPa ที่ -33°C
จุดวาบไฟ	
สูตร 37% (methanol free)	85°C
สูตร 15% (methanol free)	50°C
อุณหภูมิที่ติดไฟเอง (auto-ignition temp.)	430°C

4.การใช้งานด้านต่าง ๆ

ฟอร์มาลดีไฮด์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทั้งทางด้านอุตสาหกรรม เกษตรกรรมและทางการแพทย์ ดังต่อไปนี้

4.1 <u>ด้านอุตสาหกรรม</u>

4.1.1 ใช้ในการผลิตเรซินและพลาสติก

4.1.2 ใช้ในการย้อมสี

4.1.3 ใช้ในการฟอกสีและการพิมพ์

4.1.4 ใช้ในการผลิตกระดาษเพื่อให้กระดาษลื่นและกันน้ำได้

4.1.5 ใช้ในการผสมโลหะเพื่อระงับการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น

4.1.6 ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ เพื่อผลิตผงที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงลักษณะน้ำหนักและความแข็งแรงของไหมสังเคราะห์

4.2 <u>ด้านเกษตรกรรม</u>

4.2.1 ใช้ในการป้องกันและกำจัดโรคพืชที่เกิดจากจุลินทรีย์

4.2.2 ใช้ในการป้องกันผลผลิตการเกษตรจากความเสียหายในระหว่างการขนส่งและเก็บรักษา

4.2.3 เป็นส่วนผสมของสารละลายที่ใช้เคลือบผัก และผลไม้จำพวกส้มระหว่างการเก็บชลอการเน่าเสีย

4.2.4 ใช้ในการผลิตปุ๋ยเคมี

4.2.5 ใช้ในการฆ่าเชื้อโรคในดิน

4.3 <u>ด้านการแพทย์</u>

4.3.1 ใช้ในการเก็บรักษาตัวอย่างกายวิภาคของสัตว์ (anatomical specimens)

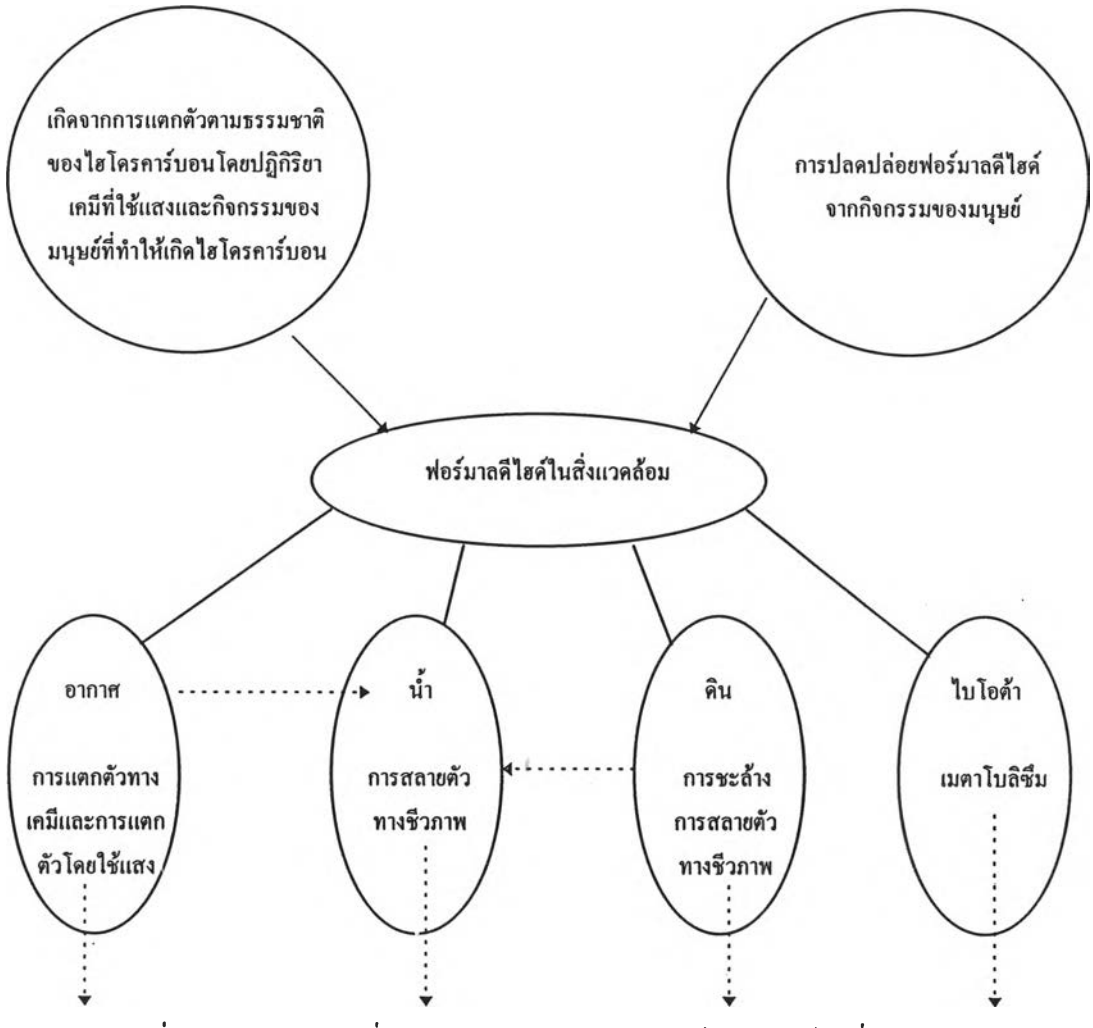
4.3.2 ใช้ในการดองศพ

4.3.3 ใช้ทำความสะอาดห้องผู้ป่วยตลอดจนเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ

5. การเข้าสู่สิ่งแวดล้อม

การประกอบกิจการทางด้านอุตสาหกรรมซึ่งมีการใช้ฟอร์มาลดีไฮด์ในขบวนการผลิตนับเป็นแหล่งกำเนิดสำคัญที่ทำให้มีการแพร่กระจายของสารชนิดนี้เข้าสู่สิ่งแวดล้อม ทั้งนี้จะเห็นได้จากการตรวจวัดอากาศบริเวณโรงงานผลิตเฮไลด์ ที่ใช้ฟอร์มาลดีไฮด์เป็นตัวฟอกซึ่งได้ปล่อยก๊าซและฟูมของฟอร์มาลดีไฮด์ที่มิได้กำจัดออกมา ปรากฏว่าตัวอย่างอากาศที่เก็บห่างจากโรงงาน 100 เมตร จะมีฟอร์มาลดีไฮด์อยู่ที่ระดับ 0.012 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.008 ppm) จากนั้นก็จะลดระดับลงไปเรื่อย ๆ ตามระยะทางที่ห่างจากโรงงานออกไป หรือจากการตรวจวัดอากาศบริเวณโรงงานผลิตฟอร์มาลดีไฮด์ซึ่งมีการปล่อยสารชนิดนี้ออกจากปล่องสูง 10 เมตร พบว่า ณ จุดที่อยู่ห่างจากโรงงาน 250-500 เมตร จะมีฟอร์มาลดีไฮด์ปนเปื้อนอยู่ในอากาศเกินกว่า 0.035 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (เกินกว่า 0.02 ppm)

นอกจากนี้จากการเก็บตัวอย่างดินในแหล่งอุตสาหกรรมมาตรวจวิเคราะห์ พบว่ามีการตกค้างของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 18-27 มิลลิกรัมต่อดินแห้ง 100 กรัม ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้อาจส่งผลต่อการปนเปื้อนของฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำใต้ดินบริเวณดังกล่าวด้วย ซึ่งการเข้าสู่สิ่งแวดล้อมของฟอร์มาลดีไฮด์นั้นสามารถสรุปเป็นแผนผังได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในสิ่งแวดล้อม

6. ความเป็นพิษ

6.1. <u>ความเป็นพิษต่อสัตว์ทดลอง</u>

ฟอร์มาลดีไฮด์จัดเป็นสารที่มีความเป็นพิษปานกลางกล่าวคือมีค่า LD_{50} ต่อหนู (rat) ทางกระเพาะอาหารเท่ากับ 385 ± 28.72 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ LD_{50} ต่อหนู (mice) ทางกระเพาะอาหารเท่ากับ 424 ± 34.13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทั้งนี้ความเป็นพิษอย่างเฉียบพลันที่เกิดกับสัตว์ทดลองเมื่อมีการฉีดฟอร์มาลดีไฮด์เข้าสู่กระเพาะอาหารจะเห็นได้จากการแสดงอาการตื่นตระหนก หลังจากนั้นจะเกิดการง่วงซึม อ่อนเพลีย หายใจขัดและตายภายใน 2 - 3 ชั่วโมงแรกที่ได้รับสารดังกล่าว

ส่วนในกรณีของความเป็นพิษเรื้อรังที่เกิดจากการได้รับสารฟอร์มาลดีไฮด์เข้าสู่ร่างกายนั้น จากการทดลองในสุนัขและกระต่ายที่ได้รับฟอร์มาลดีไฮด์ทางอาหารในปริมาณ 2 - 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเป็นเวลา 129 วันพบว่า สัตว์ดังกล่าวจะมีน้ำหนักตัวลดลงจำนวนเม็ดเลือดแดงและฮีโมโกลบินในเลือดมีปริมาณลดต่ำลง สัตว์ทดลองบางส่วนจะตายในระหว่างการทดลอง ซึ่งเมื่อนำซากมาทำการตรวจสอบพบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงทางพยาธิสภาพ (pathology) ของตับ ไต ลำไส้ตอนบน กระเพาะอาหารและส่วนอื่น ๆ ของทางเดินอาหาร

6.2 <u>ความเป็นพิษต่อมนุษย์</u>

เมื่อฟอร์มาลดีไฮด์เข้าสู่ร่างกายของมนุษย์ในปริมาณความเข้มข้นสูงก็จะทำให้เกิดความเป็นพิษต่อระบบการทำงานของร่างกายได้ เช่นในกรณีของผู้ป่วยที่ดื่มฟอร์มาลีน 5% จำนวน 100 มิลลิลิตรเข้าไปจะเกิดอาการอาเจียน และทำให้เกิดการระคายเคืองต่อทางเดินอาหารและกระเพาะอาหารตอนบนจากนั้นผู้ป่วยจะเสียชีวิตภายใน 40 วันด้วยอาการเลือดออกในกระเพาะอาหารและลำไส้

สำหรับผลต่อสุขภาพอนามัยของคนงานในโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ฟอร์มาลดีไฮด์ในขบวนการผลิตก็ปรากฏว่า จากการตรวจสอบสุขภาพคนงานจำนวน 278 คนจากโรงงานไม้อัดที่ใช้เรซินหรือกาวชนิดคาร์บาไมด์-ฟอร์มาลดีไฮด์ (carbamide-formaldehyde) จะมีคนงานจำนวน 129 คน หรือร้อยละ 46 เกิดอาการเกี่ยวกับโรคทางเดินหายใจ อันเนื่องมาจากสูดดมเอาไอของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ตรวจวัดความเข้มข้นได้ประมาณ 5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (3.33 ppm) เข้าไป นอกจากนี้ในการตรวจสุขภาพคนงานหญิงที่มีอายุระหว่าง 25 - 40 ปี ซึ่งทำงานอยู่ในโรงงานย้อมสีใช้ฟอร์มาลีนมาประมาณ 5 - 20 ปี ก็พบว่าคนงานเหล่านี้มักมีอาการปวดศีรษะ เกิดการระคายเคืองง่าย น้ำตาไหลเป็นประจำ และมีปัญหาในเรื่องของการทรงตัว ซึ่งอาการต่าง ๆ เหล่านี้มีสาเหตุมาจากการได้รับฟอร์มาลีนที่ปนเปื้อนในบรรยากาศการทำงานโดยตรวจวัดความเข้มข้นได้ประมาณ 5 - 78 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (3.33 - 52 ppm)นั่นเอง (รัชนี เก่าเจริญและพรพิมล เจริญส่ง, 2539)

<u>โรคจากพิษฟอร์มาลดีไฮด์</u>

6.2.1 <u>สาเหตุ</u> เกิดจากการสัมผัสอัลดีไฮด์ในงานอุตสาหกรรมทั้งนี้ได้มีการใช้งานกันอย่างกว้างขวางมากในงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น การผลิตเรซิน แอลกอฮอล์ กรด และใช้

ในอุตสาหกรรมยาง ฟอกหนัง กระดาษ ยา สีย้อม เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้ในด้านเกษตรกรรมต่าง ๆ อีกด้วย อัลดีไฮด์ที่ใช้กันมากและเป็นที่รู้จักกันดีคือ ฟอร์มาลดีไฮด์

6.2.2 <u>อาการและอาการแสดง</u> พิษของอัลดีไฮด์ที่สำคัญได้แก่

1. การระคายเคืองต่อผิวหนัง ตา และเยื่อเมือกในทางเดินหายใจ
2. การเกิดความรู้สึกไวเกิน (Sensitization) ซึ่งเกิดจากการสัมผัสอัลดีไฮด์ในรูปของเหลว โดยเฉพาะการสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์
3. การสลบ
4. การเกิดอาการอื่น ๆ เช่น คลื่นไส้ อาเจียน ปวดศีรษะ และอ่อนเพลีย

สำหรับอาการสลบพบได้ยาก เนื่องจากจะเกิดอาการระคายเคืองหรืออาการอื่นก่อน จึงทำให้สามารถหลีกเลี่ยงการสัมผัสที่ความเข้มข้นสูงมากเกินไปจนถึงกับทำให้สลบได้

ระดับความเป็นพิษของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นดังนี้

ความเข้มข้น 1 ppm	สามารถทำให้ได้กลิ่น
ความเข้มข้น 2-3 ppm	จะทำให้เกิดความรู้สึกไม่สบายขึ้นได้โดยเฉพาะที่หลอดคอ
ความเข้มข้น 4-5 ppm	จะทำให้มีอาการน้ำลาย (จำนวนเล็กน้อย) ไหลไม่หยุด บางคนอาจทนอยู่ในความเข้มข้นระดับนี้ได้นานถึง 10 - 30 นาที
ความเข้มข้น 10 ppm	จะทำให้เกิดอาการน้ำลาย (จำนวนมาก) ไหลไม่หยุด
ความเข้มข้นระหว่าง 10 - 20 ppm	จะทำให้หายใจลำบาก จมูกและคอแสบร้อน และอาการแสบร้อนนี้จะขยายไปถึงหลอดลม พร้อมกับมีอาการไอได้
ความเข้มข้น 50 - 100 ppm (ในระหว่าง 5 - 10 นาที)	จะทำให้เกิดการเจ็บป่วยอย่างรุนแรงได้

ผู้ที่สัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ที่ผิวหนังจะเกิดอาการต่าง ๆ กันได้แก่

1) อาการเฉียบพลัน จะเกิดอาการผิวหนังอักเสบเป็นผื่นแดง อาจเป็นตุ่มพุพอง ตกสะเก็ด และแสบคันทันทีที่สัมผัส และจะเกิดขึ้นที่ใบหน้า คอ อัณฑะ ข้อพับของแขน เปลือกตา เป็นต้น

2) อาการเรื้อรัง เกิดขึ้นหลังจากที่สัมผัสในระยะนานเป็นปี โดยจะเริ่มเป็นจาก ปลายนิ้วมือ หลังมือ ข้อมือ ท้องแขน และส่วนของร่างกายซึ่งเสียดสีกับเสื้อผ้า

6.2.3 <u>การรักษา</u> โดยทั่วไปรักษาตามอาการ นอกจากผู้ที่สัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ที่ตา ต้องได้รับการพยาบาลอย่างรวดเร็ว เพื่อเป็นการป้องกันการจับตัวเป็นลิ่มของผิวแก้วตา ซึ่งอาจจะทำให้ตาบอดได้

6.2.4 <u>การป้องกัน</u> โดยทั่วไปอัลดีไฮด์จะมีค่า TLV (Threshold Limit Value) ตามความรุนแรงของพิษของอัลดีไฮด์แต่ละชนิด สำหรับค่า TLV ของฟอร์มาลดีไฮด์นั้นมีค่าต่ำมากคือ 5 ppm เท่านั้น และที่ความเข้มข้นค่อนข้างต่ำนี้ ยังสามารถทำให้เกิดอาการระคายเคืองต่อจมูกและคอได้เล็กน้อย รวมทั้งเกิดอาการน้ำลายไหลไม่หยุด โดยเฉพาะกับบุคคลที่ยังไม่เคยชินต่อการสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์มาก่อน (ศุภชัย รัตนมณีฉัตร และจักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ, 2534)

ในส่วนผลกระทบของฟอร์มาลดีไฮด์ที่มีต่อสุขภาพมนุษย์นั้น Gupta,Ulsamer,Preuss ได้รวบรวมเอกสารเกี่ยวกับเรื่องแหล่งกำเนิด และความเป็นพิษของฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศซึ่งสรุปเกี่ยวกับระดับความเข้มข้นต่ำสุดของฟอร์มาลดีไฮด์ที่มีผลกระทบซึ่งสังเกตเห็นจากการศึกษาในมนุษย์ และสัตว์ทดลองที่อยู่ในภาวะควบคุมดังตารางที่ 2.2 และสรุประดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในแหล่งที่อยู่อาศัย และสถานที่ทำงานที่ส่งผลให้เกิดอาการต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการระคายเคืองตา จมูก คอ ผิวหนัง การหายใจติดขัด อาการท้องร่วง อาเจียน เวียนศีรษะ ซึ่งการศึกษาเหล่านี้สรุปรวมไว้ในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.2 ระดับความเข้มข้นต่ำสุดของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสัตว์ทดลอง

มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร	ระยะเวลาที่แสดงอาการ	ชนิดของสิ่งมีชีวิต	ผลกระทบ	อ้างอิง
0.01	5 นาที	มนุษย์	การระคายเคืองตา	Schuck *et al.* (1966)
0.06-0.07	นาที	มนุษย์	ระดับเพดานของกลิ่น (Odor threshold)	Wahren (1980) Melekhina (1964) Feldman and Bonashevskaya (1971)
0.08	นาที	มนุษย์	ระดับการรับสีของการมองเห็นผิดปกติ(optical chronaxy threshold)	Melekhina (1964)
0.1	1.5 เดือน	กระต่าย	การเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวกับศักยภาพของประสาทตา	Bokina *et al.* (1976)
0.1	นาที	มนุษย์	ระดับที่กระทบกระเทือนต่อหน้าที่ของสมองชั้นนอก	Melekhina (1964)
0.24	1 ชั่วโมง	มนุษย์	การระคายเคืองตา จมูกและคอ	Rader (1974)
0.3	5 ชั่วโมง	มนุษย์	จมูกและคอแห้ง อัตราไหลของเมือกลดลง	Anderson (1979)

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร	ระยะเวลาที่แสดงอาการ	ชนิดของสิ่งมีชีวิต	ผลกระทบ	อ้างอิง
0.4	1 ชั่วโมง	หนูตะเภา	เพิ่มการต้านทานการไหลทางเดินหายใจ การหายใจต่ำลง	Amdur (1959)
0.67	10 นาที	หนู (rat)	อัตราการหายใจลดลง	Kane and Alarie (1977)
1.0	3 เดือน	หนู (rat)	การเปลี่ยนแปลงของผิวหนังและสารเคมีในสมองส่วนที่สลับซับซ้อน	Bonashevskaya (1973)
1.0	1 นาที	มนุษย์	การเปลี่ยนแปลงหน้าที่ของสมองชั้นนอก	Feldman and Bonashevskaya (1971)
1.0	90 วัน	หนู (rat)	เยื่อหุ้มหลอดลมและเยื่อหุ้มเส้นโลหิต ต่อมน้ำเหลืองในปอดโตเนื้อเยื่อโตผิวปกติและกระตุ้นระบบ RE ในสมองชั้นนอก	Feldman and Bonashevskaya (1971)
1.0	10 นาที	มนุษย์	การระคายเคืองของทางเดินหายใจส่วนบนและตา การหายใจถี่ขึ้น การเปลี่ยนแปลงของ EEG เช่น	Sgibnev (1968)

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร	ระยะเวลาที่แสดงอาการ	ชนิดของสิ่งมีชีวิต	ผลกระทบ	อ้างอิง
1.0	10 เดือน มากกว่า 2 รุ่น	หนู (rat)	alpha rhythm สูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทอัตโนมัติ การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานในทางเดินหายใจส่วนบน น้ำหนักตับลดลง	Misiakiewicz *et al.* (1977)
1.0	เริ่มอย่างต่อเนื่อง 10-15 วันก่อน mating	หนู (rat)	การเพิ่มขนาดและจำนวนของศูนย์กลางการสร้างเม็ดเลือดไขกระดูกส่วนนอก ความผิดปกติของเยื่อบุท่อน้ำดีและเยื่อบุไต	Gofmekler *et al.* (1968)
1.7	1 นาที	มนุษย์	ความไวของตาต่อแสงต่ำในกลุ่มที่ไม่สามารถปรับเลนส์นัยน์ตาได้	Melekhina (1964)
2.0	ต่อเนื่องหรือเป็นพัก ๆ	หนูตะเภา,หนู (rat)	ความรู้สึกไวเกิน จำนวนเม็ดโลหิตขาวมีเพิ่มมากขึ้นและการเปลี่ยนแปลงเอนไซม์คลอลิเนส - เทอเรสในเลือด	Ostapo vich (1975)

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร	ระยะเวลาที่แสดงอาการ	ชนิดของสิ่งมีชีวิต	ผลกระทบ	อ้างอิง
2.4	6 ชั่วโมงต่อวัน 5 วันต่อสัปดาห์เป็นเวลา 18 เดือน	หนู (rat)	เยื่อบุผิวโตผิดปกติและเยื่อจมูกอักเสบ	Swenberg *et al.* (1980)
4.6	90 วันต่อเนื่อง	หนู (rat) สุนัข กระต่าย ลิง หนูตะเภา	หนู 1 ใน 15 ตัวตาย,บางส่วนของปอดอักเสบไหม้ในทุกสปีชีส์	Coon *et al.* (1970)
5.0	4 ชั่วโมง/วันต่อวัน 1-19 ของระยะเวลาตั้งครรภ์	หนู (rat)	ระดับของการกระตุ้นประสาทและกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ส่วนขอบของเซลเม็ดเลือดขาว ฮีโมโกลบิน มีเพิ่มขึ้นและอุณหภูมิช่องทวารในสัตว์ที่ตั้งครรภ์ลดลง	Sheveleva (1971)
5.0	1 นาที	มนุษย์	ไม่สามารถทนได้ถ้าไม่มีการป้องกันระบบหายใจ	Wiley (1908)

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร	ระยะเวลาที่แสดงอาการ	ชนิดของสิ่งมีชีวิต	ผลกระทบ	อ้างอิง
7 และ 18	6 ชั่วโมงต่อวัน, 5 วันต่อสัปดาห์เป็นเวลา 24 เดือน	หนู (rat) หนู (mice)	ก่อให้เกิดมะเร็งและการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับพยาธิสภาพในจมูก	CIIT (1982)
19	10 ชั่วโมง	หนู (mouse) กระต่าย หนูตะเภา	หนู 5 ใน 7 ตัว กระต่าย 3 ใน 5 ตัว หนูตะเภา 8 ใน 20 ตัว ตาย ตาปิด และการหายใจช้าลง	Salem and Cullumbine (1960)
50	1 ชั่วโมงต่อวัน, 3 วันต่อสัปดาห์เป็นเวลา 35 สัปดาห์	หนู (mouse)	ทางเดินหายใจส่วนบนอักเสบอย่างรุนแรง เซลล์และเยื่อบุผิวมีการแบ่งเซลล์อย่างผิดปกติ	Horton *et al.* (1963)
588.0	4 ชั่วโมง	หนู (rat)	LC_{50} (โดยประมาณ)	Nagornyi *et al.* (1979)
0.2 มิลลิกรัมต่อลิตรในน้ำ	นาที	มนุษย์	เกิดอาการภูมิแพ้และผิวหนัง	Horsfall (1934)

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร	ระยะเวลาที่แสดงอาการ	ชนิดของสิ่งมีชีวิต	ผลกระทบ	อ้างอิง
3.7 กรัมต่อลิตร ถึง 37 กรัมต่อลิตร ของการพิสูจน์หลักทั่วไปโดยเอากรณีเฉพาะรายมาอ้างและ 3.7 กรัมต่อลิตร ของchallenge ในรูปสารละลาย	เป็นพัก ๆ	มนุษย์	อักเสบตอบสนองต่อบุคคลที่มีความรู้สึกไวเกิน ก่อให้เกิดความรู้สึกไวเกิน ของผิวหนังใน 4.5 - 7.8% ของสุขภาพบุคคลที่ถูกทดลอง	Marzulli and Maibach (1974)

ที่มา : Gupta K.C.,Ulsamer A.G. and Preuss P.W.,1982

ตารางที่ 2.3 ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์บริเวณแหล่งที่อยู่อาศัยและบริเวณสถานที่ทำงานที่ส่งผลให้เกิดอาการต่าง ๆ

มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร	ผลกระทบ	ชนิดของแหล่งที่ก่อให้เกิดอาการต่าง ๆ	อ้างอิง
0.01-12	คลื่นเหียน การระคายเคืองตา จมูก และคอ ปวดศีรษะ อาเจียน ตะคริวที่ท้อง	ที่อยู่อาศัย	CPSC (1980)
0.02-5.0	อาการท้องร่วง การระคายเคืองของตาและทางเดินหายใจส่วนบนปวดศีรษะ คลื่นเหียน อาเจียน	ที่อยู่อาศัย	Woodbury (1979); Breysse (1977); Sardinas *et al.* (1979); Garry *et al.* (1980); Harris *et al.* (1981)
0.1-6.7	การไหม้ของตาและจมูก จาม ไอ และปวดศีรษะ 3 ใน 5 คนได้รับความทุกข์ทรมานจากโรคหืดและปัญหาไซนัส	โรคที่เกิดจากการทำงาน	Kerfoot and Mooney (1975)
0.36-3.3	ส่งกลิ่นรบกวน เนื้อเยื่อเมือกถูกทำลาย กระสับกระส่าย กระหายน้ำ	โรคที่เกิดจากการทำงาน	Shipkowitz (1968)

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร	ผลกระทบ	ชนิดของแหล่งที่ก่อให้เกิดอาการต่าง ๆ	อ้างอิง
	น้ำตาไหลไม่หยุด		
0.15-0.55	การไหม้และแสบตา จมูกและคอ ปวดศีรษะ	โรคที่เกิดจากการทำงาน	Bourne *et al.* (1959)
1.0	สูญเสียความรู้สึกในการดมกลิ่น เป็นโรคระบบหายใจส่วนบนเพิ่มขึ้น เยื่อเมือกในจมูกฝ่อลีบ	โรคที่เกิดจากการทำงาน (มากกว่า 5 ปีแต่น้อยกว่า 10 ปี)	Yefremov (1970)
1.1-1.9	คันตา คอแห้งและเจ็บคอ นอนไม่หลับกระสับกระส่าย กระหายน้ำอย่างมากเมื่อตื่นขึ้นมาในตอนเช้า	โรคที่เกิดจากการทำงาน	Morrill (1961)
1.1-3.3	น้ำตาไหล การระคายเคืองของจมูกและคอ	โรคที่เกิดจากการทำงาน	Blejer *et al.* (1966)
?	ทางเดินหายใจติดขัดเรื้อรัง มีอาการระคายเคืองของระบบทางเดินหายใจและตา หน้าที่ของปอดลดลงใน-	โรคที่เกิดจากการทำงาน	Schoenberg and Mitchell (1975)

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร	ผลกระทบ	ชนิดของแหล่งที่ก่อให้เกิดอาการต่าง ๆ	อ้างอิง
1.5-4.6	ระหว่างวันและสัปดาห์ทำงานปกติ รอบเดือนผิดปกติ เกิดโรคแทรกซ้อน ขณะตั้งครรภ์ น้ำหนักแรกเกิดของบุตรต่ำ	โรคที่เกิดจากการทำงาน	Shumilina (1971)
0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร-30 กรัมต่อลิตร ในรูปสารละลาย	อาการภูมิแพ้ : โรคติดต่อทางผิวหนัง อาการผื่นคัน ลมพิษ และโรคหืด	โรคที่เกิดจากการทำงานและผู้บริโภค	Horsfall (1934); Jordan *et al.* (1979); Rudner *et al.* (1975); Hendrick and Lane (1977); Alanko *et al.* (1977)

ที่มา : Gupta K.C.,Ulsamer A.G. and Preuss P.W.,1982

7.การตรวจวัดและการวิเคราะห์ฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศ

ส่วนใหญ่วิธีการตรวจวัดฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศอยู่บนพื้นฐานการวัดแบบโฟโตเมตริก และรูปแบบของการเก็บตัวอย่างขึ้นอยู่กับตัวกลางที่จะใช้ในการตรวจวัดระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศซึ่งวิธีการเก็บตัวอย่าง และการตรวจวัดฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศสรุปไว้ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 วิธีการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างของฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศ

วิธีการ	การเก็บตัวอย่าง	การวิเคราะห์	สิ่งรบกวน
Chromotropic acid :NIOSH 3500	midget impinger	spectrophotometry	phenol , other organic substances
Paraosaniline (original)	midget impinger	spectrophotometry	sulfur dioxide
Paraosaniline (modified)	midget impinger	spectrophotometry	sulfur dioxide
Paraosaniline (TGM-555)	continuous	colorimetric	sulfur dioxide
MBTH	absorber	spectrophotometry	
Acetylacetone spectrophotmetric	midget impinger	spectrophotometry	other aldehydes, amines, Sulfur dioxide
Acetylacetone fluorimetric	midget impinger	fluorimetry	other aldehydes, amines, Sulfur dioxide
2,4-DNPH aqueous ethanol	midget impinger	HPLC	
2,4-DNPH adsorbent	adsorbent tube	HPLC	

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

วิธีการ	การเก็บตัวอย่าง	การวิเคราะห์	สิ่งรบกวน
NIOSH 3501	midget impinger	polarography	other aldehydes
OSHA acidic hydrazine	midget impinger	polarography	acetaldehyde
NIOSH 2502	reactive adsorbent	gas chromatography	
MIRAN Draeger	continuous reactive adsorbent	infrared visual	multiple
Passive monitor 3M	reactive adsorbent	spectrophotometry (CA)	
DuPont	reactive adsorbent	spectrophotometry (CA)	
Air Quality Research	reactive adsorbent	spectrophotometry (CA)	
Envirotech	moist adsorbent	spectrophotometry (PUR)	other aldehydes

ที่มา : WHO , 1989.

สำหรับวิธีการตรวจวัดฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศ Kuwata,Uebori,และYamasaki (1979) ได้ทำการศึกษาการวัดอะลิฟาติกและอะโรมาติกอัลดีไฮด์ในอากาศที่มีมลพิษด้วย 2,4 - Dinitrophenylhydrazines โดยเครื่องมือ HPLC พบว่า Reversed Phase ของ HPLC ที่ใช้คอลัมน์ LICHROSORB RP-18 และ ACN/WATER เป็นเฟสเคลื่อนที่ สามารถประยุกต์นำไปวัดหาอะลิฟาติก C_1- C_6 และอะโรมาติกอัลดีไฮด์ในอากาศที่มีมลพิษ เช่น อากาศในเมือง การปล่อยมลพิษจากอุตสาหกรรม ควันเสียจากเครื่องยนต์ และการสูบบุหรี่ ซึ่งสามารถวัดปริมาณของอัลดีไฮด์ในความเข้มข้นต่ำระดับ ppm หรือ ppb ในตัวอย่างอากาศด้วยความแม่นยำสูง

FungและGrosijean(1981) ได้ทำการศึกษาวัดปริมาณคาร์บอนีลในหน่วยนาโนกรัมด้วย 2,4- Dinitrophenylhydrazoneด้วยเครื่องมือ HPLC พบว่าการแยกสารประกอบคาร์บอนีลด้วยอนุพันธ์ 2,4 -Dinitrophenylhydrazoneโดยเครื่องมือ HPLC โดยใช้การชะตัวทำละลาย Isocratic และหาปริมาณด้วย Internal Standards ที่เหมาะสมโดยการใช้ UV Detector ที่ความยาวคลื่น 360 นาโนเมตร ซึ่งสามารถทำการหา C_1-C_4 อะลิฟาติกคาร์บอนีล และเบนซาลดีไฮด์ ได้ภายในเวลาน้อยกว่า 10 นาที

Kuwata,Uebori,YamasakiและKuge(1983) ได้ทำการศึกษาการวัดอะลิฟาติกอัลดีไฮด์ในอากาศโดยวิธีโครมาโทรกราฟีแบบของเหลว พบว่า SEP-PAK C_{18} (SP) Cartridge ที่ใช้สำหรับวัดองค์ประกอบที่มีอยู่ในอาหารและสิ่งแวดล้อมและตัวอย่างทางชีววิทยาสามารถประยุกต์มาใช้วิเคราะห์ตัวอย่างในอากาศได้ โดยในการศึกษานี้ใช้ SP Cartridge Imprenated กับ DNPHบริสุทธิ์และกรดฟอสฟอริคใส่ในตัวอย่างแล้ววัดโดยใช้เครื่องมือ HPLC และสามารถวัด C_1- C_4 อะลิฟาติกอัลดีไฮด์ในช่วงความเข้มข้นต่ำกว่าระดับ ppb หรือต่ำกว่าระดับ ppm ในบรรยากาศการปล่อยมลพิษจากอุตสาหกรรมและการปล่อยมลพิษจากเตาเผา

สำหรับมาตรฐานวิธีที่ใช้วัดหาปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์และอัลดีไฮด์ตัวอื่น ๆ ในอากาศภายในอาคารพัฒนามาจากวิธี TO-5 คือ วิธีสำหรับวัดหาปริมาณอัลดีไฮด์และคีโตนในบรรยากาศทั่วไปโดยใช้ HPLC ของหัวข้อวิธีสำหรับวัดสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นพิษในบรรยากาศทั่วไป ซึ่งดูดอากาศในบรรยากาศทั่วไปผ่าน Midget Impinger Sampling Train ที่บรรจุ 2M HCl 10 มิลลิลิตรต่อ 0.05% 2,4-Dinitrophenylhydrazine (DNPH) Reagent ซึ่งอัลดีไฮด์และคีโตนทำให้เกิดรูปอนุพันธ์ที่เสถียรด้วย DNPH Reagent และอนุพันธ์ DNPH ใช้วิเคราะห์อัลดีไฮด์และคีโตนโดยใช้เครื่องมือ HPLC ส่วนวิธีการเก็บตัวอย่างด้วย Solid Sorbent ในวิธี IP-6A เพิ่มเติมวิธีการเก็บตัวอย่างในวิธี TO-5 โดยแนะนำ Coated Adsorbent แทน Impinger (เครื่องปะทะ) สำหรับการเก็บตัวอย่างฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศภายในอาคาร (Winberry,et al., 1993) และวิธีที่ใช้กันในปัจจุบันนี้อยู่บนพื้นฐานปฏิกิริยาเฉพาะของสารประกอบอินทรีย์พวกคาร์บอนีลกับ DNPH - Coated Cartridges ในรูปของกรดเพื่อที่จะเกิดเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เสถียรดังสมการ (Winberry,et al., 1990 และ Lipari and Swarin, 1982)

$$R'COR + NH_2NHC_3H_6(NO_2)_2 \xrightarrow{H^+} (NO_2)_2C_3H_6NHN=CRR' + H_2O$$

carbonyl group (aldehyde and ketones) 2,4 -dinitrophenylhydrazine (DNPH) DNPH-derivative water

ซึ่ง R และ R′ เป็นอัลคิลอินทรีย์ หรือกลุ่มอะโรมาติก (คีโตน) หรือถูกแทนที่ด้วยไฮโดรเจน (อัลดีไฮด์) และปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาการเติม (Addition Reaction) โดยเติมที่หมู่คาร์บอนีลก่อนแล้วสูญเสียน้ำออกไป (สุภาพ บุณยะรัตเวชและคณะ, 2535)

ปัจจุบันการเก็บตัวอย่างฟอร์มาลดีไฮด์จากอากาศสามารถทำได้ 2 วิธีคือ 1) แบบ active ซึ่งเป็นการเก็บตัวอย่างอากาศที่ใช้กับวิธี IP-6A มีข้อดีคือ สามารถเก็บตัวอย่างในระยะเวลาสั้น ๆ ได้ แต่มีข้อเสียคือ ต้นทุนสูง และ 2) แบบ passive ซึ่งเป็นการเก็บตัวอย่างอากาศที่ใช้กับวิธี IP-6B มีข้อดีคือ ไม่มีเสียงรบกวนจากปั๊มดูดอากาศ ต้นทุนต่ำ แต่มีข้อเสียคือ อัตราการเก็บตัวอย่างต่ำ ไม่สามารถเก็บตัวอย่างในระยะยะเวลาสั้น ๆ ได้กล่าวคือ ต้องใช้ระยะเวลา 3 วันถึง 10 วันหรือมากกว่านั้น (Winberry,et al.,1993) และจากงานวิจัยของ Gavin, Crump และ Brown(1995) พบว่าการเก็บตัวอย่างอากาศภายในอาคารโดยทั้งสองวิธีให้ผลที่ไม่ต่างกัน

สำหรับการเก็บตัวอย่างอากาศแบบ active มี 2 วิธีคือ 1) Impinger Method วิธีนี้ดูดอากาศผ่านเครื่องปะทะที่บรรจุด้วยสารละลาย DNPH ที่ถูกทำให้เป็นกรด และวิเคราะห์สารละลายโดยเครื่องมือ HPLC และ 2) Cartridge Methodใช้ Waters SEP-PAK DNPH Silica Cartridges ประกอบด้วย DNPH Coated Cartridge บรรจุใน Cartridge ที่ถูกอัดเป็นแนวรัศมี ซึ่งเมื่ออัลดีไฮด์ทำปฏิกิริยากับ DNPH เกิดเป็นอนุพันธ์ที่เสถียร อนุพันธ์ที่เสถียรเหล่านี้จะถูกชะออกด้วยอะซิโตไนไตร์ล(ACN) และวิเคราะห์โดยเครื่องมือ HPLC (Gavin, Crump และ Brown, 1995)

จากการศึกษาวิธีการเก็บตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวัดฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศภายในอาคารโดย Gavin,CrumpและBrown(1995) พบว่าการเก็บตัวอย่างของฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศโดยใช้ SEP-PAK Cartridges นอกจากให้ผลที่เหมือนกับการเก็บตัวอย่างโดยใช้ DNPH Impingers แล้วยังมีความเหมาะสมสำหรับการเก็บตัวอย่างแบบ active ของอากาศภายในอาคาร เนื่องจากมีความสะดวกกว่า

8.การกำหนดค่ามาตรฐานของฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศ

สำหรับในต่างประเทศนั้นระดับความเป็นพิษของฟอร์มาลดีไฮด์ที่อนุญาตให้มีได้ในอากาศเป็นดังนี้

ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดค่ามาตรฐานของฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศ ไว้ดังนี้คือ

OSHA (Occupational Safety and Health Administration) ได้กำหนดค่ามาตรฐานเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงาน (TWA) ไว้ 0.84 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.56 ppm) ค่ามาตรฐานสารเคมีในระยะเวลาอันสั้น (STEL) 15 นาที เท่ากับ 2.4 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (1.6 ppm) ค่ามาตรฐานระดับเพดานของสารเคมี (TLV) ที่อนุญาตให้มีในอากาศเท่ากับ 0.75 ppm และค่าระดับความเข้มข้นที่เป็นอันตรายอย่างเฉียบพลันต่อชีวิตและสุขภาพ (IDLH) เป็น 75 ppm

NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) ได้กำหนดค่ามาตรฐานเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงาน (TWA) เท่ากับ 0.024 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.016 ppm) และค่ามาตรฐานสารเคมีในระยะเวลาอันสั้น (STEL) 15 นาที ไว้สูงสุดเท่ากับ 0.15 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.1 ppm)

ACGIH ได้กำหนดค่ามาตรฐานเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงาน (TWA) ไว้สูงสุดเท่ากับ 1.37 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.91 ppm) แต่ไม่ได้กำหนดค่ามาตรฐานสารเคมีในระยะเวลาอันสั้น (STEL) 15 นาทีไว้ (Marshall Sittig, 1994 และ 3M Respirator Selection Guide, 1995)

ประเทศสหภาพโซเวียตได้กำหนดค่ามาตรฐานของฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศ ไว้ดังนี้คือ ปริมาณสูงสุดของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ยอมให้มีได้ในบรรยากาศการทำงานเท่ากับ 0.5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.33 ppm) และปริมาณสูงสุดของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ยอมให้มีได้ในบริเวณที่อยู่อาศัยเมื่อได้รับในหนึ่งครั้ง (Maximum single) เท่ากับ 0.035 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.02 ppm) ปริมาณเฉลี่ยต่อวันที่ยอมให้มีในบริเวณดังกล่าวเท่ากับ 0.012 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.008 ppm) (IRPTC, 1982)

สำหรับประเทศไทยนั้น ระดับความเป็นพิษของฟอร์มาลดีไฮด์ที่อนุญาตให้มีได้ในอากาศเป็นไปตามประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อม(สารเคมี) ลงวันที่ 30 พฤษภาคม 2520 ได้กำหนดปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในบรรยากาศการทำงานตลอดระยะเวลาการทำงานไว้ไม่เกิน 3 ส่วนในล้านส่วน และกำหนดปริมาณความเข้มข้นสูงสุดในระยะเวลา 30 นาทีไม่เกิน 10 ส่วนในล้านส่วน(รวมกฎหมายแรงงาน, 2532)

9.ปัจจัยที่มีผลต่อระดับฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศภายในอาคาร

9.1 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีผลต่อความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ภายในห้องและการระเหยของฟอร์มาลดีไฮด์จากแหล่งกำเนิดขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมกล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิและความชื้นเพิ่มขึ้นจะมีการระเหยมากขึ้น (Winberry, *et al.*,1993) จากการตรวจวัดระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในบ้านและสำนักงานหลายแห่ง พบว่าระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในฤดูร้อนมีค่าสูงกว่าในฤดูหนาว และที่อุณหภูมิสูงวัดระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ได้สูงกว่าที่อุณหภูมิต่ำ (Crump และ Gardiner, 1989)

Andersen *et al.*(1975) ได้ทำการทดลองกับวัสดุ Chipboard และวัดระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ระเหยออกมาจากวัสดุ Chipboard พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นอัตราการระเหยของฟอร์มาลดีไฮด์จะเพิ่มขึ้นประมาณ 10% $(^{\circ}C)^{-1}$ และอัตราการระเหยของฟอร์มาลดีไฮด์ที่เพิ่มขึ้นจะเกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำ (water content) ใน Chipboard กล่าวคือปริมาณน้ำ (water content) ใน Chipboard จะอยู่ในสมดุลกับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่อยู่รอบ ๆ และ Andersen *et al.*(1975) พบว่าอัตราการระเหยของฟอร์มาลดีไฮด์จะเพิ่มขึ้นประมาณ 10% $(5\%r.h.)^{-1}$

Vander Wal (1982) ได้ทำการทดลองวัดระดับความเข้มข้นของระดับฟอร์มาลดีไฮด์ที่ระเหยจากการใช้วัสดุ Chipboard ในโรงเรียนชั่วคราวแห่งหนึ่ง (temporary school) และศึกษาปัจจัยด้านอุณหภูมิโดยทำการวัดระดับฟอร์มาลดีไฮด์ในห้องเรียนที่เหมือนกันในช่วงวันที่เหมือนกันที่ซึ่งอุณหภูมิแปรเปลี่ยนไปผลของการวัดก็คือ ความชื้นสัมพันธ์ 50-56% อัตราการระบายอากาศ 0.6 h^{-1} ที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส วัดระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ได้ 640 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.53 ppm) ที่อุณหภูมิ 22.5 องศาเซลเซียส วัดระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ได้ 750 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.63 ppm) และที่อุณหภูมิ 25 องศา

เซลเซียส วัดระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ได้ 1100 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.92 ppm) ดังนั้นจะเห็นว่าการเพิ่มขึ้นของระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์เป็น 11% ($^{\circ}C)^{-1}$ ของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นหรือคูณด้วย 7°C ซึ่งสิ่งเหล่านี้สอดคล้องเป็นอย่างดีกับเหตุผลของ Andersen *et al.*(1975)

9.2 การระบายอากาศ

เมื่อสภาวะอื่น ๆ คงที่ ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในห้อง 1 ห้อง จะเป็นสัดส่วนผกผันกับอัตราการระบายอากาศ ดังผลการทดลองต่อไปนี้คือที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 50% พร้อมกับปิดหน้าต่าง อัตราการระบายอากาศเป็น 0.6 h^{-1} วัดระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ได้ 1100 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.92 ppm) หลังจากนั้นเปิดหน้าต่าง อัตราการระบายอากาศเป็น 6.0 h^{-1} วัดระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ได้ 125 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.10 ppm) แต่ในบางกรณีการเข้าสู่สมดุลใหม่ทำได้ช้าจึงทำให้การวัดระดับความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์ได้ค่าที่ไม่เปลี่ยนแปลงดังตัวอย่างการวัดระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในฮาร์เล็ม (Haarlem) โดยทำการวัดระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ขณะปิดหน้าต่างได้ 860 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.72 ppm) อัตราการระบายอากาศขณะนั้นประมาณ 0.2 h^{-1} หลังจากนั้นเปิดหน้าต่างทิ้งไว้เป็นประมาณ 1 ชั่วโมง วัดระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ได้ 860 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.72 ppm) ในขณะที่อัตราการระบายอากาศเป็น 2 h^{-1} (Vander Wal , 1982)

10.การควบคุม ป้องกันอันตราย และการจัดลำดับความเป็นอันตรายของฟอร์มาลดีไฮด์

การควบคุมและป้องกันอันตรายจากฟอร์มาลดีไฮด์ มีขั้นตอนดังนี้

1. การตระหนักและการประเมินถึงอันตรายจากฟอร์มาลดีไฮด์
2. การจัดลำดับความเป็นอันตรายของฟอร์มาลดีไฮด์
3. การเตรียมข้อมูลเพื่อการตัดสินใจสั่งการของผู้บริหาร
4. การดำเนินการควบคุม-ป้องกัน และการเฝ้าระวังอันตรายจากฟอร์มาลดีไฮด์
5. การประเมินผลการควบคุมและการป้องกันอันตรายจากฟอร์มาลดีไฮด์

ฟอร์มาลดีไฮด์จัดเป็นสารเคมีที่มีอันตรายซึ่งในการจัดลำดับความสำคัญของอันตรายจากสารเคมีต้องพิจารณาถึงปัจจัย 2 ประการคือ

1.ความรุนแรงของอันตรายที่เกิดหรืออาจเกิดขึ้น หมายถึง อันตรายที่เกิดหรืออาจเกิดขึ้นนั้นก่อหรืออาจจะก่อให้เกิดผลที่มีความรุนแรงเพียงใด หรือสารเคมีนั้น ๆ มีความเป็นพิษรุนแรงมากน้อยเพียงใดในการพิจารณาความรุนแรงนี้ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่มีอยู่ ซึ่งระดับความรุนแรงของอันตรายแบ่งได้ดังนี้

ระดับ	ความรุนแรง
1	เป็นอันตรายที่ก่อให้เกิดความหายนะอย่างใหญ่หลวง เป็นอันตรายที่ใกล้จะเกิดขึ้นอันตรายอันนั้นหากเกิดขึ้นกับคนหลายคน ความเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นแพร่กระจายไปกว้างขวาง ทำให้เกิดการสูญเสียทรัพย์สินมาก
2	เป็นอันตรายขั้นวิกฤติ อันตรายอันนั้นหากเกิดขึ้นจะก่อให้เกิดการบาดเจ็บที่รุนแรงหรือการเจ็บป่วยอย่างสาหัส ทรัพย์สินและอุปกรณ์เสียหาย
3	เป็นอันตรายขั้นธรรมดา อันตรายนั้นหากเกิดขึ้นสามารถทำให้เกิดการเจ็บป่วย อุปกรณ์เสียหาย แต่การบาดเจ็บ การเจ็บป่วย และการเสียหายของอุปกรณ์นั้นไม่รุนแรง
4	เป็นอันตรายขั้นเล็กน้อย อันตรายอันนั้นหากเกิดขึ้น จะไม่ก่อให้เกิดการบาดเจ็บหรือเจ็บป่วยที่รุนแรง ทรัพย์สินไม่เกิดความเสียหาย

2.ความเป็นไปได้หรือโอกาสที่จะเกิดอันตรายนั้น หมายถึง จากสถานการณ์ที่เป็นอยู่จะมีความเป็นไปได้หรือมีโอกาสมากน้อยเพียงใดที่จะเกิดอันตราย ในการพิจารณาความเป็นไปได้นี้ จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลเพื่อการตัดสินใจ ซึ่งระดับความเป็นไปได้หรือโอกาสของการเกิดอันตรายแบ่งได้ดังนี้

ระดับ	ความเป็นไปได้หรือโอกาสของการเกิดอันตราย
A	มีความเป็นไปได้มากที่จะเกิดอันตรายขึ้น มีแนวโน้มว่าจะเกิดขึ้นทันทีทันใดและเกิดขึ้นภายในเวลาอันสั้น
B	มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดอันตรายขึ้น และเป็นไปได้ว่าจะเกิดขึ้นในเวลาใดเวลาหนึ่ง
C	มีความเป็นไปได้น้อยที่จะเกิดอันตรายขึ้นโดยอาจจะเกิดขึ้นในเวลาใดเวลาหนึ่ง
D	มีความเป็นไปได้น้อยมากที่จะเกิดอันตรายขึ้น ไม่ค่อยเกิดขึ้น

สำหรับฟอร์มาลดีไฮด์นั้นจัดอยู่ในระดับความรุนแรงของอันตรายเท่ากับ 1 และมีระดับความเป็นไปได้หรือโอกาสของการเกิดอันตรายเท่ากับ A ดังนั้นอันตรายจากฟอร์มาลดีไฮด์มีลำดับความสำคัญของอันตรายเท่ากับ 1 - A (โอภาส ตั้งกิจถาวร, 2533)