

นิพนธ์ต้นฉบับ

การประเมินการรับสัมผัสและความเสี่ยงสุขภาพจากการรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ในผู้ปฏิบัติงานเตรียมบ่อเลี้ยงลูกกุ้งขาว ฟาร์มเลี้ยงลูกกุ้งขาว

มนต์ชัย บรรจง⁽¹⁾, นันทิกา สุนทรไชยกุล⁽²⁾, ศศิธร ศรีมีชัย⁽²⁾ *

วันที่ได้รับต้นฉบับ: 29 มีนาคม 2566

วันที่ตอบรับการตีพิมพ์: 30 พฤษภาคม 2566

บทคัดย่อ

ฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์รวมทั้งก่อระคายเคืองต่อดวงตา ระบบทางเดินหายใจและผิวหนัง ฟอร์มาลดีไฮด์ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการกำจัดเชื้อก่อโรคสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ผู้ปฏิบัติงานเตรียมบ่อเลี้ยงลูกกุ้งขาวจึงมีโอกาสดำเนินการรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์จากการทำงาน การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการรับสัมผัสและความเสี่ยงสุขภาพจากการรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ทางการหายใจในผู้ปฏิบัติงานเตรียมบ่อเลี้ยงลูกกุ้งขาว พื้นที่ศึกษาฟาร์มเลี้ยงลูกกุ้งขาว 2 แห่ง ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย รวบรวมข้อมูลระหว่างเดือนธันวาคม 2561 ถึง มกราคม 2562 โดยการสอบถามและการตรวจวัดระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์แบบติดตัวบุคคล (Personal air sampling) ที่บริเวณการหายใจ (Breathing zone) ตลอดระยะเวลาทำงานของผู้ปฏิบัติงาน จำนวน 30 คน ตามวิธีมาตรฐาน NIOSH Method 2541 จากนั้นประเมินการรับสัมผัสและความเสี่ยงสุขภาพตามแนวทางของ US EPA ผลการศึกษา พบว่า ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ตลอดระยะเวลาทำงาน มีค่าเฉลี่ย 51.2 mg/m^3 การประเมินความเสี่ยงในการได้รับผลกระทบสุขภาพอื่น ๆ ที่ไม่ใช่มะเร็ง พบความเข้มข้นที่ได้รับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ ($EC_{\text{non-cancer}}$) $305.0 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ และพบว่าผู้ปฏิบัติงานมีความเสี่ยงในการได้รับผลกระทบสุขภาพในลักษณะอื่น ๆ ที่ไม่ใช่มะเร็งที่เพิ่มขึ้น ($HQ = 31.0$) สำหรับการประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง พบความเข้มข้นที่ได้รับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ (EC_{cancer}) $20.6 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง (CR) 26.8×10^{-5} ซึ่งจัดเป็นความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ ดังนั้นจึงควรกำหนดมาตรการควบคุมเชิงป้องกันการรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์เพื่อลดระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพ ด้วยการใช้มาตรการต่าง ๆ เช่น การใช้สารทดแทนฟอร์มาลดีไฮด์ในการรมควันทำความสะอาดอากาศ หรือการลดปริมาณฟอร์มาลีนที่ใช้โดยพิจารณาศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อก่อโรคในกุ้งขาว

คำสำคัญ: ฟอร์มาลดีไฮด์, การประเมินการรับสัมผัส, การประเมินความเสี่ยงสุขภาพ, ฟาร์มเลี้ยงลูกกุ้งขาว

* ผู้รับผิดชอบบทความ

- (1) นักศึกษาหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต
วิชาเอกการจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- (2) คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Original Article

Exposure and Health Risk Assessment of Formaldehyde Exposure Among White Shrimp Pond Preparation Workers in White Shrimp Nursery Farms

Monchai Bunjong⁽¹⁾, Nantika Soonthornchaikul⁽²⁾, Sasithorn Srimeechai^{(2)*}

Received Date: March 29, 2023

Accepted Date: May 30, 2023

Abstract

Formaldehyde is a human carcinogen and can cause eyes, respiratory system, and skin irritation. Formaldehyde has been utilized to eliminate pathogens in aquaculture. White shrimp nursery workers may have long-term health consequences from exposure to formaldehyde in the workplace. This research aimed to assess exposure and health risks of formaldehyde exposure via inhalation among white shrimp ponds preparation workers. Study areas were 2 shrimp farms in Eastern of Thailand. Data were collected during December 2018 to January 2019 by using questionnaires. Personal formaldehyde concentrations were measured at breathing zone level of 30 workers according to NIOSH Method 2541. Health risks of formaldehyde exposure were assessed according to US EPA guidelines. The results showed that the 8-hour time weighted average concentration of formaldehyde was 51.2 mg/m³. For non-cancer risk assessment, Exposure concentration (EC_{non-cancer}) were 305.0 µg/m³ with the Hazard quotient (HQ) of 31.0 indicating an increased risk of non-cancer. For cancer risk assessment, Exposure concentration (EC_{cancer}) were 20.6 µg/m³ and cancer risks (CR) were 26.8x10⁻⁵ which is unacceptable. Therefore, preventive measures against exposure to formaldehyde should be established to reduce the health risks by substituting formalin with the less harmful chemicals during fumigation step or reducing amount of formalin used by considering the appropriate amount that capable of killing pathogens in white shrimps.

Keywords: Formaldehyde, Exposure assessments, Health risk assessment, Shrimp Nursery Farms

* Corresponding author

(1) Master of Public Health Student in

Occupational Health and Safety Management,

Faculty of Public Health, Thammasat University

(2) Faculty of Public Health,

Thammasat University

บทนำ

กัญชาเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย และมีมูลค่าการส่งออกหลายล้านบาทต่อปี ในช่วง 3 ไตรมาสแรกของปี พ.ศ. 2565 พบการผลิตกัญชาสูงถึง 180,763.73 ต้น และมียอดการส่งออก 74,181.08 ต้น คิดเป็นมูลค่า 27,475.88 ล้านบาท ร้อยละ 71.10 ของมูลค่าการส่งออกกัญชาทั้งหมด (พัชรินทร์ ลังกาปอน, 2565) ทั้งนี้ในการเลี้ยงกัญชา มักประสบปัญหาโรคระบาดจากเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในกัญชา ซึ่งพบการติดเชื้อ สูงถึงร้อยละ 38.78 จากจำนวน 245 ฟาร์ม (เจนจิตต์ คงกำเนิด & ญัฐกานต์ สาสิตติ, 2562) ด้วยตระหนักถึงความสำคัญของปัญหา ฟาร์มเลี้ยงลูกกัญชาจึงกำหนดแนวทางการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในกัญชา และได้เพิ่มขั้นตอนการรมควันทำความสะอาดเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในกัญชาที่ปนเปื้อนในอากาศภายในโรงเรือนในการเตรียมบ่อเลี้ยงลูกกัญชา (ฟาร์มเลี้ยงลูกกัญชา, 2558)

การรมควันทำความสะอาดทำได้โดยการผสมฟอร์มาลิน (Formalin Solution) กับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (KMnO_4) ในอัตราส่วน 44 มิลลิลิตร ต่อ 22 กรัม ต่อพื้นที่โรงเรือน 5 ตารางเมตร เพื่อให้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตทำปฏิกิริยาเคมี เป็นตัวออกซิไดซ์ให้เกิดความร้อนและเร่งการระเหยของฟอร์มาลินในรูปของเหลวกลายเป็นก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ (CH_2O) มีลักษณะคล้ายควันขาวกระจายทั่วโรงเรือนเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในกัญชา งานดังกล่าวอาจทำให้ผู้ปฏิบัติงานรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์เข้าสู่ร่างกายทางการหายใจและอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ จากข้อมูลการเข้ารับรักษาในโรงพยาบาลประจำฟาร์ม พ.ศ. 2560 พบผู้ปฏิบัติงานมีอาการระคายเคืองทางเดินหายใจ หายใจไม่ออก แสบดวงตาและผิวหนังอักเสบ สูงถึงร้อยละ 50 จากผู้ปฏิบัติงานทั้งหมด 70 คน และ National Institute for Occupational Safety and Health ได้ระบุอาการเฉียบพลันจากการรับสัมผัสในระยะสั้น ๆ อาจเกิดการระคายเคืองจมูก ลำคอ ไอ และอาการเรื้อรังจากการรับสัมผัสเป็นระยะเวลานานอาจเกิดอาการหายใจมีเสียงหวีด (wheezing) อาการคล้ายหอบหืด และเกิดมะเร็งโพรงจมูก (NIOSH,

2022) ซึ่ง International Agency for Research on Cancer ได้จัดฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ กลุ่มที่ 1 (IARC, 2012) จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องยังไม่พบการศึกษาการประเมินการรับสัมผัสและความเสี่ยงสุขภาพจากการรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ทางการหายใจในผู้ปฏิบัติงานเตรียมบ่อเลี้ยงลูกกัญชา มีเพียงการศึกษาเบื้องต้นถึงความเสี่ยงสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับการใช้ฟอร์มาลินรักษาโรคในปลาในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Wooster et al., 2005; Voorhees & Barnes, 2016) เท่านั้น ส่วนใหญ่การศึกษามุ่งเน้นศึกษาทั้งผลกระทบต่อสุขภาพอื่น ๆ ไม่ใช่มะเร็งและการเกิดมะเร็งจากการสัมผัสกับฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศ ในกลุ่มอาชีพต่างๆ (Soltanpour et al., 2022) เช่น บุคลากรทางการแพทย์ที่รับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์จากการใช้รักษาศพ ฆ่าเชื้อราและแบคทีเรียในโรงพยาบาลและมีความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งเพิ่มขึ้น (Jalali et al., 2021; Kangarlou et al., 2023) และสำหรับในกลุ่มผู้ปฏิบัติงานโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์จากขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ เช่น ประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากการรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ในผู้ปฏิบัติงานอุตสาหกรรมผลิตพรม ซึ่งพบว่ามีความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งสูงกว่าบุคลากรทางการแพทย์ (Khoshakhlagh et al., 2023) จึงมีความจำเป็นในการประเมินการรับสัมผัสและความเสี่ยงสุขภาพเพื่อให้ได้ข้อมูลระดับการรับสัมผัสและระดับความเสี่ยงสุขภาพประกอบการตัดสินใจบริหารจัดการผลกระทบต่อสุขภาพและกำหนดมาตรการให้เกิดความปลอดภัยและสุขภาพที่ดีในการทำงานสำหรับผู้ปฏิบัติงานเตรียมบ่อเลี้ยงลูกกัญชา

วัตถุประสงค์การวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการรับสัมผัสและความเสี่ยงสุขภาพจากการรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ทางการหายใจ ในผู้ปฏิบัติงานเตรียมบ่อเลี้ยงลูกกัญชา ฟาร์มเลี้ยงลูกกัญชา

วิธีดำเนินการวิจัย

• รูปแบบการวิจัย

การศึกษาเชิงสำรวจแบบภาคตัดขวาง เก็บรวบรวมข้อมูลและตรวจวัดระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์แบบติดตัวบุคคล (Personal air sampling) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ. 2562 และนำข้อมูลมาใช้ประเมินการสัมผัสและความเสี่ยงสุขภาพตามแนวทาง US EPA (US EPA, 1989, 2009) โดยการศึกษาได้รับรองจริยธรรมการวิจัยในคน รหัสโครงการที่ 155/2561 จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์

• ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ผู้ปฏิบัติงานที่ทำหน้าที่เลี้ยงลูกกุ้งขาวในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาว 2 แห่ง ในภาคตะวันออกของประเทศไทย ประกอบไปด้วย ฟาร์ม ก จำนวน 31 คน และฟาร์ม ข จำนวน 39 คน รวมจำนวนทั้งหมด 70 คน

กลุ่มตัวอย่าง คำนวณขนาดตัวอย่างด้วยการประมาณค่าสัดส่วนของขนาดประชากร (Daniel, 1995) จากสูตร

$$n = \frac{Np(1-p)z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2}{d^2(N-1)+p(1-p)z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2}$$

ได้จากค่าสัดส่วนการเข้ารักษาของผู้ปฏิบัติงานจากการรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ ร้อยละ 50 ในการเตรียมบ่อเลี้ยงลูกกุ้งขาว โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 95% และความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าความชุกจากการจัดบันทึกการรักษา ร้อยละ 15 ได้จำนวนตัวอย่างเท่ากับ 27 คน และเพื่อป้องกันความผิดพลาดในการเก็บตัวอย่างและรวบรวมข้อมูลจึงเก็บตัวอย่างเพิ่ม ร้อยละ 10 ดังนั้นเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 30 ตัวอย่าง (คน) โดยมีเกณฑ์คัดเข้าคือ (1) ยินยอมเข้าร่วมการศึกษา และ (2) มีประสบการณ์ทำงานเลี้ยงลูกกุ้งขาวอย่างน้อย 1 ปี กำหนดเกณฑ์คัดออก คือ (1) ไม่มาปฏิบัติงานในวันที่เก็บข้อมูล หรือ (2) ลาออกระหว่างการศึกษา

• เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบสอบถาม ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ (1) ข้อมูลส่วนบุคคลทั่วไป ได้แก่ เพศ อายุ อายุงาน น้ำหนักตัว และประวัติการสูบบุหรี่ (2) ข้อมูลทางสุขภาพ ได้สอบถามประวัติโรคประจำตัวของผู้ปฏิบัติงาน และ (3) ข้อมูลการทำงาน ขั้นตอนการเตรียมบ่อเลี้ยงลูกกุ้งขาว ได้แก่ ระยะเวลาการทำงานและความถี่ของการทำงาน โดยแบบสอบถามนี้ได้รับการตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย จำนวน 3 ท่าน และพบว่ามีค่าความสอดคล้องของเนื้อหาและวัตถุประสงค์ (IOC) = 0.66 ซึ่งเมื่อ $IOC \geq 0.5$ หมายความว่าข้อคำถามสามารถนำไปใช้ถามตอบได้ทุกข้อคำถาม

2. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างฟอร์มาลดีไฮด์ในบรรยากาศการทำงาน ได้แก่ บัมบูดอากาศที่ได้รับการสอบเทียบให้มีอัตราการไหลอากาศ 0.1 ลิตรต่อนาที และหลอดดูดซับชนิด XAD-2 ตาม NIOSH Method 2541 (NIOSH, 1994)

• วิธีการศึกษา

1. ผู้วิจัยทำหนังสือถึงฟาร์มเลี้ยงลูกกุ้งขาวทั้ง 2 แห่ง เพื่อขออนุญาตเข้าเก็บตัวอย่างและรวบรวมข้อมูล จากนั้นชี้แจงรายละเอียดการศึกษากับกลุ่มตัวอย่างตลอดจนการตอบข้อซักถามต่าง ๆ ถึงการยินยอมเข้าร่วมการศึกษา

2. เมื่อได้รับการยินยอมจากกลุ่มตัวอย่าง ทำการเลือกตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยการจับฉลากรายชื่อในทะเบียนรวม 70 คนของผู้ปฏิบัติงานทั้ง 2 ฟาร์ม จากนั้นนำแบบสอบถามยื่นให้กลุ่มตัวอย่างกรอกข้อมูลด้วยตนเอง จำนวน 30 คน

3. การเก็บตัวอย่างฟอร์มาลดีไฮด์ในบรรยากาศการทำงาน (Contaminant Concentration in Air, CA) แบบติดตัวบุคคลที่บริเวณการหายใจ (Breathing zone) ตลอดระยะเวลาการเตรียมบ่อเลี้ยงลูกกุ้งขาว โดยเก็บตัวอย่างทั้ง 2 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การรมคว้นทำความสะอาดอากาศ (การรมคว้น) ใช้เวลาประมาณ 30 นาที ดำเนินการเวลา 16:00–16:30 น. ของวันแรก และ (2) การล้างบ่อเลี้ยงลูกกุ้งขาว (การล้างบ่อ) ใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง ดำเนินการ

เวลา 08:00-12:00 น ของวันที่ 2 โดยเก็บตัวอย่างชั้นตอนละ 1 ครั้ง ครั้งละ 30 ตัวอย่าง นำตัวอย่างและ field blanks ไปวิเคราะห์โดยเครื่อง Gas Chromatography ตาม NIOSH Method 2541 (NIOSH, 1994)

4. ประเมินการรับสัมผัสและความเสี่ยงสุขภาพจากการรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ทางการหายใจ ตามแนวทางของ US EPA (US EPA, 1989; 2009) โดยมีขั้นตอนการประเมิน 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) การชี้บ่งความเป็นอันตราย (Hazard Identification) พบว่าฟอร์มาลดีไฮด์ที่ใช้ในขั้นตอนการเตรียมบ่อเลี้ยงลูกกุ้งชาวนั้นเป็นสารที่ก่อมะเร็งในมนุษย์ นอกจากนี้ยังก่ออันตรายอื่น ๆ ที่ไม่ใช่มะเร็ง ได้แก่ ก่อการระคายเคืองทางเดินหายใจ ดวงตาและเยื่อในโพรงจมูก

2) การประเมินขนาดและการตอบสนองต่อสาร (Dose-response assessment) การศึกษาครั้งนี้เลือกใช้ค่าความเข้มข้นอ้างอิงของฟอร์มาลดีไฮด์ (Reference of Concentration, RfC) 0.008 ppm สำหรับประเมินความเสี่ยงสุขภาพในลักษณะการได้ผลกระทบสุขภาพลักษณะอื่น ๆ ที่ไม่ใช่มะเร็ง (ATSDR, 2018) และค่า Inhalation Unit Risk (IUR) $1.3 \times 10^{-5} \mu\text{g}/\text{m}^3$ สำหรับประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง (US EPA, 1995)

3) การประเมินการรับสัมผัส โดยประมาณค่าความเข้มข้นที่ได้รับสัมผัส (Exposure concentration, EC) แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ

(1) ความเข้มข้นที่ได้รับสัมผัสที่จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพในลักษณะอื่น ๆ ที่ไม่ใช่มะเร็ง (Exposure concentration of non-cancer, $EC_{\text{non-cancer}}$) คำนวณจาก $EC_{\text{non-cancer}} = CA \times ET \times EF \times ED / AT$

(2) ความเข้มข้นที่ได้รับสัมผัสที่ส่งผลให้เกิดมะเร็ง (Exposure concentration of cancer, EC_{cancer}) คำนวณจาก $EC_{\text{cancer}} = CA \times ET \times EF \times ED / AT$ โดยพารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณตามรายละเอียดดังตารางที่ 1

4) การอธิบายลักษณะความเสี่ยง (Risk Characterization) แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ (1) ความเสี่ยง

ในการได้รับผลกระทบสุขภาพลักษณะอื่น ๆ ที่ไม่ใช่มะเร็งอธิบายด้วย Hazard Quotient (HQ) = $EC_{\text{non-cancer}} / \text{RfC}$ ($HQ > 1$ มีความเสี่ยงในการได้ผลกระทบสุขภาพอื่น ๆ ที่ไม่ใช่มะเร็งเพิ่มขึ้น) และ (2) ความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง (Cancer Risk, CR) อธิบายด้วย $CR = EC_{\text{cancer}} \times \text{IUR}$ (ค่า CR อยู่ในช่วง 1×10^{-4} - 1×10^{-6} จัดเป็นความเสี่ยงที่ยอมรับได้)

• การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS Statistics Version 23 (ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์) และอธิบายด้วย (1) สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและร้อยละ เพื่ออธิบายข้อมูลส่วนบุคคลทั่วไป ข้อมูลสุขภาพ ลักษณะการทำงานและระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในบรรยากาศการทำงาน และ (2) สถิติเชิงอนุมาน Wilcoxon Signed Ranks Test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของระดับการสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ระหว่างขั้นตอนการรมควันและขั้นตอนการล้างบ่อ

ผลการวิจัย

ผู้ปฏิบัติงานทั้งหมดเป็นเพศชาย มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 64.9 ± 13.1 กิโลกรัม อายุเฉลี่ย 30.5 ± 6.7 ปี อายุงานเฉลี่ย 5.3 ± 5.5 ปี ไม่มีประวัติโรคประจำตัว 29 คน (96.7%) และมีผู้สูบบุหรี่ 15 คน (50.0%) ผู้ปฏิบัติงานทุกคนทำงานวันละ 8 ชั่วโมง สัปดาห์ละ 6-7 วัน และใช้เวลาในพื้นที่บ่อเลี้ยงลูกกุ้งชาวนเฉลี่ย 3.8 ± 0.4 ชั่วโมงต่อวัน ใช้เวลาในขั้นตอนการรมควัน เฉลี่ย 31.1 ± 2.4 นาที และการล้างบ่อ เฉลี่ย 242.0 ± 11.0 นาที รายละเอียดดังตารางที่ 2

ระดับความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอร์มาลดีไฮด์ในบรรยากาศการทำงานตลอดระยะเวลาการเตรียมบ่อเลี้ยงลูกกุ้ง-ชาวน (Time Weighted Average, TWA) ของผู้ปฏิบัติงานเฉลี่ย $51.2 \pm 50.2 \text{ mg}/\text{m}^3$ เมื่อพิจารณาแยกตามขั้นตอนการทำงาน พบว่าขณะรมควัน มีค่าเฉลี่ย $343.9 \pm 366.2 \text{ mg}/\text{m}^3$ และขณะล้างบ่อ มีค่าเฉลี่ย $11.0 \pm 20.7 \text{ mg}/\text{m}^3$ โดยระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในบรรยากาศการทำงานของ

2 ขั้นตอนนี้ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.001$) รายละเอียดดังตารางที่ 3

ความเข้มข้นที่ได้รับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ ($EC_{\text{non-cancer}}$) ของผู้ปฏิบัติงานเตรียมบ่อเลี้ยงลูกกุ้งขาวมีค่า $305.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยพบว่า HQ มีค่า 31.0 หมายความว่าผู้ปฏิบัติงานมีความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นในการได้รับผลกระทบสุขภาพลักษณะอื่นๆ ที่ไม่ใช่มะเร็ง และความเข้มข้นที่ได้รับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ (EC_{cancer}) ของผู้ปฏิบัติงานเตรียมบ่อเลี้ยงลูกกุ้งขาว มีค่า $20.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยพบว่าความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง (CR) มีค่า 26.8×10^{-5} ซึ่งจัดเป็นระดับความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ รายละเอียดดังตารางที่ 3

บทสรุปและอภิปรายผล

ผลการประเมินการรับสัมผัสและความเสี่ยงสุขภาพจากการรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ทางการหายใจ ในผู้ปฏิบัติงานเตรียมบ่อเลี้ยงลูกกุ้งขาว ฟาร์มเลี้ยงลูกกุ้งขาวครั้งนี้ เป็นการศึกษาครั้งแรกในกลุ่มผู้ปฏิบัติงานเตรียมบ่อเลี้ยงลูกกุ้งขาว ซึ่งยังไม่มีการศึกษามาก่อน จึงนับเป็นการศึกษาที่นำไปสู่การอธิบายความเสี่ยงสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นและก่อปัญหาทางานอาชีพอนามัยและความปลอดภัยในอุตสาหกรรมเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จากการทบทวนวรรณกรรมพบเพียงการศึกษาระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในการบำบัดโรคปลา (Wooster et al., 2005) และไขปลา (Voorhees & Barnes, 2016) จึงอภิปรายผลการศึกษาเปรียบเทียบกับการศึกษาในกลุ่มผู้ประกอบการอาชีพหรือลักษณะงานอื่นๆ ที่มีการรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์

ระดับความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอร์มาลดีไฮด์ในบรรยากาศการทำงาน ขั้นตอนรมควัน $343.9 \pm 366.2 \text{ mg}/\text{m}^3$ และขั้นตอนการล้างบ่อ $11.0 \pm 20.7 \text{ mg}/\text{m}^3$ ในการศึกษาครั้งนี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.001$) สอดคล้องกับลักษณะการใช้ฟอร์มาลีน ที่มีการใช้เฉพาะรมควันเท่านั้น ถึงแม้ว่าระยะเวลาการรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ในขั้นตอนการล้างบ่อจะนานกว่าขั้นตอนการรมควัน แต่กลับพบว่าระดับความเข้มข้นของ

ฟอร์มาลดีไฮด์ในการรมควันมีค่าเป็น 31.3 เท่าของขั้นตอนการล้างบ่อ ซึ่งระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์นี้เป็นตัวกำหนดค่าความเข้มข้นที่ได้รับสัมผัสที่เพิ่มขึ้นและความเสี่ยงสุขภาพที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน และการศึกษาไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบระดับความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอร์มาลดีไฮด์ในการศึกษาของ Wooster et al. (2005) และ Voorhees & Barnes (2016) จากวัตถุประสงค์การศึกษาและลักษณะงานที่มีวิธีการนำฟอร์มาลีนไปใช้งาน และวิธีการตรวจวัดต่างกัน

ความเข้มข้นที่ได้รับสัมผัส ($EC_{\text{non-cancer}}$) สำหรับการได้รับผลกระทบต่อสุขภาพอื่นๆ ที่ไม่ใช่มะเร็ง ขั้นตอนการเตรียมบ่อเลี้ยงลูกกุ้งขาว มีค่า $305.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และระดับความเสี่ยงในการได้รับผลกระทบต่อสุขภาพอื่นๆ ที่ไม่ใช่มะเร็ง (HQ) 31.0 มีค่าสูงกว่าการศึกษาในกลุ่มบุคลากรทางการแพทย์ที่ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ $EC_{\text{non-cancer}}$ มีค่า $0.07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($HQ=0.03$) (Kangarlou et al., 2023) แต่กลับพบว่ามีความต่ำกว่าการศึกษาของ Mahdi Jalali ในกลุ่มอาชีพเดียวกัน $EC_{\text{non-cancer}}$ มีค่า $0.64 \text{ mg}/\text{m}^3$ ($HQ=178.49$) (Jalali et al., 2021) ซึ่งมีความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิดอาการหายใจมีเสียงหวีด แสบตาและไอ และความเข้มข้นที่ได้รับสัมผัส (EC_{cancer}) สำหรับประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งขั้นตอนการเตรียมบ่อเลี้ยงลูกกุ้งขาว มีค่า $20.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง (CR) มีค่า 26.8×10^{-5} สูงกว่าการศึกษาในเจ้าหน้าที่โรงพิมพ์ EC_{cancer} มีค่า $0.10\text{--}2.66 \mu\text{g}/\text{m}^3$, CR มีค่า $1.35 \times 10^{-6}\text{--}3.45 \times 10^{-6}$ (Su et al., 2018), ในกลุ่มเจ้าหน้าที่ผ้าและรักษาศพในโรงพยาบาลรัฐ CR มีค่า 1.97×10^{-4} (ทัศนพงษ์ ตันติปัญญพร และคณะ, 2561) แต่การศึกษานี้มีค่าต่ำกว่าการศึกษาในกลุ่มผู้ปฏิบัติงานผลิตพรมที่รับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์จากไอระเหยของสารที่มีส่วนผสมในกาวติดพรม EC_{cancer} มีค่า $0.636 \text{ mg}/\text{m}^3$, CR มีค่า 4.06×10^{-4} (Khoshakhlagh et al., 2023) และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการพยาธิวิทยา CR มีค่า 4.44×10^{-4} (Jalali et al., 2021) ซึ่งพบว่าการรับสัมผัสและความเสี่ยงสุขภาพจากการรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ทางการหายใจในกลุ่มผู้ประกอบการอาชีพอื่นๆ

แสดงถึงความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งที่ยอมรับไม่ได้ เช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาที่มีค่าแตกต่างกัน อาจขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดของสาร ลักษณะงาน ระยะเวลา การรับสัมผัสสาร วิธีการเก็บตัวอย่างอากาศ การวิเคราะห์ ข้อมูล การเลือกใช้ค่าอ้างอิงในการประเมินการรับสัมผัสและความเสี่ยงสุขภาพจากรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ทางการหายใจที่แตกต่างกัน

การปฏิบัติงานเตรียมบ่อเลี้ยงลูกกุ้งขาวก่อให้เกิดความเสี่ยงสุขภาพจากการรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ ทั้งในลักษณะที่ไม่ใช่มะเร็งและการเกิดมะเร็ง หากได้รับสัมผัสต่อเนื่องระยะยาว และเพิกเฉยต่อการป้องกันแก้ไข อาจเกิดมะเร็งโพรงจมูก และไซนัส (paranasal) เนื่องจากฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ กลุ่มที่ 1 ดังนั้น ผลจากการศึกษาครั้งนี้ได้บ่งชี้และเน้นย้ำถึงความจำเป็นในการควบคุมจัดการ ความเสี่ยงต่อสุขภาพด้วยมาตรการต่างๆ เพื่อผู้ปฏิบัติงานสามารถทำงานได้อย่างปลอดภัยและมีสุขภาพที่ดี โดยการ กำหนดแนวทางลดระดับการรับสัมผัส และป้องกันอันตราย

เอกสารอ้างอิง

- เจนจิตต์ คงกำเนิด, & ญัฐกานต์ สาสิติต. (2562). การตรวจคัดกรองเชื้อก่อโรคในฟาร์มเพาะพันธุ์และอนุบาลกุ้งทะเลของประเทศไทย [ฉบับออนไลน์]. วารสารการประมงอิเล็กทรอนิกส์, 2(2), 23-48.
- ทัศนพงษ์ ตันติปัญจพร, วรกมล บุญโยธิน, & วันทนีย์ พันธุ์ประสิทธิ์. (2561). การประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งจากการรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ทางการหายใจของเจ้าหน้าที่ผ้าและรักษาศพ. เวชสารแพทย์ทหารบก, 71(1), 39-49.
- พัชรินทร์ ลังกาปอน. (2565). สถานการณ์สินค้ากุ้งทะเลและผลิตภัณฑ์ ในช่วง 9 เดือนแรก ปี 2565. กรุงเทพฯ: กลุ่มเศรษฐกิจการประมง กองนโยบายและแผนพัฒนาการประมง กรมประมง.
- ฟาร์มเลี้ยงลูกกุ้งขาว. (2558). บันทึกแนวทางการจัดการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์: วันที่ 21 สิงหาคม 2558 ของบริษัทฟาร์มเลี้ยงลูกกุ้งขาว. [ม.ป.ท.: ม.ป.พ.]. (เอกสารอัดสำเนา)
- ATSDR. (2018). **Minimal Risk Levels**. Retrieved April 2018, from <http://www.atsdr.cdc.gov/minimalrisklevels/index.html>
- Daniel, W. W. (1995). **Biostatistics: a foundation for analysis in the health sciences** (6th ed.). New York: John Wiley and Sons.
- IARC. (2012). **IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans**. Retrieved October 9, 2022, from <http://monographs.iarc.fr/ENG/News/index.php>
- Jalali, M., Moghadam, S. R., Baziar, M., Hesam, G., Moradpour, Z., & Zakeri, H. R. (2021). Occupational exposure to formaldehyde, lifetime cancer probability, and hazard quotient in pathology lab employees in Iran: A quantitative risk assessment. **Environmental Science and Pollution Research**, 28, 1878-1888.
- Kangarlou, M. B., Fatemi, F., Dehdashti, A., Iravani, H., & Saleh, E. (2023). Occupational health risk assessment of airborne formaldehyde in medical laboratories. **Environmental Science and Pollution Research**, 1-10.

ให้กับผู้ปฏิบัติงานโดยเร่งด่วน ด้วยการลดระยะเวลาการรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ในการรมควันไม่เกิน 15 นาที การกำหนดเส้นทางการผสมสาร ปรับเวลาการเข้าล้างบ่อในวันที่สองห่าง 24 ชั่วโมง หาสารทดแทนฟอร์มาลีน การลดปริมาณสารที่ใช้ หรือการใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล

ข้อเสนอแนะหรือการนำไปใช้ประโยชน์

ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมปัจจัยต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กับระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ และผลกระทบต่อสุขภาพทางกายจากการรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์แบบเฉียบพลัน ด้วยวิธีการสัมภาษณ์หรือใช้แบบสอบถาม

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ เป็นผลงานวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัย ประเภททุนวิจัยทั่วไปสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ตามสัญญาเลขที่ TUGG 54/2562

- Khoshakhlagh, A. H., Chuang, K. J. & Kumar, P. (2023). Health risk assessment of exposure to ambient formaldehyde in carpet manufacturing industries. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 16386–16397
- NIOSH. (1994). *NIOSH manual of analytical methods, method listing: Formaldehyde by GC 2541, Issue 2*. Retrieved October 1, 2020, from <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/default.html>
- NIOSH. (2022). *NIOSH pocket guide to chemical hazards: Formalin (as formaldehyde)*. Retrieved February 16, 2022, from <https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0294.html>
- Soltanpour, Z., Mohammadian, Y., & Fakhri, Y. (2022). The exposure to formaldehyde in industries and health care centers: A systematic review and probabilistic health risk assessment. *Environmental research*, 204(Pt B), 112094.
- Su, M., Sun, R., Zhang, X., Wang, S., Zhang, P., Yuan, Z., et al. (2018). Assessment of the inhalation risks associated with working in printing rooms: a study on the staff of eight printing rooms in Beijing, China. *Environmental Science and Pollution Research International*, 25(17), 17137–17143.
- US EPA. (1989). *Risk assessment guidance for superfund. Volume I: Human health evaluation manual (Part A)*. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency.
- US EPA. (1995). *Integrated risk information system (IRIS) chemical assessment summary: Formaldehyde*. Retrieved March 16, 2018, from https://iris.epa.gov/ChemicalLanding/&substance_nmbr=419
- US EPA. (2009). *Risk assessment guidance for superfund: Volume I: Human health evaluation manual (Part F, Supplemental guidance for inhalation risk assessment)*. Washington, DC: US Environmental Protection Agency.
- Voorhees, J. M., & Barnes, M. E. (2016). Airborne Formaldehyde Levels During Simulated Formalin Egg Treatments in Vertical-Flow Tray Incubators at a Production Fish Hatchery. *Journal of Agricultural Safety and Health*, 22(3), 199–207.
- Wooster, G., Martinez, C., Bowser, P., & O'Hara, D. (2005). Human health risks associated with formalin treatments used in aquaculture: Initial study. *North American Journal of Aquaculture*, 67, 111-113.

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการประเมินการรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ทางการหายใจในขั้นตอนการเตรียมบ่อเลี้ยงลูกกุ้งขาว

พารามิเตอร์ประเมินการรับสัมผัส	หน่วย	งานรมควีน	งานล้างบ่อ	แหล่งข้อมูล
ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ (CA)	mg/m ³	343.9±366.2	11.0±20.7	การตรวจวัด CA
ระยะเวลาการรับสัมผัส (Exposure Time, ET) *	นาที	31.1±2.4	242.0±11.0	แบบสอบถาม
ความถี่ของการรับสัมผัส (Exposure Frequency, EF)	วัน/ปี	12	12	แบบสอบถาม
จำนวนปีที่รับสัมผัส (Exposure duration, ED)	ปี	5.3±5.5	5.3±5.5	แบบสอบถาม
ระยะเวลาการรับสัมผัสสารที่ไม่ใช่เมะเร็ง (Averaging Time, AT)	ปี	5.3±5.5	5.3±5.5	- ED
ระยะเวลาการรับสัมผัสสารก่อมะเร็ง (Averaging Time, AT)**	ปี	78	78	- อายุขัยเฉลี่ย x ปี

* Conversion Factor (1 ปี/ 8760 ชม. = 1 ปี/ 525,600 นาที)

** การรับสัมผัสสารก่อมะเร็ง อ้างอิงอายุขัยสำหรับการเกิดมะเร็งตลอดชีวิต (Lifetime) 78 ปี จาก EPA's Exposure Factors Handbook Edition 2011: Chapter18. Lifetime

ตารางที่ 2 ข้อมูลส่วนบุคคลทั่วไป ลักษณะการทำงานและข้อมูลสุขภาพของของผู้ปฏิบัติงาน (จำนวน 30 คน)

ข้อมูลส่วนบุคคล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
น้ำหนัก (กิโลกรัม); $\bar{X}$ =64.9, S.D.=13.1, Min-Max=46-95		
<61	12	40.0
61-70	8	26.7
>70	10	33.3
อายุ (ปี); $\bar{X}$ =30.5, S.D.=6.7, Min-Max=19-41		
<26	11	36.7
26-35	9	30.0
>35	10	33.3
อายุงาน (ปี) $\bar{X}$ =5.3, S.D.= 5.5, Min-Max=1-17		
<2	17	56.7
2-10	5	16.7
>10	8	26.7
ประวัติโรคประจำตัว		
ไม่มีประวัติโรคประจำตัว	29	96.7
ภูมิแพ้ฝุ่นละออง	1	3.3
ประวัติการสูบบุหรี่		
ไม่สูบบุหรี่	15	50.0
สูบบุหรี่	15	50.0
จำนวนวันทำงานต่อสัปดาห์ (วัน); $\bar{X}$ =6.1, S.D.=0.3, Min-Max=6.0-7.0		
6	28	93.3
7	2	3.7
ใช้เวลาในพื้นที่บ่อเลี้ยงลูกกุ้งขาว (ชั่วโมงต่อวัน); $\bar{X}$ =3.8, S.D.=0.4, Min-Max=3.0-4.0		
3	7	23.3
4	23	76.7
ระยะเวลาในขั้นตอนการเตรียมบ่อเลี้ยงลูกกุ้งขาว (นาที)		
ระยะเวลาที่ใช้การรมควัน (นาที); $\bar{X}$ =31.1, S.D.=2.4, Min-Max=6.0-35.0		
ระยะเวลาที่ใช้การล้างบ่อ (นาที); $\bar{X}$ =242.0, S.D.=11.0, Min-Max=240.0-300.0		

ตารางที่ 3 ระดับความเข้มข้น ระดับการรับสัมผัสและระดับความเสี่ยงสุขภาพจากการรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ ในขั้นตอนการเตรียมบ่อเลี้ยงลูกกุ้งขาว

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	ระดับความเข้มข้นของ		ระดับการรับสัมผัส		ระดับความเสี่ยงสุขภาพ	
	ฟอร์มาลดีไฮด์ (mg/m ³)		ฟอร์มาลดีไฮด์ (EC, µg/m ³)			
	Min-Max	$\bar{X} \pm SD$	EC _{non-cancer}	EC _{cancer}	HQ	CR
การเตรียมบ่อเลี้ยงลูกกุ้งขาว	1.1-171.2	51.2±50.2	305.0	20.6	31.0	26.8×10 ⁻⁵
การรมควัน	0.2-1071.5	343.9±366.2	243.9	16.5	24.8	21.4×10 ⁻⁵
การล้างบ่อ	0.4-92.0	11.0±20.7	61.0	4.1	6.2	5.7×10 ⁻⁵
Wilcoxon Signed Ranks Test		p-value <0.001				