

Research article

อาการทางสุขภาพจากการรับสัมผัสสารเบนซีนในความเข้มข้นระดับต่ำ  
ในกลุ่มผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่สถานีให้บริการน้ำมันเชื้อเพลิง จังหวัดระยอง  
Health symptoms from exposure to low benzene concentration  
in workers at gasoline station area, Rayong province

ณาน ปัทมะ พलयง<sup>1</sup> และอนามัย เทศกะทีก<sup>2\*</sup>  
Chan Pattama Polyong<sup>1</sup> and Anamai Thetkathuek<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

<sup>1</sup>Occupational Health and Safety Program, Faculty of Science and Technology, Bansom-dejchaopraya Rajabhat University, Bangkok, Thailand

<sup>2</sup>ภาควิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

<sup>2</sup>Industrial Hygiene and Safety Department,

Faculty of Public Health, Burapha University, Chonburi, Thailand

\*Corresponding author, e-mail : anamai@buu.ac.th

Received :22 May 2022; Revised : 30 September 2023; Accepted : 2 October 2023

บทคัดย่อ

**บทนำ:** ผู้ประกอบอาชีพในสถานีเติมน้ำมันเชื้อเพลิงมีโอกาสรับสัมผัสสารเบนซีนและเกิดผลกระทบต่อสุขภาพได้ อย่างไรก็ตามการรับสัมผัสสารเบนซีนในความเข้มข้นระดับต่ำยังมีข้อมูลผลกระทบต่ออาการสุขภาพไม่ชัดเจน

**วัตถุประสงค์:** เพื่อศึกษาอาการทางสุขภาพจากการรับสัมผัสสารเบนซีนในความเข้มข้นระดับต่ำของผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่สถานีให้บริการน้ำมันเชื้อเพลิง ในจังหวัดระยอง

**วิธีการศึกษา:** การศึกษารูปแบบภาคตัดขวาง โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ประกอบอาชีพในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง จำนวน 108 คน ปฏิบัติงานใน 5 สถานี ฯ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสัมภาษณ์อาการทางสุขภาพใน 4 ระบบ ได้แก่ ระบบทางเดินหายใจ ระบบประสาท ระบบผิวหนัง และระบบสายตา จำนวน 13 อาการ และเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณกรดมิวโคนิค

**ผลการศึกษา:** พนักงานมีค่ามัธยฐานของกรดมิวโคนิค เท่ากับ 169.56 µg/g Cr (พิสัยควอไทล์ เท่ากับ 256.81 µg/g Cr) สำหรับอาการสุขภาพ พบอาการ 3 อันดับแรก ได้แก่ ปวดศีรษะ เวียนศีรษะ และหายใจมีเสียงหวีด ร้อยละ 42.6 37.0 และ 25.9 ตามลำดับ ผลจากการเปรียบเทียบ พบว่ากลุ่มที่เกิดอาการผิดปกติ จัดอยู่กลุ่มที่มีปริมาณกรดมิวโคนิคมากกว่ากลุ่มที่ไม่เกิดอาการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ได้แก่ ปวดศีรษะ เวียนศีรษะ หายใจมีเสียงหวีด มองภาพไม่ชัด ไขมันในเลือดสูง เหนื่อยง่าย หายใจลำบาก คลื่นไส้ และผื่นแดงที่ผิวหนัง ผลการทดสอบความสัมพันธ์พบปริมาณกรดมิวโคนิคมีความสัมพันธ์กับจำนวนอาการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ( $R^2 = 0.251$ )

**บทสรุป:** การรับสัมผัสสารเบนซีนมีความสัมพันธ์ต่อการเกิดอาการผิดปกติของผู้ประกอบอาชีพ จำนวน 9 อาการ สามารถนำอาการผิดปกติดังกล่าวมาเป็นข้อบ่งชี้ในการคัดกรองการรับสัมผัสสารเบนซีนได้ โดยผู้ประกอบอาชีพสังเกตได้ด้วยตนเอง การศึกษาวิจัยเพิ่มเติมควรดำเนินการเพื่อพัฒนาแบบสอบถามคัดกรองมาตรฐานสำหรับกลุ่มผู้ปฏิบัติงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง

**คำสำคัญ:** อาการทางสุขภาพ สารเบนซีน สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง จังหวัดระยอง

## Abstract

**Background:** People who work at gasoline stations are likely to be exposed to benzene and health effects. However, exposure to low benzene concentrations has unclear health symptom effects **Objective:** To determine the health effects from exposure to low benzene concentrations in workers at gasoline stations, Rayong Province.

**Methods:** The cross-sectional design using sample consisted of 108 subjects from five gasoline stations. Interview questions were used to gather information about 13 symptoms of fore body systems, the respiratory, nervous, skin, and eye system. Trans, trans-muconic acid (t,t-MA) levels were analyzed by high performance liquid chromatography.

**Result:** Found that the median of t, t-MA for workers was 169.56 µg/g Cr (Interquartile range was 256.81 µg/g Cr). The top three health symptoms were headache, dizziness, and wheezing, accounting for 42.6, 37.0, and 25.9 percent of all symptoms, respectively. The comparison revealed that the abnormal symptoms group had significantly higher t, t-MA levels than the non-symptoms group ( $p < 0.05$ ), which included headaches, dizziness, wheezing, blurred vision, mucus-producing cough, fatigue easily, difficulty breathing, nausea, and skin rash. Correlation tests revealed a significant relationship between the t,t-MA and the number of abnormal symptoms ( $p < 0.05$ ) ( $R^2 = 0.251$ ). Conclusion: Nine abnormal symptoms were associated with benzene exposure. Such abnormal symptoms may be interpreted as an indication of self-observed health screening for benzene exposure. Additional studies should could be conducted to aid in the development of questionnaire-based standard screenings for those with low-level benzene exposure groups.

**Keywords:** Health Symptoms, Benzene, Gasoline Stations, Rayong Province

## บทนำ (Introduction)

สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นกลไกขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศไทย ซึ่งพนักงานบริการเติมน้ำมันเชื้อเพลิงถือเป็นองค์ประกอบด้านทรัพยากรบุคคลที่สำคัญของธุรกิจด้านนี้ ดังนั้นจึงควรตระหนักถึงการดูแลสุขภาพของพนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง เนื่องจากสถานีเป็นแหล่งกำเนิดสิ่งคุกคามด้านสารเคมีที่สำคัญ โดยเฉพาะการปลดปล่อยสารเบนซีน (Benzene) ทั้งจากหัวจ่ายน้ำมัน<sup>1</sup> และจากยานพาหนะ<sup>2</sup> ออกสู่บรรยากาศในการทำงานได้<sup>3</sup> ซึ่งสารเบนซีนจากการเครื่องยนต์บริเวณการจราจรพบปริมาณสูงเมื่อเทียบกับบริเวณพื้นที่ทั่วไปและในอาคาร (Ambient air and indoors)<sup>4</sup> ดังนั้นผู้ที่ปฏิบัติงานใกล้ชิดกับแหล่งกำเนิดจึงมีโอกาสเกิดพิษจากสารเบนซีนได้ เนื่องจากมีการรับสัมผัสไอระเหยสารเบนซีนเข้าสู่ร่างกาย โดยเฉพาะทางลมหายใจมากที่สุด<sup>5,6</sup> หลังจากนั้นสารเบนซีนเกิดการกระจายตัวอย่างรวดเร็วในระบบเลือด ส่งผ่านให้เกิดการย่อยสลายที่ตับเป็นหลักด้วยโครโมโซมพี 450 ชนิด 2 อี1 (Cytochrome P450-2E1) และเกิดออกซิเดชัน (Oxidation) เป็นสารเมแทบอลิต์ (Metabolite) โครงสร้างใหม่ เช่น ฟีนอล (Phenol) แคทีคอล (Catechol) ไฮโดรควิโนน (Hydroquinone) และกรดมิวโคนิก t,t-muconic acid: t,t-MA)<sup>7</sup> เป็นต้น เพื่อละลายในน้ำและขับออกทางปัสสาวะ<sup>8</sup>

การประเมินการรับสัมผัส (Biomarker of exposure) สารเบนซีนจึงเป็นเครื่องมือที่มีศักยภาพในการเฝ้าระวังสุขภาพเชิงป้องกันที่เหมาะสม โดยการเฝ้าระวังที่ตัวผู้ประกอบอาชีพสามารถใช้รูปแบบติดตามทางชีวภาพ (Biological monitoring) ได้ในประเทศไทยได้ให้ความสำคัญโดยประกาศเป็นกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานการตรวจสุขภาพลูกจ้างซึ่งทำงานเกี่ยวกับปัจจัยเสี่ยง<sup>9</sup> ทั้งนี้สมาคมนักสรีรศาสตร์อุตสาหกรรมแห่งอเมริกา (American Conference of Governmental Industrial : ACGIH) แนะนำว่าผู้รับสัมผัสสารเบนซีนต้องได้รับการประเมินการรับสัมผัสหลายชนิด โดย ACGIH ได้แนะนำการประเมินตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของสารเบนซีนในรูปของกรดมิวโคนิก และกรดเพนนิวเมอร์แคปซุริก (S-phenylmercapturic acid : S-PMA)<sup>10</sup> สำหรับประเทศไทยได้มีการสำรวจความสามารถของห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของสารเคมี พบห้องปฏิบัติการที่สามารถวิเคราะห์ได้เอง และบริการแก่งานภายนอกหรือ

บุคคลทั่วไป จำนวน 7 แห่ง โดยสามารถตรวจกรดเพนนิวเมอร์แคปพริกและกรดมิวโคนิกได้จำนวน 2 และ 7 แห่ง ตามลำดับ ซึ่งห้องปฏิบัติการที่ตรวจตัวบ่งชี้ของกรดมิวโคนิกอยู่ในพื้นที่ภาคตะวันออกซึ่งเป็นพื้นที่วิจัย จำนวน 2 แห่ง<sup>11</sup> โดยคุณภาพการเก็บรักษาและระยะเวลาในการขนส่งมีผลต่อผลการตรวจวัดได้ ในครั้งนี้จึงได้เลือกใช้กรดมิวโคนิกเป็นสารเมแทบอลิต์ของสารเบนซินที่ผ่านมามีการนำกรดมิวโคนิกไปใช้ในการประเมินการสัมผัส เช่น การศึกษาในประเทศบราซิล พบว่าพนักงานเติมน้ำมันและพนักงานในร้านสะดวกซื้อ มีปริมาณกรดมิวโคนิกไม่แตกต่างกัน<sup>5</sup> นั้นแสดงถึงผู้ที่ปฏิบัติงานในพื้นที่สถานที่มีโอกาสเสี่ยงต่อการสัมผัสสารเบนซินใกล้เคียงกัน ไม่เพียงแต่ผู้ที่ทำหน้าที่การเติมน้ำมันเท่านั้น หากมีการสัมผัสอย่างต่อเนื่องอาจเกิดผลกระทบต่อสุขภาพได้<sup>12</sup>

ปัจจัยรบกวนที่อาจมีผลต่อตัวบ่งชี้ด้วยกรดมิวโคนิกโดยเฉพาะปัจจัยรบกวนผลวิเคราะห์ในรูปสารเมแทบอลิต์ของสารเบนซิน เช่น กรดซอร์บิก (Sorbic acid) ที่ผสมเพื่อถนอมอาหาร การสูบบุหรี่ และการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์ เป็นต้น ทั้งนี้มีการศึกษาพบการรับประทานอาหารที่มีส่วนผสมของสารกันบูดมีความสัมพันธ์กับกรดมิวโคนิกในปัสสาวะ<sup>13</sup> นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าสารเบนซินสามารถเกิดขึ้นได้จากการสูบบุหรี่โดยเกิดจากการเผาไหม้<sup>6</sup> ดังนั้นบุคคลที่สูบบุหรี่อาจมีการสัมผัสสารจากพฤติกรรมสุขภาพของตนเอง และการดื่มแอลกอฮอล์มีผลให้เกิดการอักเสบของตับ ซึ่งกระบวนการเมแทบอลิต์สารเบนซินมีความจำเป็นต้องใช้กระบวนการย่อยสลายที่ตับส่งผลให้บุคคลที่ตับผิดปกติอาจมีการย่อยสลายได้ช้าลง<sup>7</sup> ดังนั้นปัจจัยเหล่านี้จึงต้องพิจารณาร่วมด้วย

การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ (Biomarker of effects) จากสารเบนซินสามารถประเมินได้หลายระดับทั้งพิษที่เกิดขึ้นแบบเฉียบพลันและเรื้อรัง ในผลกระทบแบบเฉียบพลันเกิดขึ้นได้ทันทีหลังผู้ประกอบอาชีพรับสัมผัส เช่น อาการทางระบบประสาท<sup>14</sup> อดีตเคยมีการศึกษาของ Werder et al.<sup>15</sup> พบผู้ที่รับสัมผัสสารเบนซินมีอาการทางระบบประสาทมากที่สุด ได้แก่ ปวดศีรษะ และเวียนศีรษะ นอกจากนี้ยังพบรายงานกล่าวถึงอาการระบบทางเดินหายใจ<sup>16</sup> ระบบผิวหนัง และการมองเห็น<sup>17</sup> และเกิดความเสียหายของ DNA<sup>18</sup> เป็นต้น ในสำหรับผลกระทบระยะเรื้อรังสารเบนซินได้ส่งผลกระทบต่อระบบเลือดเกิดความเป็นพิษก่อกำเนิดการทำงานของไขกระดูก<sup>19</sup> รบกวนการสร้าง

เม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และเกล็ดเลือดจนมีปริมาณลดลง<sup>20</sup> เป็นสารก่อมะเร็งเม็ดเลือดขาว<sup>19</sup> และมะเร็งต่อมน้ำเหลืองได้<sup>21</sup>

การเฝ้าระวังสุขภาพด้วยการประเมินอาการทางสุขภาพในผู้ที่รับสัมผัสสารเบนซิน เป็นแนวทางการป้องกันการเกิดพิษของสารเบนซินได้ตั้งแต่ในระยะเริ่มแรกและง่ายต่อการประเมินด้วยตัวเอง ทั้งนี้จากการทบทวนวรรณกรรมพบอาการหลากหลายในระบบต่าง ๆ ของร่างกาย<sup>6,14,16</sup> ที่ผ่านมามีผลการศึกษาพบอาการชัดเจนในกลุ่มที่รับสัมผัสสารเบนซินระดับสูง<sup>22</sup> หรือพนักงานในภาคอุตสาหกรรม<sup>23</sup> ในทางตรงกันข้ามอาการทางสุขภาพจากการสัมผัสสารเบนซินในระดับต่ำ (< 1 ส่วนในล้านส่วน : Part per million, ppm) จากการทำงาน ยังมีผลการศึกษาที่ขัดแย้งกัน<sup>5,6,24</sup> ที่ผ่านมามีการศึกษาการสัมผัสสารเบนซินในอากาศแบบติดตัวบุคคล ในพนักงานจุดบริการเติมน้ำมันเชื้อเพลิง จำนวน 137 ตัวอย่างพบค่าสารเบนซินเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) เท่ากับ 0.031(0.022) ส่วนในล้านส่วน<sup>25</sup> ทั้งนี้ยังพบการศึกษาจำนวนน้อยที่ได้ศึกษาเฝ้าระวังสุขภาพในกลุ่มผู้ประกอบการอาชีพต่าง ๆ ที่ปฏิบัติงานอยู่ในสถานบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งส่วนใหญ่ศึกษาเฉพาะกลุ่มตัวอย่างที่ปฏิบัติงานเติมน้ำมันและพนักงานเก็บเงิน<sup>6,12,24</sup> อีกทั้งผลการศึกษาของ Geraldino et al.<sup>5</sup> ได้กล่าวถึงกลุ่มผู้ที่ทำงานในร้านสะดวกซื้อในพื้นที่สถานเติมน้ำมันมีการสัมผัสสารเบนซินไม่แตกต่างกันกับกลุ่มที่ทำหน้าที่ในการเติมน้ำมัน ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอาการทางสุขภาพจากการสัมผัสสารเบนซินในความเข้มข้นระดับต่ำของผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่สถานให้บริการน้ำมันเชื้อเพลิง ในจังหวัดระยอง เพื่อต้องการบ่งชี้ถึงอาการทางสุขภาพที่เกิดจากการสัมผัสสารเบนซินระดับต่ำ และเป็นแนวทางในการพิจารณาอาการที่สำคัญนำไปสู่การสร้างแบบประเมินหรือใช้คัดกรองที่เหมาะสมกับกลุ่มผู้ประกอบการในพื้นที่สถานบริการน้ำมันเชื้อเพลิงต่อไป

## วิธีการศึกษา (Method)

### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ผู้ประกอบการอาชีพในพื้นที่ให้บริการน้ำมันเชื้อเพลิงไม่มีสถิติรายงานไว้แน่ชัด สำหรับกลุ่มตัวอย่างได้จากการคำนวณโดยการประมาณค่าสัดส่วนประชากรกรณีประชากรมีขนาดเล็ก อ้างอิงการคำนวณจากการศึกษาของ Chaiklieng et al.<sup>12</sup> คำนวณด้วยสูตรและแทนค่า ดังนี้

$$n = \frac{658 \times 1.96^2 \times 0.919(1 - 0.919)}{(0.05^2 (658 - 1)) + (1.96^2 \times 0.919(1 - 0.919))} = 97.57$$

คำนวณได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 98 คน ทั้งนี้ได้เก็บเพิ่มเพื่อป้องกันการสูญหายของข้อมูล ร้อยละ 10 ดังนั้นได้รวบรวมกับกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 108 คน ใช้วิธีการสุ่มแบบยกลกลุ่มสถาน (Cluster sampling) จนกว่าจะครบตามจำนวน เพราะลักษณะการทำงานในแต่ละสถานมีความคล้ายคลึงกัน ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ได้เก็บตัวอย่างในสถานบริการน้ำมันเชื้อเพลิงจำนวน 5 สถานี เขตอำเภอเมือง จังหวัดระยอง โดยกลุ่มตัวอย่างได้กำหนดให้กระจายเท่ากันระหว่างกลุ่มที่ปฏิบัติงานที่จุดจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง และกลุ่มผู้ที่ปฏิบัติงานภายในอาคารโดยรอบจุดจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง (อยู่ในพื้นที่สถานบริการน้ำมันเชื้อเพลิง) กลุ่มละ 54 คน

เกณฑ์คัดเข้า ต้องเป็นผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่สถานบริการเป็นงานหลัก ได้แก่ พนักงานเติมน้ำมัน พนักงานเก็บเงิน ร้านค้าขายอาหาร ร้านสะดวกซื้อ ร้านกาแฟ และสำนักงาน มีระยะเวลาทำงานมานานมากกว่า 3 เดือน และยินยอมเข้าร่วมโครงการด้วยความสมัครใจ สำหรับเกณฑ์คัดออก ได้แก่ มีอาการเจ็บป่วยในวันที่เก็บตัวอย่าง หรืออาการกำเริบจากโรคประจำตัวเดิม เช่น ภูมิแพ้ หอบหืด เป็นต้น ขาดงานในวันที่เก็บรวบรวมข้อมูล และกลุ่มตัวอย่างต้องไม่อยู่ระหว่างการรักษาตัวที่มีผลต่อการเมแทบอลิซึมและขับออกของสารเคมี เช่น โรคตับ และโรคไต สำหรับตัวแปรกวนอื่น ๆ ผู้วิจัยได้ชี้แจงกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อให้หลีกเลี่ยงการสัมผัส เช่น การรับประทานอาหารที่สารปนเปื้อนอาหาร การสูบบุหรี่ และการดื่มแอลกอฮอล์อย่างน้อย 2 วันก่อนวันเก็บตัวอย่าง อย่างไรก็ตามผู้วิจัยได้สัมภาษณ์และบันทึกข้อมูลตัวแปรเหล่านี้ด้วย เพื่อวิเคราะห์ยืนยันว่าเป็นตัวแปรรบกวนหรือไม่ ก่อนนำผลกรดมิวโคนิคมมาวิเคราะห์ตามวัตถุประสงค์

### เครื่องมือที่ศึกษาและคุณภาพของเครื่องมือ

การศึกษานี้ได้ใช้เครื่องมือในการรวบรวมวิจัย 2 ชนิด ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ และอุปกรณ์เก็บและวิเคราะห์ปัสสาวะ มีรายละเอียดของแต่ละเครื่องมือ ดังนี้

1. แบบสัมภาษณ์ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลทั่วไป และอาการทางสุขภาพ รายละเอียด คือ 1.1) ข้อมูลทั่วไปประกอบด้วยข้อความ เพศ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง การสูบบุหรี่ และการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ และ 1.2) อาการทางสุขภาพ จำนวน 4 ระบบ ได้แก่ ระบบประสาท ระบบทางเดินหายใจ ระบบผิวหนัง และสายตา ทั้งหมดจำนวน 13 อาการ ประกอบด้วย ปวดศีรษะ เวียนศีรษะ คลื่นไส้ เหนื่อยง่าย ง่วงนอนบ่อย ระคายเคืองจมูก แสบจมูก ไอมีเสมหะ หายใจลำบาก หายใจเหมือนมีเสียงหวีดหรือเสียงลมผ่านที่แคบ ผื่นแดงที่ผิวหนัง มองภาพไม่ชัด และระคายเคืองตา แบบสัมภาษณ์ได้จากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมาและการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ 3 คน ประกอบด้วย อาจารย์มหาวิทยาลัยด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย จำนวน 2 คน และแพทย์อาชีวเวชศาสตร์ จำนวน 1 คน ทั้งนี้ได้ประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item-objective congruence index : IOC) คำนวณค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ซึ่งผ่านตามเกณฑ์การวัดและประเมินผล

2. อุปกรณ์ในการรวบรวมและวิเคราะห์ปัสสาวะ ได้แก่ แก้วน้ำพลาสติก กระปุกโพลีเอทิลีนขนาด 50 มิลลิลิตร กล่องโฟมรักษาอุณหภูมิ และถุงความเย็น (Ice pack) สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ ได้แก่ เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High performance liquid chromatography: HPLC)

การวิเคราะห์กรดมิวโคนิคมในปัสสาวะ โดยใช้คอลัมน์ชนิด C18 เฟสเคลื่อนที่ (Column type C18, mobile phase) ใช้ น้ำและสารอะซิโตไนไตรล์ (Acetonitrile) ในอัตราส่วน 50:50 ด้วยปริมาตร (50:50 v/v) อัตราการไหล 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที ที่อุณหภูมิ 37.0 องศาเซลเซียส ใช้ตัวทำละลายตัวอย่างด้วยเมทานอล (Methanol) และการตรวจวัดด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet) ที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC ซึ่งเป็นวิธีตาม Onchoi et al.26 ทั้งนี้ห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์ผ่านการรับรองคุณภาพตามมาตรฐานสากล (ISO 15189 : 2012) และมาตรฐานกระทรวงสาธารณสุข ประเทศไทย (MOPH standard)

## การรวบรวมข้อมูลและการแปลผล

การรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยได้จำแนกตามชนิดของเครื่องมือวิจัย ดังนี้

1. การรวบรวมแบบสัมภาษณ์ ผู้วิจัยได้ขออนุญาตเจ้าของสถานบริการน้ำมันเชื้อเพลิงและชี้แจงรายละเอียดของโครงการกับกลุ่มตัวอย่างก่อนดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยผู้วิจัยและผู้ช่วยนักวิจัยที่ผ่านการอบรมทำความเข้าใจตรงกันของเครื่องมือแล้ว คณะผู้วิจัยได้สัมภาษณ์ผู้ประกอบการอาชีพในช่วงสิ้นสุดการทำงาน โดยใช้เวลาสัมภาษณ์ประมาณ 10-15 นาทีต่อรายในบริเวณสถานีเติมน้ำมันเชื้อเพลิง การแปลผลอาการทางสุขภาพรายข้อ ให้ 0 คะแนน เมื่อไม่มีอาการผิดปกตินั้น และให้ 1 คะแนน เมื่อเกิดอาการผิดนั้นภายหลังการทำงานสำหรับจำนวนอาการรวม เกิดจากการคำนวณผลรวมของอาการทั้งหมดของแต่ละข้อคำถามอาการ โดยมีผลรวมจำนวนอาการอยู่ระหว่าง 0-13 อาการ

2. การรวบรวมปัสสาวะ ผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยได้ให้แก้วนํ้าพลาสติกและกระปุกเก็บปัสสาวะไว้กับกลุ่มตัวอย่างก่อนถึงเวลาเลิกงาน โดยผู้วิจัยแนะนำการเก็บช่วงกลางของปัสสาวะใส่แก้วนํ้าพลาสติก หลังจากนั้นเทใส่ในกระปุกที่เตรียมไว้ปริมาณอย่างน้อย 3 ใน 4 ของกระปุก (มากกว่า 30 มิลลิลิตร) ทั้งนี้ระยะเวลาในการเก็บปัสสาวะเป็นช่วงเวลาหลังเลิกงาน หลังจากนั้นตัวอย่างปัสสาวะจะถูกแช่ในกล่องโฟมรักษาอุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส และนำส่งห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ภายในวันเดียวกัน เพื่อทดสอบวิเคราะห์กรดมิวโคนิคซึ่งเป็นสารเมแทบอลิต์ของสารเบนซิน

### จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

การศึกษาครั้งนี้ผ่านการพิจารณาของคณะกรรมการจริยธรรมในมนุษย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาเรียบร้อยแล้ว ก่อนดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเลขที่อนุญาต IRB 016/2562 เมื่อวันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562

### การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ใช้โปรแกรมสถิติ SPSS รุ่น 21.0 วิเคราะห์ด้วยสถิติพรรณนาและสถิติอนุมานตามระดับการวัดของตัวแปร ได้แก่ ตัวแปรไม่ต่อเนื่อง เช่น เพศ การสูบบุหรี่ และการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เป็นต้น วิเคราะห์ด้วยความถี่ ร้อยละ ในตัวแปรต่อเนื่องได้ทดสอบการกระจายของข้อมูลด้วย Kolmogorov-Smirnov test สำหรับข้อมูลที่มีการกระจายตัวแบบปกติใช้การพรรณนาด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน อนึ่งหากข้อมูลกระจายตัวไม่ปกติใช้

การพรรณนาด้วยค่ามัธยฐาน พิสัยควอไทล์ และตำแหน่งควอไทล์ สำหรับสถิติอนุมานในการทดสอบเปรียบเทียบข้อมูลทั่วไปจำแนกตามเพศใช้สถิติ Chi-square เปรียบเทียบข้อมูลทั่วไปกับปริมาณกรดมิวโคนิคใช้ Mann-Whitney U test และ Kuskal-Wallis H test เปรียบเทียบปริมาณกรดมิวโคนิคกับอาการทางสุขภาพใช้ Mann-Whitney U test และทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดมิวโคนิคกับจำนวนอาการทางสุขภาพ ใช้สถิติ Linear regression ด้วยวิธี Stepwise โดยตัวแปรข้อมูลทั่วไปที่พบนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) จะนำมาวิเคราะห์ร่วมเป็นตัวแปรควบคุม

## ผลการศึกษา (Results)

### ข้อมูลทั่วไป

ผลจากการศึกษาข้อมูลทั่วไป พบว่า ผู้ประกอบอาชีพเป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย อัตราส่วน 1.79 ต่อ 1.00 ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 74.1) อายุน้อยกว่า 35 ปี มีอายุเฉลี่ย  $29.77 \pm 10.26$  ปี ประมาณครึ่งหนึ่ง (ร้อยละ 50.9) มีภาวะอ้วน สำหรับพฤติกรรมสุขภาพ พบพนักงานสูบบุหรี่ ร้อยละ 35.2 และดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ร้อยละ 56.5 ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเพศกับข้อมูลทั่วไป พบว่า ผู้ประกอบอาชีพเพศหญิงมีสัดส่วนอายุ และดัชนีมวลกายมากกว่าเพศชายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) อย่างไรก็ตามเพศชายมีสัดส่วนการสูบบุหรี่และดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์มากกว่าเพศหญิงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

### ปริมาณกรดมิวโคนิคในปัสสาวะ

จากการประเมินการรับสัมผัสสารเบนซินด้วยกรดมิวโคนิคในปัสสาวะ พบว่า พนักงานทั้งหมดมีค่ามัธยฐานของกรดมิวโคนิค เท่ากับ  $169.56 \mu\text{g/g Cr}$  ค่าพิสัยควอไทล์ เท่ากับ  $256.81 \mu\text{g/g Cr}$  จากการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณกรดมิวโคนิคกับข้อมูลทั่วไป พบว่า พนักงานเพศหญิงมีปริมาณกรดมิวโคนิคมากกว่าเพศชายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ซึ่งมีค่ามัธยฐานเท่ากับ  $250.76$  และ  $110.35 \mu\text{g/g Cr}$  ตามลำดับสำหรับปัจจัยอื่น ๆ ไม่พบความแตกต่างกัน (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบปริมาณกรดมิวโคติกในปัสสาวะจำแนกตามข้อมูลทั่วไป

| ข้อมูลทั่วไป                  | n   | Median | IQR    | Quartile |        |        | p-value |
|-------------------------------|-----|--------|--------|----------|--------|--------|---------|
|                               |     |        |        | 1        | 2      | 3      |         |
| เพศ <sup>a</sup>              |     |        |        |          |        |        |         |
| ชาย                           | 39  | 110.35 | 161.94 | 53.07    | 110.35 | 215.01 | 0.001*  |
| หญิง                          | 69  | 250.76 | 340.76 | 85.31    | 250.76 | 426.07 |         |
| อายุ <sup>a</sup> (ปี)        |     |        |        |          |        |        |         |
| ≤35                           | 80  | 168.45 | 250.92 | 65.34    | 168.45 | 316.26 | 0.599   |
| >35                           | 28  | 194.24 | 290.46 | 82.11    | 194.24 | 372.57 |         |
| ดัชนีมวลกาย <sup>b</sup>      |     |        |        |          |        |        |         |
| ผอม                           | 13  | 141.54 | 156.16 | 81.10    | 141.54 | 237.26 | 0.317   |
| สมส่วน                        | 40  | 250.23 | 345.93 | 69.88    | 250.23 | 415.81 |         |
| น้ำหนักเกิน/อ้วน              | 55  | 128.08 | 208.18 | 68.83    | 128.08 | 277.01 |         |
| การสูบบุหรี่ <sup>a</sup>     |     |        |        |          |        |        |         |
| ไม่สูบ                        | 70  | 223.42 | 299.49 | 72.68    | 223.42 | 372.17 | 0.189   |
| สูบ                           | 38  | 132.62 | 176.73 | 74.61    | 132.62 | 251.34 |         |
| การดื่มแอลกอฮอล์ <sup>a</sup> |     |        |        |          |        |        |         |
| ไม่ดื่ม                       | 47  | 209.90 | 365.39 | 77.71    | 209.90 | 443.10 | 0.141   |
| ดื่ม                          | 61  | 152.71 | 227.69 | 61.83    | 152.71 | 289.52 |         |
| โดยรวม                        | 108 | 169.56 | 256.81 | 74.90    | 169.56 | 331.71 |         |

หมายเหตุ : ดัชนีมวลกายจัดกลุ่มตามกองโรคไม่ติดต่อ<sup>27</sup> จำแนกเป็นกลุ่มผอม สมส่วน และน้ำหนักเกิน/อ้วน เท่ากับ <18.5, 18.5-22.9 และ >22.9 : หน่วยวัดปริมาณกรดมิวโคติกในปัสสาวะ คือ µg/g Cr : ทดสอบด้วยสถิติ <sup>a</sup>Mann-Whitney U test, <sup>b</sup>Kuskal-Wallis H test : \*มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ )

**เปรียบเทียบปริมาณกรดมิวโคติกจำแนกตามอาการทางสุขภาพและเพศ**

ผลจากการสัมภาษณ์อาการทางสุขภาพช่วงหลังสิ้นสุดการทำงาน พบว่า พนักงานมีอาการผิดปกติทางระบบประสาทมากที่สุด ได้แก่ ปวดศีรษะ และเวียนศีรษะ ร้อยละ 42.6 และ 37.0 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบอาการทางสุขภาพจำแนกตามเพศ พบว่า เพศหญิงมีอาการปวดศีรษะ มองภาพไม่ชัด ใจมีเสมเหะ เหนื่อยง่าย และง่วงนอนบ่อย มากกว่าเพศชายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ )

ผลจากการเปรียบเทียบปริมาณกรดมิวโคติกระหว่างกลุ่มที่มีอาการผิดปกติและไม่มีอาการผิดปกติทางสุขภาพพบว่า ผู้ประกอบอาชีพที่มีอาการพบปริมาณกรดมิวโคติกมากกว่าผู้ที่ไม่มีอาการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) ได้แก่ ปวดศีรษะ เวียนศีรษะ หายใจมีเสียงหวีด มองภาพไม่ชัด ใจมีเสมเหะ เหนื่อยง่าย หายใจลำบาก คลื่นไส้ และผื่นแดงที่ผิวหนัง อย่างไรก็ตามผู้ประกอบอาชีพที่มีอาการง่วงนอนบ่อย ระคายเคืองตา ระคายเคืองจมูก และเสบจมูก มีปริมาณกรดมิวโคติกในปัสสาวะไม่แตกต่างจากผู้ที่ไม่มีอาการ (ตารางที่ 2)

**ตารางที่ 2** เปรียบเทียบเพศ กรดมิวโคนิค ระหว่างกลุ่มเกิดและไม่เกิดอาการทางสุขภาพ

| อาการ                                         | พนักงานที่เกิดอาการ <sup>a</sup> |                          |                          | <i>p</i> -value <sup>b</sup> | ปริมาณกรดมิวโคนิค <sup>c</sup> |                    |                              |
|-----------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------|------------------------------|
|                                               | ชาย<br>n=39<br>(ร้อยละ)          | หญิง<br>n=69<br>(ร้อยละ) | รวม<br>n=108<br>(ร้อยละ) |                              | กลุ่มไม่เกิด<br>อาการ          | กลุ่มเกิด<br>อาการ | <i>p</i> -value <sup>d</sup> |
| ปวดศีรษะ                                      | 10<br>(25.6)                     | 36<br>(52.2)             | 46<br>(42.6)             | 0.013*                       | 188.51<br>[24.91]              | 268.96<br>[39.65]  | 0.003*                       |
| เวียนศีรษะ                                    | 10<br>(25.6)                     | 30<br>(43.5)             | 40<br>(37.0)             | 0.102                        | 215.20<br>[29.25]              | 288.50<br>[35.71]  | 0.030*                       |
| หายใจมีเสียง<br>หวีดหรือเสียง<br>ลมผ่านที่แคบ | 6<br>(15.4)                      | 22<br>(31.9)             | 28<br>(25.9)             | 0.099                        | 179.411<br>[18.90]             | 422.18<br>[57.98]  | 0.001*                       |
| มองภาพไม่ชัด                                  | 4<br>(10.3)                      | 23<br>(33.3)             | 27<br>(25.0)             | 0.015*                       | 208.30<br>[25.30]              | 344.49<br>[46.22]  | 0.004*                       |
| ไอมีเสมหะ                                     | 3<br>(7.7)                       | 23<br>(33.3)             | 26<br>(24.1)             | 0.006*                       | 200.84<br>[22.39]              | 373.24<br>[56.93]  | 0.000*                       |
| เหนื่อยง่าย                                   | 3<br>(7.7)                       | 22<br>(31.9)             | 25<br>(23.1)             | 0.009*                       | 211.19<br>[25.38]              | 345.79<br>[46.37]  | 0.002*                       |
| หายใจลำบาก                                    | 4<br>(10.3)                      | 19<br>(27.5)             | 23<br>(21.3)             | 0.063                        | 191.07<br>[19.74]              | 431.86<br>[65.80]  | 0.001*                       |
| ง่วงนอนบ่อย                                   | 3<br>(7.7)                       | 19<br>(27.5)             | 22<br>(20.4)             | 0.027*                       | 233.80<br>[26.33]              | 275.74<br>[44.75]  | 0.352                        |
| ระคายเคืองตา                                  | 5<br>(12.8)                      | 17<br>(24.6)             | 22<br>(20.4)             | 0.224                        | 234.48<br>[26.58]              | 273.09<br>[42.44]  | 0.217                        |
| ระคายเคือง<br>จมูก                            | 7<br>(17.9)                      | 14<br>(20.3)             | 21<br>(19.4)             | 0.966                        | 231.68<br>[26.61]              | 286.55<br>[40.04]  | <0.001*                      |
| ผื่นแดงผิวหนัง                                | 2<br>(5.1)                       | 10<br>(14.5)             | 12<br>(11.1)             | 0.243                        | 222.92<br>[23.70]              | 397.73<br>[66.01]  | 0.006*                       |
| แสบจมูก                                       | 2<br>(5.1)                       | 8<br>(11.6)              | 10<br>(9.3)              | 0.443                        | 238.61<br>[24.47]              | 278.98<br>[59.14]  | 0.252                        |

หมายเหตุ : <sup>a</sup>แสดงจำนวน (ร้อยละ), <sup>b</sup> ทดสอบด้วยสถิติ Chi-square test, <sup>c</sup>แสดงค่าเฉลี่ย [ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน], <sup>d</sup> ใช้สถิติ Mann-Whitney U test : \*มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) : หน่วยวัดปริมาณกรดมิวโคนิค ในปัสสาวะ คือ  $\mu\text{g/g Cr}$

### ความสัมพันธ์ระหว่างกรดมิวโคนิคกับจำนวนการเกิดอาการทางสุขภาพ

ผลจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทดสอบตัวแปรต้น ได้แก่ ปริมาณกรดมิวโคนิคในปัสสาวะ และตัวแปรตาม ได้แก่ จำนวนอาการที่เกิดขึ้น 9 อาการ (อาการที่พบบนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ในตารางที่ 2) ตัวแปรควบคุม ได้แก่ เพศ ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณกรดมิวโคนิคมีความสัมพันธ์กับจำนวนอาการทางสุขภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ทั้งนี้พบอำนาจการทำนายร้อยละ 25.1 (ตารางที่ 3)

**ตารางที่ 3** ความสัมพันธ์ระหว่างกรดมิวโคนิคกับจำนวนอาการทางสุขภาพ

| ตัวแปร      | Unstandardized Coefficients |            | Standardized Coefficients | t     | p-value | 95 % CI |       |
|-------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|---------|---------|-------|
|             | B                           | Std. Error | Beta                      |       |         | Lower   | Upper |
| Constant    | 0.857                       | 0.277      |                           | 3.093 | 0.003   | 0.308   | 1.507 |
| กรดมิวโคนิค | 0.005                       | 0.001      | 0.442                     | 4.786 | 0.000*  | 0.003   | 0.006 |

หมายเหตุ :  $R = 0.501$ ,  $R^2 = 0.251$ , Adjusted  $R^2 = 0.230$  : ทดสอบด้วยสถิติ Linear regression ด้วยวิธี Stepwise : \*มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

### อภิปรายผล (Discussion)

ผลประเมินการรับสัมผัสสารเบนซินในปัสสาวะ พบว่า ผู้ประกอบอาชีพมีค่ามัธยฐานของกรดมิวโคนิคเท่ากับ  $169.56 \mu\text{g/g Cr}$  ค่าพิสัยควอไทล์ เท่ากับ  $256.81 \mu\text{g/g Cr}$  มีกรดมิวโคนิคสูงสุด เท่ากับ  $1,482.46 \mu\text{g/g Cr}$  เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์แนะนำของสมาคมนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมแห่งอเมริกา<sup>10</sup> ที่กำหนดค่าปกติไว้  $\leq 500 \mu\text{g/g Cr}$  จะเห็นได้ว่าผู้ประกอบอาชีพมีการรับสัมผัสสารเบนซินเกินเกณฑ์ และพบกลุ่มตัวอย่างเกินเกณฑ์มากถึง ร้อยละ 12.0 ซึ่งพบมากกว่าผลการศึกษาในจังหวัดขอนแก่น ระบุว่าพนักงานเติมน้ำมันและแคชเชียร์มีปริมาณกรดมิวโคนิคเกินเกณฑ์ ร้อยละ 6.3<sup>28</sup> ทั้งนี้อาจเกิดจากความแตกต่างทางภูมิภาค ในครั้งนี้ได้ศึกษาในพื้นที่เขตพัฒนาเศรษฐกิจภาคตะวันออก ซึ่งมีการพัฒนาโครงสร้างคมนาคมรองรับเส้นทางสัญจรด้านอุตสาหกรรมและการท่องเที่ยวภาคตะวันออก จึงทำให้ปริมาณรถเคลื่อนที่ในจังหวัดระยองหรือเคลื่อนที่ผ่านเส้นทางจังหวัดนี้มีจำนวนมาก มีรายงานที่สอดคล้องกันของกระทรวงพลังงาน<sup>29</sup> ระบุว่า จังหวัดระยองมีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทั้งชนิดเบนซินและดีเซล รวมทั้งสิ้นวันละ 1.76 ล้านลิตร มากกว่าจังหวัดขอนแก่น เหล่านี้จึงอาจส่งผลให้ผู้ประกอบอาชีพที่อยู่ในพื้นที่บริการน้ำมันเชื้อเพลิงจังหวัดระยองมีโอกาสรับสัมผัสสารเบนซินได้มากกว่าพื้นที่อื่น ๆ

ผลการศึกษาได้วิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างปริมาณกรดมิวโคนิคในปัสสาวะกับเพศ พบว่า ผู้ประกอบอาชีพเพศหญิงมีปริมาณกรดมิวโคนิคมากกว่าเพศชาย สอดคล้องกับการศึกษาของ Tunsaringkarn et al.<sup>30</sup> ได้ศึกษากรดมิวโคนิคในกลุ่มพนักงานให้บริการน้ำมันเชื้อเพลิง โดยใช้การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC เช่นเดียวกัน พบปริมาณกรดมิวโคนิคในเพศหญิงมากกว่าเพศชาย โดยมีค่าเฉลี่ยและความคาดเคลื่อนมาตรฐาน ในเพศหญิงเท่ากับ  $2.39 \pm 0.23 \text{ mg/L}$  และเพศชายเท่ากับ  $1.20 \pm 0.37 \text{ mg/L}$  และมีรายงานกล่าวถึงประเด็นนี้ไว้ว่า เพศหญิงจะมีความไวต่อการรับสัมผัสสารและเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง (Biotransformation) ของสารเบนซินได้มากกว่าเพศชาย ทั้งนี้เกิดจากเพศหญิงมีปริมาณไขมันใต้ผิวหนังมากกว่าเพศชาย ส่งผลให้สารเบนซินที่สามารถละลายไขมันได้เข้าสู่ใต้ผิวหนังและกระจายสู่ระบบเลือดและเมแทบอลิซึมได้มากกว่าเพศชาย<sup>22</sup> ซึ่งมีหลักฐานทางวิชาการกล่าวถึงการดูดซึมสารเบนซินทางผิวหนังผ่านชั้นไขมันได้ดีทั้งในหลอดทดลอง<sup>31</sup> และเนื้อเยื่อของมนุษย์<sup>32</sup>

ผลจากการสัมภาษณ์อาการผิดปกติภายหลังสิ้นสุดการทำงาน พบว่า พนักงานมีอาการผิดปกติทางระบบประสาทมากที่สุด และจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบ พบว่า ผู้ประกอบอาชีพที่เกิดอาการผิดปกติ พบปริมาณกรดมิวโคนิคมากกว่าผู้ที่ไม่เกิดอาการผิดปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ปวดศีรษะ เวียนศีรษะ หายใจมีเสียงหวีด มองภาพไม่ชัด ใจมีเสียวเหมือนเข็มแทง หายใจลำบาก คลื่นไส้ และผื่นแดงที่ผิวหนัง สอดคล้อง

กับการศึกษาของ Werder et al.<sup>15</sup> พบว่า กลุ่มตัวอย่างประมาณครึ่งหนึ่ง (ร้อยละ 49.0) มีอาการผิดปกติทางระบบประสาทที่เกิดขึ้นอย่างน้อย 1 อาการ ทั้งนี้เป็นอาการของระบบประสาทส่วนกลาง ร้อยละ 32.0 เช่น เวียนศีรษะ ปวดศีรษะ และคลื่นไส้ เป็นต้น เช่นเดียวกับหลายการศึกษาที่กล่าวถึงอาการปวดศีรษะเป็นอาการโดดเด่นจากการรับสัมผัสสารเบนซีน<sup>14,15,33</sup> ทั้งนี้เพราะสารเบนซีนเป็นกลุ่มสารอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Aromatic hydrocarbon) ที่มีกลิ่นหอมระเหยเมื่อสูดดมเข้าสู่ร่างกายอาจมีอาการคลื่นไส้ทำให้ไม่รู้สึกลึกถึงการรับสัมผัสสารที่เป็นอันตรายแตกต่างกับการได้กลิ่นสารที่เหม็นฉุน นอกจากนี้สารเบนซีนมีกลไกโดยสามารถผ่านผ่านกั้นสมองหลอดเลือด (Blood brain barrier) ได้ มีผลต่อการทำงานของสารสื่อประสาท<sup>34</sup> ทั้งนี้หลักฐานพบความผิดปกติของสมองจากการทดสอบถ่ายภาพคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic resonance imaging: MRI) ซึ่งเป็นผู้ป่วยที่ได้รับสัมผัสสารในน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นระยะเวลา 18 เดือน<sup>35</sup> สำหรับระบบอื่น ๆ พบว่า พนักงานมีอาการทางระบบทางเดินหายใจและระบบผิวหนัง สอดคล้องกับการศึกษาของ Kasemy et al.<sup>14</sup> พบว่า พนักงานมีอาการไอ มีเสมหะ และแสบหน้าอก ซึ่งมีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มสัมผัสและไม่รับสัมผัสสารเบนซีน

อย่างไรก็ตาม ผู้ประกอบอาชีพที่เกิดอาการระคายเคืองตา ระคายเคืองจมูก แสบจมูก และง่วงนอนบ่อยมีปริมาณกรดมิวโคินิกในปัสสาวะไม่แตกต่างจากผู้ที่ไม่เกิดอาการผิดปกติ เห็นได้ว่า อาการดังกล่าวส่วนใหญ่เป็นอาการก่อการระคายเคือง ในแง่ของสมบัติสารเบนซีนที่รับสัมผัสในรูปไอระเหยมีฤทธิ์ทำให้เกิดระคายเคืองได้น้อยเนื่องจากสารเบนซีนสามารถละลายไขมัน ซึ่งแตกต่างกับสารที่มีสมบัติเป็นกรดที่จะทำปฏิกิริยากับน้ำได้ดีจึงเกิดอาการระคายเคืองที่จมูกและตาได้มากกว่า ยกตัวอย่างสารฟอร์มาลดีไฮด์ทำให้เกิดอาการระคายเคืองได้อย่างเฉียบพลัน ทั้งนี้เพราะสารจะทำปฏิกิริยาสูงกับเนื้อเยื่อของร่างกาย โดยเฉพาะเยื่อเมือก (Mucous tissues) บริเวณเยื่อทางเดินหายใจและที่ดวงตา ก่อให้เกิดอาการระคายเคืองได้อย่างชัดเจนขณะที่รับสัมผัส<sup>36</sup> ดังนั้นข้อยุติในงานวิจัยนี้ได้แนะนำว่าอาการที่ก่อให้เกิดการระคายเคืองจึงไม่เจาะจงที่ใช้เป็นตัวชี้วัดของสารเบนซีนในระดับต่ำ นอกจากอาการผิดปกติที่เกิดขึ้นเกิดจากการกรดของน้ำมันเชื้อเพลิงสัมผัสที่ผิวหนัง ซึ่งการรับสัมผัสในปริมาณมากอาจส่งผลกระทบต่อการทำลายชั้นไขมันหรือเป็นรอยแผลเกิดอาการระคายเคืองได้

ผลการศึกษาในครั้งนี้ เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างกรดมิวโคินิกกับจำนวนอาการรวมที่เกิดขึ้น โดยได้ควบคุมตัวแปรเพศ ทั้งนี้จากการวิเคราะห์พบเพศเป็นตัวแปรเดียวที่มีผลต่อปริมาณกรดมิวโคินิกในปัสสาวะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้การรวมจำนวนอาการผิดปกติทางสุขภาพเกิดจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบก่อน โดยนำอาการทางสุขภาพที่มีปริมาณกรดมิวโคินิกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมาคำนวณเป็นจำนวนอาการรวม พบว่า มีจำนวน 9 อาการที่พบปริมาณกรดมิวโคินิกแตกต่างกัน ในงานวิจัยนี้จึงนำเข้าสู่การวิเคราะห์ยืนยันด้วยการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงเส้น ผลการศึกษพบว่า ปริมาณกรดมิวโคินิกมีความสัมพันธ์กับจำนวนอาการทางสุขภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สามารถทำนายได้ ร้อยละ 25.1 มีความสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา<sup>15</sup> ได้ศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่มีโอกาสรับสัมผัสสารเบนซีนในเหตุการณ์น้ำมันรั่วไหลในประเทศอเมริกา โดยได้ให้กลุ่มตัวอย่างบันทึกอาการสุขภาพด้วยตัวเอง พบว่าการรับสัมผัสสารเบนซีนมีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดอาการผิดปกติทางระบบประสาทเป็น 1.47 เท่า (95%CI= 1.11-1.98) ดังนั้นจึงยืนยันได้ว่า ถึงแม้ว่าผู้ประกอบอาชีพมีการรับสัมผัสสารเบนซีนในระดับต่ำแต่มีโอกาสเกิดผลกระทบต่ออาการทางสุขภาพได้ โดยเฉพาะอาการทางระบบประสาท ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้ขอแนะนำว่า อาการทางสุขภาพทั้ง 9 อาการสามารถนำไปคัดกรองการรับสัมผัสในผู้ปฏิบัติงานในสถานบริการน้ำมันเชื้อเพลิงได้

ข้อจำกัดของงานวิจัย การศึกษาพบกรดมิวโคินิกมีปริมาณแตกต่างระหว่างเพศซึ่งเป็นประเด็นที่น่าสนใจ อย่างไรก็ตามอาจเกิดได้หลายปัจจัย เช่น เพศชายและหญิงมีพฤติกรรมการรับประทานอาหารที่อาจส่งผลกระทบต่อกรดมิวโคินิกได้ ยกตัวอย่างผลไม้หมักดอง อาหารรสเปรี้ยว หรืออาหารที่กระป๋อง เป็นต้น รวมถึงสุขอนามัยบุคคลอาจส่งผลต่อการเมแทบอลิซึม ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ควบคุมโดยการแจ้งแก่กลุ่มตัวอย่าง และให้เตรียมการด้วยการหลีกเลี่ยงหรือลดการรับประทาน นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์เพิ่มเติมเพื่อนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ก่อนการนำมาวิเคราะห์ตอบวัตถุประสงค์อื่น ๆ ในอนาคตหากต้องการความชัดเจนยิ่งขึ้นควรเก็บข้อมูลชนิดของอาหารและปริมาณที่รับประทานและควรมีการตรวจวัดสารเบนซีนแบบบุคคลเพื่อวิเคราะห์เป็นปัจจัยร่วมเป็นการยืนยันผลของการศึกษาในครั้งนี้ด้วย

## บทสรุป (Conclusion)

ผู้ประกอบการอาชีพที่มีอาการปวดศีรษะ เวียนศีรษะ หายใจเหมือนมีสิ่งอุดหรือเสียงลมผ่านที่แคบ มองภาพไม่ชัด ใจมีสั่นไหว เหนื่อยง่าย หายใจลำบาก คลื่นไส้ และผื่นแดงที่ผิวหนัง พบปริมาณกรดมิวโคนิค มากกว่าผู้ที่ไม่มีอาการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และกรดมิวโคนิคมีความสัมพันธ์กับ 9 อาการทางสุขภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้พบอำนาจการทำนายร้อยละ 25.1 ดังนั้น 9 อาการสามารถนำไปคัดกรองการรับสัมผัสสารเบนซีนในความเข้มข้นระดับต่ำได้ ซึ่งเป็นอาการที่ผู้ปฏิบัติงานสังเกตตัวเองได้ เพื่อหลีกเลี่ยงหรือป้องกันสาร นำไปสู่การลดผลกระทบต่อสุขภาพในระดับที่รุนแรงขึ้น

## กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดีต้องขอขอบคุณทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข เลขที่ สัญญา 60-070 ผ่านมหาวิทยาลัยบูรพา ทีมผู้ช่วยนักวิจัยภาคสนามจากโรงพยาบาลเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ระยอง เจ้าของกิจการสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง รวมถึงกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมงานโครงการวิจัยด้วยความสมัครใจทุกท่าน

## เอกสารอ้างอิง

1. Alyami AR. Occupational exposure assessment to gasoline vapours under various conditions at public gasoline stations, *Athens J Sci*. 2017;4(4):323-342. doi.org/10.30958/ajs.4-4-4
2. Hajizadeh Y, Mokhtari M, Faraji M, Mohammadi A, Nemati S, Ghanbari R. Trends of BTEX in the central urban area of Iran: A preliminary study of photochemical ozone pollution and health risk assessment. *Atmos Pollut Res*. 2018;9(2):220-229. doi.org/10.1016/j.apr.2017.09.005
3. Correa SM, Arbilla G, Marquws MRC, Oliveira KMPG. The impact of BTEX emissions from gas stations into the atmosphere. *Atmos Pollut Res*. 2011;3(2):163-169. doi.org/10.5094/APR.2012.016
4. Sekar A, Varghese G, Varma MK. Analysis of benzene air quality standards, monitoring methods and concentrations in indoor and outdoor environment. *Heliyon*. 2019;5:e02918. doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02918
5. Geraldino BR, Nunes FN, Gomes B, Giardini I, Silva PVB, Campos E, et al. Analysis of benzene exposure in gas station workers using trans,trans-muconic acid. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17:e02918. doi:10.3390/ijerph17155295
6. Tongsantia U, Chaiklieng S, Suggaravetsiri P, Andajani S, Autrup H. Factors affecting adverse health effects of gasoline station workers. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18:10014. doi.org/10.3390/ijerph181910014
7. McNally K, Sams C, Loizou GD, Jones K. (2017). Evidence for non-linear metabolism at low benzene exposures? A reanalysis of data. *Chem Biol Interact*. 2017;278:256-268. doi.org/10.1016/j.cbi.2017.09.002
8. Kasemy ZA, Kamel GM, Abdel-Rasoul GM, Ismail AA. Environmental and health of effects of benzene exposure among Egyptian taxi drivers. *J Environ Public Health*. 2019;18:10014. doi.org/10.1155/2019/7078024
9. กฎกระทรวง. กำหนดมาตรฐานการตรวจสุขภาพ ลูกจ้างซึ่งทำงานเกี่ยวกับปัจจัยเสี่ยง พ.ศ. 2563. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 137 ตอนที่ 80 ก. ลงวันที่ 5 ตุลาคม 2563
10. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). TLVs and BEIs. United States of America. 2021.
11. ยุทธนา ยานะ วิวัฒน์ เอกบุรณะวัฒน์ วิษณุตม์ ท้าวพงษ์. การสำรวจจำนวนและความสามารถของห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของสารเคมีที่ใช้ในอุตสาหกรรมในประเทศไทย พ.ศ. 2557. *วารสารสาธารณสุขมหาวิทยาลัยบูรพา* 2558 10;49-64.

12. สุนิสา ชายเกลี้ยง, พรนภา ศุกรเวทย์ศิริ, ศศิธร ตั้งสวัสดิ์, วิชัย พลฤกษ์ธารากุล. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพโดยใช้ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของการสัมผัสสารเบนซีนใน พนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง. *วารสารวิชาการสาธารณสุข* 2560;26: 272-280.
13. ฉาน ปัทมะ พलयง ทนงศักดิ์ ยี่งรัตน์สุข จินตนา ศิริวรราชย์ อนามัย เทศกะทีก. ตัวแปรทวนของกรดซอร์บิกที่ผสมในอาหารต่อดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของสารเบนซีนก่อนเข้าทำงานในพนักงานให้บริการน้ำมันเชื้อเพลิง. *การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5. มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี*; 2563. น.149-158.
14. สุนิสา ชายเกลี้ยง, รัชนี นันทนุช. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับอาการไม่พึงประสงค์จาก สารเบนซีนของพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง. *ศรีนครินทร์เวชสาร* 2558;30(5): 458-466.
15. Werder E, Gam KB, Engel L, Kwok R, Ekenga C, Curry M, et al. Predictors of blood volatile organic compound levels in Gulf coast residents. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 2018;28:358-370. doi.org/10.1038/s41370-017-0010-0
16. Hajrah U, Kusumayati A, Hermawati E. Effects of exposure on respiratory symptoms to workers in the informal footwear industry. *Indian J Public Health Res Dev*. 2020;11(3):1201-1206. doi.org/10.37506/ijphrd.v11i3.1577
17. Arrandale V, Meijster T, Pronk A, Doekes G, Redlich CA, Holness DL, Heederik. Skin symptoms in bakery and auto body shop workers: associations with exposure and respiratory symptoms. *Int Arch Occup Environ Health*. 2013;86:167-175. doi.org/10.1007/s00420-012-0760-x
18. Fenga C, Gangemi S, Teodoro M, Rapisarda V, Golokhvast K, Anisimov NY, et al. 8-Hydroxydeoxyquanosine as a biomarker of oxidative DNA damage in workers exposed to low-dose benzene. *Toxicol Rep*. 2017;4 :291-295. doi.org/10.1016/j.toxrep.2017.05.008
19. International Agency for Research on Cancer (IARC). (2021). Agents classified by the IARC monographs, volumes 1–129. [Online] 2021; Available from: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php>
20. Moro AM, Brucker N, Charao MF, Sauer E, Freitas F, Durgante J, et al. Early hematological and immunological alterations in gasoline station attendants exposed to benzene. *Environ Res*. 2015; 137:349-356. doi:10.1016/j.envres.2014.11.003.
21. Vlaanderen J, Lan Q, Kromhout H, Rothman N, Vermeulen R. Occupational benzene exposure and the risk of lymphoma subtypes: a meta-analysis of cohort studies incorporating three study quality dimensions. *Environ Health Perspect*. 2011;119(2):159-167. doi:10.1289/ehp.1002318
22. Sithisarankul P, Intawong C. Preliminary report of health effects among oil spill cleanup workers and volunteers, Thailand, 2013. *J Health Res*. 2015;29(3): 197-201. doi:10.14456/jhr.2015.6
23. Mandiracioglu A, Akqur S, Kocabiyik N, Sener U. Evaluation of neuro psychological symptoms and exposure to benzene, toluene and xylene among two different furniture worker groups in Izmir. *Toxicol Ind Health*. 2011;27(9):802-809. doi.org/10.1177/0748233711399309
24. Tunsaringkarn T, Ketkaew P, Siriwong W, Rungsiyotin A, Zapuang K. Benzene exposure and its association with sickness exhibited in gasoline station workers. *Int J Environ Pollut Solut*. 2013;1: 1-8. doi:10.7726 /ijeps.2013.1001
25. Chaiklieng S, Suggaravetsiri P, Autrup H. Risk Assessment on Benzene Exposure among Gasoline Station Workers. *Int Journal of Environ Res Public Health*. 2019; 16(14):2545. doi.org/10.3390/ijerph16142545.

26. Onchoi C, Kongtip P, Yoosook W, Chantanakul S. High performance liquid chromatography for determination of urinary metabolites of toluene, xylene and styrene and its application. *Southeast Asian J Trop Med Public Health*. 2008;39(6):1164-1171.
27. กองโรคไม่ติดต่อ. *รู้ตัวเลข รู้ความเสี่ยงสุขภาพ*. นนทบุรี: สำนักพิมพ์อักษรกราฟฟิคแอนดี้ไซน์; 2564.
28. Chaikleng S, Suggaratsiri P, Kaminski N, Autrup H. Factors affecting urinary tt-muconic acid detection among benzene exposed workers at gasoline stations. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16:4209. doi:10.3390/ijerph16214209
29. กระทรวงพลังงาน. *สรุปข้อมูลพลังงาน*. [ออนไลน์] กระทรวงพลังงาน. จาก: <https://data.energy.go.th/factsheet/province/21/2020> [เมื่อวันที่ 5 ตุลาคม 2563]
30. Tunsaringkarn T, Suwansaksri J, Soogarun S, Siriwong W, Rungsiyothin A, Zapuang K, et al. Genotoxic monitoring and benzene exposure assessment of gasoline station workers in metropolitan Bangkok: sister chromatid exchange (SCE) and urinary trans, trans-muconic acid (t,t-MA). *Asian Pac J Cancer Prev*. 2011;12(1):223-227.
31. Blank IH, McAuliffe DJ. Penetration of benzene through human skin. *J Invest Dermatol*. 1985;85: 522-526. doi:10.1111/1523-1747.ep12277325
32. Frasc HF, Barbero AM. In vitro human skin permeation of benzene in gasoline: Effects of concentration, multiple dosing and skin preparation. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 2018;28:193-201. doi:10.1038/jes.2017.10
33. Alvas LP, Vieira DSP, Nunes LSS, Cruz LPS, Reis ACS, Gomes IVS, et al. Relationship between symptoms, use of PPE and habits related to occupational exposure to BTEX compounds in workers of gas stations in Bahia, Brazil. *J Environ Protect*. 2017;8(5): 650-661. doi:10.4236 /JEP.2017. 85042
34. Joshi DR, Adhikari N. An overview on common organic solvent and toxicity. *J Pharm Res Int* 2019;28(3): 1-18. doi:10.9734/JPRI/2019/v28i330 203
35. Ekpenyong CE, Asuquo AE. Recent advances in occupational and environmental health hazards of workers exposed to gasoline compounds. *Int J Occup Med Environ Health*. 2017;30(1): 1-26. doi:10.13075/ijomeh.1896.00800
36. Kim KH, Jahan SA, Lee JT. Exposure to formaldehyde and its potential human health hazards. *J Environ Sci Health C*. 2011;29:277-299. doi:10.1080/10590501.2011.629972.

## การอ้างอิง

ฉาน ปัทมะ พลยง และอนามัย เทศกะทีก. อาการทางสุขภาพจากการสัมผัสสารเบนซีนในความเข้มข้นระดับต่ำในกลุ่มผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่สถานีให้บริการน้ำมันเชื้อเพลิง จังหวัดระยอง. *วารสารวิชาการราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์*. 2556;5(4): 179-190. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/257998>

Polyong C. P., Health symptoms from exposure to low benzene concentration in workers at gasoline station area, Rayong province. *J Chulabhorn Royal Acad*. 2023;5(4): 179-190. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/257998>

## Online Access

<https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/257998>

