

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสสารโทลูอีนผ่านทาง หายใจของพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง จังหวัดขอนแก่น

Health Risk Assessment from Exposure to Toluene through Respiration of Fuel Gasoline Station Workers in Khon Kaen Province

พญกษา โชตนะ วท.ม (อาชีวอนามัยและความปลอดภัย)

สุนิสา ชัยเกลี้ยง ปร.ด. (ชีวเวชศาสตร์)

สาขาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Phrueksa Chotana M.Sc. (Occupational Health and safety)

Sunisa Chaiklieng Ph.D. (Biomedical Science)

Department of Environmental Health, Occupational Health and Safety,

Faculty of Public Health, Khon Kaen University

Received: September 24, 2020

Revised: March 17, 2021

Accepted: March 17, 2021

บทคัดย่อ

วิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสสารโทลูอีนผ่านทางหายใจของพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง โดยใช้ผลความเข้มข้นของสารโทลูอีนในบรรยากาศตัวชี้วัดทางชีวภาพการสัมผัสโทลูอีน (Hippuric acid, HA) ในปัสสาวะพนักงาน และประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพโดยใช้เมตริกความเสี่ยง พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสารโทลูอีนในการศึกษานี้มีค่าเท่ากับ 40.30 ± 66.67 ppb ความเข้มข้นเฉลี่ยของ HA ในปัสสาวะคือ 422.71 ± 977.97 mg/g Cr พนักงานที่มีระดับ HA เกินค่าแนะนำปลอดภัย (BEI) ร้อยละ 3.13 โดยพบความสัมพันธ์ระหว่างชั่วโมงการทำงานกับ HA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p -value = 0.019) จากการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพใช้เมตริกความเสี่ยงโดยค่าความเข้มข้นของโทลูอีน พบว่าส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูงกว่ายอมรับได้ซึ่งพบที่ระดับเสี่ยงต่ำ (ระดับ 2) ร้อยละ 60.42 ความเสี่ยงต่อสุขภาพจากเมตริกที่ใช้ผล HA พบว่าส่วนใหญ่พนักงานมีความเสี่ยงต่อสุขภาพที่สูงกว่ายอมรับได้ โดยพบที่ระดับเสี่ยงต่ำ (ระดับ 2) ร้อยละ 67.19 และพบความสัมพันธ์ระหว่างความเสี่ยงต่อสุขภาพจากเมตริกความเข้มข้นของโทลูอีนในบรรยากาศและจากเมตริกความเข้มข้นของ HA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p -value < 0.05) การพบว่าพนักงานมีการสัมผัสสารโทลูอีนผ่านตัวชี้วัดทางชีวภาพและความสัมพันธ์ของความเสี่ยงทางสุขภาพจากการใช้ตัวชี้วัดทางชีวภาพนี้ จึงมีประโยชน์ในการนำไปใช้ในการเฝ้าระวังการสัมผัสสารโทลูอีนในพนักงาน และเพื่อประโยชน์ในการศึกษาต่อไปด้านประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในแต่ละอาชีพหรือจำเพาะมากขึ้นด้านความแตกต่างของลักษณะงาน

คำสำคัญ: โทลูอีน ประเมินความเสี่ยง พนักงานสถานีบริการน้ำมัน Hippuric acid

Abstract

Currently, there is an increase in gasoline stations according to an increase in car usage, therefore increasing the numbers of gasoline service employees exposed to toluene in the working environment. The objective of this research was to assess the health risk on exposure to toluene of gasoline service station workers. The secondary data was from the measurements of the concentration of toluene by active area sampling, hippuric acid (HA), the biomarkers of exposure to toluene, in urine and interviews of workers. Risk assessment was performed by using

health risks matrix. The results found that the average concentration of toluene was $40.30 + 66.67$ ppb, of urine HA was $422.71 + 977.97$ mg / g Cr. There were six workers (3.13%) with an HA level exceeding BEI. The relationship between HA levels and working hours was statistical significance (p -value = 0.019). The health risk assessment by matrix of the concentration of toluene found most worker were higher level than acceptable risk, low risk (level 2) 60.42%. From the HA risk matrix, it found the most workers were higher level than acceptable risk, low risk (level 2) 67.19%. There was a significance relationship between health risk levels from the matrix of toluene concentration and of the HA concentrations (p -value < 0.05). Due to detection of toluene exposure through the biomarker HA and the health risk indication, this useful matrix of risk assessment should be further provided in health surveillance of workers and further study for each function.

Keywords: Toluene, Risk assessment, Gasoline station workers, Hippuric acid

บทนำ

สารโทลูอิน (Toluene) หรือเรียกอีกชื่อว่า สารเมทิลเบนซีน (Methyl benzene) มีสถานะเป็นของเหลวไม่มีสี กลิ่นคล้ายสีทาบ้าน ระเหยเป็นไอและติดไฟได้ง่าย ที่ความดันอากาศและอุณหภูมิปกติ ปัจจุบันมีการใช้สารโทลูอินอย่างแพร่หลายโดยพบมากในอุตสาหกรรมผลิตทินเนอร์ สี แล็กเกอร์ กาวหมึกพิมพ์ ยางเรซิน พลาสติก ยาง และสารเคมี⁽¹⁾ และสามารถพบสารโทลูอินในบรรยากาศบริเวณที่มีการปล่อยควันหรือไอเสียจากรถยนต์และรถจักรยานยนต์ ซึ่งอาชีพที่มีการสัมผัสสารโทลูอินจากการทำงานจาก เช่น พนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง⁽²⁾ พนักงานเก็บกวาดขยะ⁽³⁾ ซึ่งในปัจจุบันการมีการเพิ่มขึ้นของรถยนต์ รถโดยสารต่าง ๆ⁽⁴⁾ เช่นเดียวกันกับจำนวนที่เพิ่มของสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อรองรับการใช้งานให้เพียงพอกับการให้บริการน้ำมันเชื้อเพลิง จึงเป็นสาเหตุให้มีจำนวนพนักงานประจำสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นด้วยที่ต้องทำงานภายใต้โอกาสที่จะสัมผัสกับสารโทลูอินเพิ่มขึ้น เมื่อได้รับสารโทลูอินเข้าสู่ร่างกายไม่ว่าจะเป็นทางการหายใจ ทางผิวหนัง และทางการกินล้วนส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ที่ได้รับทั้งสิ้น โดยอาการพิษแบบเฉียบพลันจากการสัมผัสสารโทลูอิน เช่น เวียนศีรษะ คลื่นไส้ หากสัมผัสเป็นระยะเวลานานและมีการสะสมของสารโทลูอินจะมีอาการแบบเรื้อรังทำให้เกิดอาการอารมณ์เปลี่ยนแปลงง่าย ควบคุมอารมณ์ไม่ได้ เป็นต้น⁽¹⁾ หากมีการสัมผัสกับ

โทลูอินอย่างต่อเนื่องก็อาจทำให้เสียชีวิตได้⁽⁵⁾ และจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า มีพนักงานบางคนที่มีระดับ HA เกินกว่ามาตรฐาน⁽⁶⁾ Biological exposure index (BEI) กำหนดที่ต้องไม่เกิน 1.6 g/g Creatinine⁽⁷⁾ ซึ่งจากข้อมูลในการศึกษาที่ผ่านมาทำให้เห็นว่าพนักงานของสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงมีความเสี่ยงต่อสุขภาพที่เกิดจากการสัมผัสสารโทลูอินในการทำงาน ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ ประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสสาร โทลูอินผ่านทางกรหายใจของพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง

วิธีการศึกษา

1. กลุ่มตัวอย่างจากข้อมูลทุติยภูมิจากโครงการของ วช 6100007 เป็นพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง จังหวัดขอนแก่น 192 คน ที่มาจกสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง 47 แห่ง จากการประมาณค่าสัดส่วนที่ทราบประชากร โดยประชากร คือ 630 ซึ่งเป็นพนักงาน 3-4 คน ของสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงประเภท ก เขต จังหวัดขอนแก่น มีจำนวนทั้งสิ้น 51 แห่ง⁽⁸⁾ ซึ่งผ่านเกณฑ์คัดเข้าคือตั้งอยู่ในระยะห่าง 5 กิโลเมตร จากถนนมิตรภาพ มีจำนวนหัวจ่ายมากกว่าอย่างน้อย 8 หัวจ่าย กลุ่มตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์คัดเข้า คือ ทำงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงที่ผ่านเกณฑ์คัดเข้าอย่างน้อย 3 เดือน และมีอายุ 18 ปีขึ้นไป จัดแบ่งพื้นที่ที่ตั้งเขตในเมือง คือ เขต

เทศบาลเมืองห่างจากถนนมิตรภาพหลักเข้าไปในเมือง 5 กิโลเมตร และนอกเมือง และสัดส่วน $P = 4/90$ ในการคำนวณตัวอย่าง คือ จำนวนพนักงานที่มีค่าความเข้มข้นของ HA ในปัสสาวะมากกว่าร้อยละ 50 BEI ต่อกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจากผลการศึกษาก่อนหน้านี้⁽⁹⁾ ได้ $n = 185$ คน เนื่องจากมีผลข้อมูลจำนวนอาสาสมัครที่เข้าร่วมโครงการอยู่แล้วจึงใช้ทั้งหมด 192 คน

2. ข้อมูลทุติยภูมิผลการตรวจวัดความเข้มข้นของสารโวลูอินในบรรยากาศการทำงาน โดยใช้หลอดเก็บตัวอย่างแบบพื้นที่ ตั้งในพื้นที่การทำงานของพนักงานในระดับการหายใจ (1.5 เมตร) เป็นเวลารวม 4 ชั่วโมงตาม NIOSH 1501⁽¹⁰⁾ และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-FID คำนวณผลความเข้มข้นเพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานในบรรยากาศการทำงาน 8 ชั่วโมง (OEL) ไม่เกิน 20 ppm (TLV-TWA) โดย ACGIH⁽⁷⁾

3. ข้อมูลทุติยภูมิ ข้อมูลทั่วไป คือ เพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพสมรส ข้อมูลการทำงาน คือ ประสบการณ์ทำงาน ระยะเวลาการทำงาน และข้อมูลด้านอาการแสดงจากการสัมผัสสารโวลูอินในรอบ 3 เดือนที่ผ่านมา และผล Hippuric acid (HA) ในปัสสาวะหลังเลิกงาน วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC-UV หน่วยวัดเป็น mg/g Cr ระดับ HA เทียบกับค่าแนะนำตัวชี้วัดทางชีวภาพหลังเลิกงาน BEI 1,600 mg/g Cr⁽⁷⁾ ซึ่งนำผลมาจัดระดับตามงานวิจัยก่อนหน้าของ สุนิสา ชายเกลี้ยง และคณะ⁽¹¹⁾ คือ ระดับที่ 1 Non detection (ND) - 10% OEL (ND-160 mg/g Cr) ระดับที่ 2 มากกว่า 10%-50% (มากกว่า 160-800 mg/g Cr) ระดับที่ 3 มากกว่า 50%-75% BEI (มากกว่า 800-1,200 mg/g Cr) ระดับที่ 4 มากกว่า 75%-100% BEI (มากกว่า 1,200-1,600 mg/g Cr) ระดับที่ 5 มากกว่า 100% BEI (มากกว่า 1,600 mg/g Cr)

4. เมตริกประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสสารโวลูอิน ด้วยเมตริกความเสี่ยงที่พิจารณาระดับความรุนแรงจากอาการแสดง และระดับโอกาสการสัมผัส (ระดับความถี่ และระดับความเข้มข้นของโวลูอินในบรรยากาศการทำงาน/ระดับความเข้มข้นของ HA ในปัสสาวะ) มีรายละเอียดดังนี้

การจัดระดับความรุนแรง แบ่งออกเป็น 5 ระดับ ประกอบด้วย ระดับที่ 1 ไม่มีอาการ ระดับที่ 2 ความรุนแรงเล็กน้อย (เวียนศีรษะ ปวดศีรษะ ไอ ระคายเคืองตา ง่วงนอน ระคายเคืองภายในจมูก ระคายเคืองผิวหนัง และนอนไม่หลับ) ระดับที่ 3 ความรุนแรงปานกลาง (ง่วงนอน สับสน กล้ามเนื้ออ่อนแรง อาเจียน เจ็บคอ ควบคุมอารมณ์ไม่ได้ กระวนกระวาย และความสามารถในการคิดลดลง) ระดับที่ 4 ความรุนแรงสูง (เดินไม่ตรง มีความผิดปกติในความจำ เสียความสมดุล และกล้ามเนื้อหดเกร็ง) ระดับที่ 5 ความรุนแรงสูงมาก (หมดสติ)

การจัดระดับโอกาสการสัมผัส

ระดับโอกาสการสัมผัส = ระดับความเข้มข้นของโวลูอิน/ความเข้มข้น HA x ระดับความถี่ในการสัมผัส

ระดับความเข้มข้นของสารโวลูอินในบรรยากาศการทำงาน มีหน่วยวัดเป็น ppb โดยจัดระดับดังต่อไปนี้ (ประยุกต์จากงานวิจัยที่เผยแพร่ก่อนหน้านี้ของ Chaiklieng et al.⁽¹²⁾ แบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ ระดับที่ 1 ND-1% OEL (ND-0.2 ppm) ระดับที่ 2 มากกว่า 1%-10% OEL (มากกว่า 0.2-2 ppm) ระดับที่ 3 มากกว่า 10%-25% OEL (> 2 - 5 ppm) ระดับที่ 4 มากกว่า 25%-50% OEL (> 5-10 ppm) ระดับที่ 5 มากกว่า 50% OEL (> 10 ppm)

ระดับความถี่ในการสัมผัส มาจากจำนวนชั่วโมงการทำงานต่อวันจากการการสัมภาษณ์ แบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ ระดับที่ 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 ชั่วโมง/วัน หรือ 1 ครั้งใน 1 สัปดาห์ ถึง 1 ครั้งต่อเดือน ระดับที่ 2 มากกว่า 1-2 ชั่วโมง/วัน หรือ 1 ครั้งใน 1 วัน ถึง > 1 ครั้งต่อสัปดาห์ ระดับที่ 3 มากกว่า 2-4 ชั่วโมง/วัน ระดับที่ 4 มากกว่า 4-8 ชั่วโมง/วัน ระดับที่ 5 มากกว่า 8 ชั่วโมง/วัน

ระดับโอกาสการสัมผัส พิจารณาจากระดับความเข้มข้นของโวลูอินคูณกับระดับความถี่การสัมผัส โดยแบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ ระดับที่ 1 ไม่ได้สัมผัส (1-5 คะแนน) ระดับที่ 2 โอกาสต่ำ (6-8 คะแนน) ระดับที่ 3 โอกาสปานกลาง (9-15 คะแนน) ระดับที่ 4 โอกาสสูง (16-20 คะแนน) และระดับที่ 5 โอกาสสูงมาก (21-25 คะแนน) ตามลำดับ⁽¹²⁾

ความเสี่ยงต่อสุขภาพ ซึ่งพิจารณาจากเมตริกของระดับความรุนแรงจากการสัมผัสแบ่งเกณฑ์ตามความรุนแรงในข้อและระดับโอกาสการสัมผัสในข้างต้น ได้เป็นคะแนนและระดับความเสี่ยง 5 ระดับ คือ ระดับที่ 5 เสี่ยงสูงมาก (20-25 คะแนน) ระดับที่ 4 เสี่ยงสูง (13-19 คะแนน) ระดับที่ 3 เสี่ยงปานกลาง (7-12 คะแนน) ระดับที่ 2 เสี่ยงต่ำ (2-6 คะแนน) และ ระดับที่ 1 ยอมรับได้ (0-1 คะแนน) ตามลำดับ⁽¹²⁾

5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ STATA version 10 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย SD ค่ามัธยฐาน IQR ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และช่วงความเชื่อมั่น 95% สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ Chi-square test, Fisher's exact test, Pearson product-moment correlation coefficient และ Spearman's rank correlation coefficient โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05

งานวิจัยนี้ได้รับอนุมัติและผ่านการรับรองให้ดำเนินการจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เลขที่โครงการ HE 632064

ผลการศึกษา

1. ข้อมูลทั่วไปและข้อมูลการทำงานของพนักงานสถานบริการน้ำมันเชื้อเพลิง

พนักงานส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงจำนวน 118 คน

(ร้อยละ 61.46) อายุอยู่ในช่วง 18-25 ปี จำนวน 63 คน (ร้อยละ 32.81) การศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น 70 คน (ร้อยละ 36.46) ส่วนใหญ่มีสถานภาพสมรสจำนวน 88 คน (ร้อยละ 45.83) ทำงานในตำแหน่งพนักงานเติมน้ำมันจำนวน 150 คน (ร้อยละ 78.13) อายุงาน อยู่ในช่วง 3-12 เดือน จำนวน 79 คน (ร้อยละ 41.15) พนักงานทำงานในเขตพื้นที่ชานเมืองจำนวน 116 คน (ร้อยละ 60.42)

2. ระดับความเข้มข้นสารโพลูอินในบรรยากาศการทำงาน

จากการตรวจวัดระดับความเข้มข้นของโพลูอินในบรรยากาศ พบว่า ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารโพลูอินที่พนักงานสัมผัสมีค่าเท่ากับ 40.30 ± 66.67 ppb และมีค่ามัธยฐานเท่ากับ 18.09 ppb (8.08 - 405.92 ppb) และเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน TLV-TWA ของ ACGIH (2019)⁽⁷⁾ ที่ความเข้มข้นไม่เกิน 20 ppm (20,000 ppb) พบว่าไม่เกินค่ามาตรฐานกำหนด ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยที่พนักงานเติมน้ำมันสัมผัสเท่ากับ 38.46 ± 60.88 ppb พนักงานคิดเงินสัมผัสเท่ากับ 52.58 ± 93.04 ppb พนักงานขับรถขนส่งน้ำมันเท่ากับ 22.67 ± 20.35 ppb ความเข้มข้นเฉลี่ยที่พนักงานทั้งหมดในเขตเมืองสัมผัสเท่ากับ 98.68 ± 119.21 ppb เขตชานเมืองเท่ากับ 31.03 ± 48.60 ppb และเขตนอกเมืองเท่ากับ 22.29 ± 8.94 ppb ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความเข้มข้นของสารโพลีอินในบรรยากาศการทำงาน (ppb)

ข้อมูล	ค่ามัธยฐาน (ต่ำสุด - สูงสุด)	IQR	p-value
ตำแหน่งงาน			0.311
พนักงานเติมน้ำมัน (150)	18.09 (8.08 - 405.92)	29.82	
พนักงานคิดเงิน (34)	18.37 (8.08 - 405.92)	28.75	
พนักงานขับรถส่งน้ำมัน (8)	12.10 (10.54 - 66.06)	19.22	
ชั่วโมงการทำงาน			0.009*
>4-8 ชม/วัน (64)	24.4 (8.08 - 405.92)	50.58	
> 8 ชม/วัน (120)	16.08 (8.08 - 287.47)	24.84	
ที่ตั้งของสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง			<0.001*
ในเมือง (32)	66.06 (15.48 - 405.92)	23.50	
ชานเมือง (116)	15.20 (8.08 - 287.47)	13.89	
นอกเมือง (44)	18.64 (13.82 - 40.86)	13.23	

3. ระดับ Hippuric acid ในปัสสาวะหลังเลิกงาน (mg/g Cr)

จากการวิเคราะห์ระดับ HA ในปัสสาวะของพนักงานหลังเลิกงาน พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ HA ปัสสาวะมีค่าเท่ากับ 422.71 ± 977.97 mg/g Cr ค่ามัธยฐานเท่ากับ 196.66 mg/g Cr (10 - 10,889.47 mg/g Cr) ซึ่งพนักงานเติมน้ำมันมีค่า IQR เท่ากับ 317.36 mg/g Cr พนักงานคิดเงินมีค่า IQR เท่ากับ 236.17 mg/g Cr และพนักงานขับรถขนส่งน้ำมันมีค่า IQR เท่ากับ 296.16 mg/g Cr เมื่อเทียบกับระดับ BEI⁽⁷⁾ ที่ไม่เกิน 1,600 mg/g Cr พบว่าพนักงานที่มีระดับ HA เกิน BEI มีจำนวน 6 คน (ร้อยละ 3.13) เป็นพนักงานเติมน้ำมัน 4 คน (ร้อยละ 2.67) พนักงานคิดเงิน 2 คน (ร้อยละ 5.88) โดยพนักงานขับรถขนส่งน้ำมันไม่เกิน

มาตรฐาน และพนักงานทำงานในพื้นที่ในเมือง 2 คน (ร้อยละ 6.25) ชานเมือง 4 คน (ร้อยละ 3.45) ตามลำดับ ระดับ HA เฉลี่ยของพนักงานเติมน้ำมันมีค่าเท่ากับ $439.12 \pm 1,079.57$ mg/g Cr และพนักงานคิดเงินมีค่าเท่ากับ 356.74 ± 474.72 mg/g Cr พนักงานขับรถขนส่งน้ำมันมีค่าเท่ากับ 395.35 ± 446.05 mg/g Cr ระดับ HA เฉลี่ยของพนักงานในเขตเมืองมีค่าเท่ากับ 640.48 ± 1937.30 mg/g Cr เขตชานเมืองเท่ากับ 426.69 ± 732.16 mg/g Cr และเขตนอกเมืองเท่ากับ 253.85 ± 210.78 mg/g Cr ตามลำดับ จากการหาความสัมพันธ์พบว่าพนักงานที่ทำงานชั่วโมงสูงขึ้นไปจะตรวจพบ HA สูงกว่ากลุ่มทำงานชั่วโมงต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ระดับ HA ของพนักงานสถานบริการน้ำมันเชื้อเพลิงเทียบกับ BEI

ข้อมูล	HA≤50% BEI n (%)	HA>50% BEI n (%)	ค่ามัธยฐาน (ต่ำสุด - สูงสุด)	p-value
ตำแหน่งงาน				0.518
พนักงานเติมน้ำมัน (150)	137 (91.33)	13 (8.67)	197.74 (10 – 10,889.47)	
พนักงานคิดเงิน (34)	30 (88.24)	4 (11.76)	190.55 (19.38 – 2,099.22)	
พนักงานขับรถส่งน้ำมัน (8)	7 (87.50)	1 (12.50)	234.30 (96.69 – 1,436.64)	
ชั่วโมงการทำงาน				0.019*
>4-8 ชม/วัน (72)	70 (97.22)	2 (2.78)	178.68 (10 – 1,436.64)	
> 8 ชม/วัน (120)	104 (86.67)	16 (13.33)	219.04 (10 – 10,889.47)	
ที่ตั้งสถานบริการน้ำมันเชื้อเพลิง				0.173
ในเมือง (32)	29 (90.63)	3 (9.38)	169.19 (10 – 10,889.47)	
ชานเมือง (116)	102 (87.93)	14 (12.07)	231.11 (10 – 6,860)	
นอกเมือง (44)	43 (97.73)	1 (2.27)	177.15 (11.24-837.73)	

*มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ของชั่วโมงการทำงาน (ชม/วัน) และ HA โดย Fisher's exact test

4. ความรุนแรง (อาการแสดงจากการสัมผัสสาร โทลูอินในรอบ 3 เดือนที่ผ่านมา)

จากแบบสัมภาษณ์พบว่าพนักงานมีอาการ จำนวน 114 คน (ร้อยละ 59.38) ไม่มีอาการจำนวน 78 คน (ร้อยละ 40.63) มีอาการในระดับเล็กน้อย จำนวน 66 คน (ร้อยละ 34.38) โดยอาการที่พบมากที่สุดคือ ปวดศีรษะจำนวน 56 คน (ร้อยละ 29.17) รองลงมาคือ ระคายเคืองผิวหนังจำนวน 47 คน (ร้อยละ 24.48) วิงเวียนศีรษะจำนวน 45 คน (ร้อยละ 23.44) ระคายเคืองภายในจมูกจำนวน 34 คน (ร้อยละ 17.71) ระคายเคืองตาจำนวน 24 คน (ร้อยละ 12.50) และไอจำนวน 16 คน (ร้อยละ 8.33) ตามลำดับ ปานกลางคือ เจ็บคอ 32 คน (ร้อยละ 16.67) อาเจียน 11 คน (ร้อยละ 5.73) สับสน 8 คน (ร้อยละ 4.17) และกล้ามเนื้ออ่อนแรง 8 คน (ร้อยละ 4.17) ระดับอาการรุนแรงมากที่พบคือ หมดสติ 1 คน (ร้อยละ 0.52) โดยไม่พบระดับรุนแรง

5. ความเสี่ยงสุขภาพจากการสัมผัสสารโทลูอิน ระดับความเข้มข้นของสารโทลูอินที่พนักงานสัมผัส

ในการทำงาน จากการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารโทลูอินในบรรยากาศการทำงานที่พนักงานสถานบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสัมผัสพบว่าพนักงานส่วนใหญ่สัมผัสสารโทลูอินที่ความเข้มข้นในระดับที่ 1 คือ น้อยกว่าระดับการวิเคราะห์ (non detection-200 ppb) จำนวน 185 คน (ร้อยละ 96.35) และระดับที่ 2 คือ มากกว่า 200-2,000 ppb จำนวน 7 คน (ร้อยละ 3.65) ตามลำดับ

ระดับ Hippuric acid การวิเคราะห์ระดับ HA ในปัสสาวะหลังเลิกงานของพนักงาน พบว่า พนักงานส่วนใหญ่มีระดับ HA อยู่ในช่วงน้อยกว่าระดับการวิเคราะห์ 160 mg/g Cr จำนวน 76 คน (ร้อยละ 39.58) รองลงมาคือ มากกว่า 160-800 mg/g Cr จำนวน 98 คน (ร้อยละ 51.04), มากกว่า 800-1,200 mg/g Cr จำนวน 7 คน (ร้อยละ 3.65) มากกว่า 1,200-1,600 mg/g Cr จำนวน 5 คน (ร้อยละ 2.60) และมากกว่า 1,600 mg/g Cr จำนวน 6 คน (ร้อยละ 3.13) ตามลำดับ

ระดับความถี่ในการสัมผัส (จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อวัน)

จากการสัมภาษณ์พนักงาน พบว่า พนักงานส่วนใหญ่ มีชั่วโมงการทำงานมากกว่า 8 ชั่วโมง/วัน จำนวน 120 คน (ร้อยละ 62.50) รองลงมา คือ มีชั่วโมงการทำงานอยู่ในช่วง 7-8 ชั่วโมง/วัน จำนวน 72 คน (ร้อยละ 37.50)

ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

ความเสี่ยงต่อสุขภาพจากเมตริกความเข้มข้นของโทลูอินพบว่าส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูงกว่ายอมรับ 117 คน (ร้อยละ 60.94) จากการหาความสัมพันธ์โดยใช้ Chi-square test พบว่าพนักงานเขตในเมืองมีความเสี่ยงสูงกว่าเขตอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ความเสี่ยงจากเมตริก HA พบว่าส่วนใหญ่พนักงานมีความเสี่ยงต่อสุขภาพอยู่ในระดับกว่ายอมรับ 155 คน (ร้อยละ 80.73)

จากการวิเคราะห์ที่ใช้ Pearson product-moment correlation coefficient พบความสัมพันธ์ระหว่างความเสี่ยงต่อสุขภาพจากเมตริกความเข้มข้นของโทลูอินและระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากเมตริกความเข้มข้นของ HA ที่ตรวจพบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r = 0.593$, $95\%CI = 0.493-0.678$, $p\text{-value} < 0.001$)

6. ผลการประเมินความเสี่ยงตามตำแหน่งงาน
พนักงานเติมน้ำมัน ($n=150$) ส่วนใหญ่มีระดับ

ความเสี่ยงจากเมตริกความเข้มข้นของโทลูอินที่ระดับ 2 จำนวน 90 คน (ร้อยละ 60.00) ระดับความเสี่ยงจากเมตริกความเข้มข้นของ HA ส่วนใหญ่พบความเสี่ยงในระดับที่ 2 จำนวน 96 คน (ร้อยละ 64.00)

พนักงานคิดเงิน ($n=34$) ส่วนใหญ่มีระดับความเสี่ยงจากเมตริกความเข้มข้นของโทลูอินที่ระดับ 2 จำนวน 20 คน (ร้อยละ 58.82) ระดับความเสี่ยงจากเมตริกความเข้มข้นของ HA ส่วนใหญ่พบความเสี่ยงในระดับที่ 2 จำนวน 26 คน (ร้อยละ 76.47)

พนักงานขับรถขนส่งน้ำมัน ($n=8$) ส่วนใหญ่มีระดับความเสี่ยงจากเมตริกความเข้มข้นของโทลูอินที่ระดับ 2 จำนวน 5 คน (ร้อยละ 62.50) ระดับความเสี่ยงจากเมตริกความเข้มข้นของ HA ส่วนใหญ่พบความเสี่ยงในระดับที่ 2 จำนวน 7 คน (ร้อยละ 87.50)

พบความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเสี่ยงจากเมตริกความเข้มข้นของโทลูอินกับระดับความเสี่ยงจากเมตริกความเข้มข้นของ HA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มของพนักงานเติมน้ำมันและพนักงานคิดเงิน โดยมีค่า $p\text{-value} < 0.001$ และ $p\text{-value} = 0.021$ ตามลำดับ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ระดับความเสี่ยงของโทลูอินจากสารโทลูอินในบรรยากาศ และระดับความเสี่ยงของโทลูอินจากระดับ Hippuric acid ในปัสสาวะตามตำแหน่งงาน ($N=192$)

ตำแหน่ง	ตัวบ่งชี้การสัมผัส	ระดับความเสี่ยงของโทลูอิน จำนวน (ร้อยละ)					สปส.สหสัมพันธ์ (r_s , 95%CI)	p-value
		ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3	ระดับ 4	ระดับ 5		
พนักงานเติมน้ำมัน	Toluene	58 (38.67)	90 (60.00)	2 (1.33)	0	0	0.637	<0.001*
	Hippuric acid	31 (20.67)	96 (64.00)	21 (14.00)	2 (1.33)	0	(0.532 - 0.724)	
พนักงานคิดเงิน	Toluene	14 (41.18)	20 (58.82)	0	0	0	0.394	0.021*
	Hippuric acid	5 (14.71)	26 (76.47)	3 (8.82)	0	0	(0.065 - 0.646)	
พนักงานขับรถขนส่งน้ำมัน	Toluene	3 (37.50)	5 (62.50)	0	0	0	0.488	0.220
	Hippuric acid	1 (12.50)	7 (87.50)	0	0	0	(-0.330 - 0.887)	

อภิปรายผล

ข้อมูลการสัมผัสความเข้มข้นของสารโกลูอินในบรรยากาศการทำงาน ทั้งในส่วนของพนักงานเติมน้ำมัน พนักงานคิดเงิน และพนักงานขับรถขนส่งน้ำมัน ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารโกลูอินที่พนักงานคิดเงินเป็นตำแหน่งงานที่มีการสัมผัสสูงที่สุด มีความสอดคล้องกับการศึกษาความเข้มข้นของพนักงานสถานีบริการน้ำมันที่ผ่านมา พบว่า พนักงานคิดเงินเป็นตำแหน่งงานที่มีการสัมผัสสารโกลูอินสูงสุดเช่นกัน เนื่องจากพนักงานกลุ่มนี้จะต้องนั่งทำงานอยู่กับที่และเป็นพื้นที่ที่มีการระบายอากาศที่ไม่สะดวก⁽⁶⁾ และการสัมผัสในตำแหน่งงานเดียวกันแล้วยังพบในกลุ่มที่มีลักษณะพื้นที่การทำงานคล้ายคลึงกัน เช่น การศึกษาในพนักงานรักษาความปลอดภัยที่ทำงานในบริเวณสำนักงานขายตัวรถไฟฟ้าที่พบว่ามีค่าความเข้มข้นของสารโกลูอินในพื้นที่การทำงานสูงกว่ากลุ่มที่ปฏิบัติงานในพื้นที่ขนส่งที่มีลักษณะสภาพแวดล้อมที่เปิดโล่งมากกว่า⁽¹³⁾ จากการศึกษาเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าการทำงานในพื้นที่ปิดหรือไม่มีการระบายอากาศที่เหมาะสมส่งผลให้พนักงานต้องสัมผัสสารโกลูอินที่มีความเข้มข้นสูงกว่าการทำงานในพื้นที่โล่ง และสำหรับความเข้มข้นที่พนักงานตำแหน่งงานอื่นๆ สัมผัสก็ยังมีถือว่าเป็นอันตรายและส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้เช่นกัน เนื่องจากสารโกลูอินนั้นสามารถพบได้ในสิ่งแวดล้อมได้ เช่น ควันไอเสีย การเผาไหม้เชื้อเพลิงในชุมชน ควันจากการสูบบุหรี่ เป็นต้น⁽¹⁴⁾

การศึกษาครั้งนี้พนักงานส่วนใหญ่ทำงานมากกว่า 8 ชั่วโมงต่อวัน โดยจากการสัมภาษณ์พนักงาน พบว่าการเปิดให้บริการของสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงมักจะเปิดให้บริการอย่างน้อย 12 - 24 ชั่วโมงต่อวัน จึงจะต้องมีการทำงานมากกว่า 48 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ แต่พนักงานเหล่านี้สมัครใจที่จะทำงานล่วงเวลา (OT) เพื่อเพิ่มรายได้และเอื้อต่อการจ้างงานของเจ้าของสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง พนักงานจึงมีระยะเวลาในการทำงานมากกว่า 8 ชั่วโมงต่อวัน (ร้อยละ 62.50) โดยพนักงานเติมน้ำมันเป็นตำแหน่งงานที่มีระยะเวลาในการทำงานเฉลี่ยสูงที่สุด ส่งผลให้เป็นการเพิ่มความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสสารโกลูอิน

ระดับ HA ในปัสสาวะของพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงพบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $0.42 \pm 0.97 \text{ g/g Cr}$ ซึ่งผลการศึกษามีความสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาในกลุ่มพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงของประเทศอิหร่าน⁽¹⁵⁾ ซึ่งพนักงานเติมน้ำมันมีระดับ HA เฉลี่ยสูงที่สุด และมีผู้ที่มีระดับ HA สูงเกินค่ามาตรฐาน และพบในพนักงานคิดเงินมากที่สุด และพบความสัมพันธ์ระหว่างชั่วโมงการทำงานกับระดับของ HA ที่มากกว่า 50% BEI อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าพนักงานที่มีชั่วโมงการทำงานสูงอาจมีการสะสมสารโกลูอินในร่างกายซึ่งอาจมีผลต่อปริมาณระดับความเข้มข้นของ HA ในปัสสาวะได้

ผลระดับความเสี่ยงจากการสัมผัสสารโกลูอิน จากการศึกษาพบว่าพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงมีความเสี่ยงอยู่ในระดับที่สูงกว่ายอมรับได้โดยการศึกษาที่ผ่านมาส่วนใหญ่การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ พบว่าในการสัมผัสกับสารโกลูอินพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงมีค่าต่ำ⁽¹⁶⁾ เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ตั้งของสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงกับระดับความเสี่ยงพบว่า ในระดับสูงกว่ายอมรับได้ส่วนใหญ่อยู่ในเขตในเมือง รองลงมาคือ นอกเมือง และชานเมือง ตามลำดับ ซึ่งพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ตั้งของสถานีบริการน้ำมันมีผลกระทบต่อการได้รับสัมผัสสารโกลูอินของพนักงาน อันเนื่องมาจากในเขตเมืองมีปริมาณการใช้รถยนต์หรือรถโดยสารที่มากกว่าในเขตอื่นๆ ทำให้มีการจราจรที่หนาแน่นซึ่งส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของมลภาวะในบริเวณเขตนี้ อีกทั้งสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงยังต้องมีการให้บริการที่สูงขึ้นเพื่อรองรับการใช้บริการของยานพาหนะต่างๆ อย่างเพียงพอจึงทำให้พนักงานสถานีบริการน้ำมันเขตในเมืองมีโอกาสที่จะสัมผัสกับสารโกลูอินมากกว่าพนักงานในเขตอื่นๆ และจากการศึกษาระดับความเสี่ยงที่อยู่ในระดับสูงกว่าที่ยอมรับได้พบว่าเป็นพนักงานในกลุ่มทำงานมากกว่า 8 ชั่วโมง/วัน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพนักงานตำแหน่งพนักงานเติมน้ำมัน ซึ่งการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการทำงานมากกว่า 4 ชั่วโมง/กะ พบว่าในกลุ่มพนักงานเติมน้ำมันมีโอกาสสัมผัสกับสารสูงที่สุด⁽¹⁷⁾

พบความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากเมตริกความเข้มข้นของโทลูอินและระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากเมตริกความเข้มข้นของ HA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งประยุกต์มาจากเมตริกการศึกษาการสัมผัสสารเบนซีนในพนักงาน⁽¹⁷⁾ ดังนั้นจึงเสนอแนะให้ใช้เมตริกนี้ไปใช้ประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของพนักงานควบคู่ไปกับการตรวจติดตามสารในสภาพแวดล้อม และการตรวจหาสารบ่งชี้ทางชีวภาพ เพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปเฝ้าระวังสุขภาพของพนักงานได้ต่อไป แต่ข้อจำกัดของการศึกษาที่ใช้ข้อมูลทุติยภูมิ นี้ มีพนักงานเก็บเงินและพนักงานขับรถ กลุ่มตัวอย่างไม่กระจายภายใต้สภาพแวดล้อมการทำงานที่มีความเข้มข้นของสารโทลูอินต่ำกว่าค่ามาตรฐานทางอากาศ ดังนั้นจึงเสนอแนะศึกษาในกลุ่มพนักงานเก็บเงินและขับรถขนส่งน้ำมันเพิ่มในการศึกษาครั้งต่อไป

สรุปผล

ผลการประเมินความเสี่ยงของพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงโดยใช้ค่าความเข้มข้นของโทลูอินในบรรยากาศการทำงาน และค่า HA ในปัสสาวะ แม้ว่าส่วนใหญ่พนักงานสถานีบริการมีระดับความเสี่ยงจากเมตริกโทลูอินระดับต่ำ (ร้อยละ 60.42) แต่พบว่าพนักงานส่วนใหญ่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพทั้งระดับต่ำ (ร้อยละ 67.19) ระดับเสี่ยงปานกลาง (ร้อยละ 12.50) และเสี่ยงสูง (ร้อยละ 1.04) และค่า HA เกินระดับ BEI (ร้อยละ 3.13) พบความสัมพันธ์ระหว่างระดับ HA กับชั่วโมงการทำงาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และความเสี่ยงต่อสุขภาพจากเมตริกความเข้มข้นของโทลูอินและระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากเมตริกความเข้มข้นของ HA มีความสัมพันธ์เชิงเส้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงแสดงให้เห็นว่าพนักงานเหล่านี้ต้องมีการเฝ้าระวังความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสสารโทลูอิน โดยการตรวจสารบ่งชี้ทางชีวภาพนี้ได้ การให้ความรู้กับพนักงานและการปฏิบัติงานที่เป็นอันตรายและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นได้ และยังรวมถึงการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลเพื่อลดการสัมผัสกับสารโทลูอิน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานสนับสนุนการวิจัยแห่งชาติ (วช.) เลขที่ 6100007

เอกสารอ้างอิง

1. กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. โรคจากโทลูอิน [อินเทอร์เน็ต]. 2557 [เข้าถึงเมื่อ 22 ตุลาคม 2562]. เข้าถึงได้จาก: <http://envocc.ddc.moph.go.th/contents/view/58>
2. Cruz, L. P. S., Alves, L. P., Santos, A. V. S., Esteves, M. B., Gomes, Í. V. S., Nunes, L. S. S. Assessment of BTEX Concentrations in Air Ambient of Gas Stations Using Passive Sampling and the Health Risks for Workers. JEP 2017;8: 12–25.
3. ศรีรัตน์ ล้อมพงศ์. การประเมินการรับสัมผัสสารโทลูอินและรูปแบบการใช้ชีวิตของ พนักงานเก็บกวาดขยะของสำนักงานเขตแห่งหนึ่งในเขตกรุงเทพมหานคร. วารสารสาธารณสุขมหาวิทยาลัยบูรพา 2559;11(2):3–21.
4. กลุ่มสถิติการขนส่งกองแผนงานกรมการขนส่งทางบก. สถิติกรมการขนส่งทางบก [อินเทอร์เน็ต]. 2561 [เข้าถึงเมื่อ 15 ตุลาคม 2562]. เข้าถึงได้จาก: <https://web.dlt.go.th/statistics>
5. ATSDR. Toluene symptoms [อินเทอร์เน็ต]. 2015 [เข้าถึงเมื่อ 23 ตุลาคม 2562]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp.asp?id=161&tid=29>
6. สุนิสา ชายเกลี้ยง, อุมาร ธงสันเทียะ, พรนภา ศุกรเวทย์ศิริ. การประเมินการสัมผัสสารโทลูอินของพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง. วารสารความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม 2562;4(1):6–12.
7. ACGIH. TLVs and BEIs based on the documentation of the threshold limit values for chemical substances and physical agents & biological exposure indices 2019. Cincinnati, Ohio, USA.

8. กรมธุรกิจพลังงาน. สถิติสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง. ขอนแก่น: สำนักงานพลังงานจังหวัดขอนแก่น; 2562.
9. มาริสา กองสมบัติสุข, ศรีรัตน์ ล้อมพงศ์, อรรพรรณ แก้วบุญชู. ปริมาณการรับสัมผัสสารตัวทำละลายอินทรีย์ที่ส่งผลกระทบต่อระดับไนตริกออกไซด์ของลมหายใจออกของตำรวจจราจรในเขตกรุงเทพมหานคร. JMHS 2556;20(3):16-24.
10. NIOSH. Hydrocarbons, Aromatic: Method 1501. In: Eller PM, ed. NIOSH Manual of Analytical Methods. 4th rev. ed. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health 2003, DHHS (NIOSH) Publication No. 94-113
11. สุนิสา ชายเกลี้ยง, พรนภา ศุกรเวทย์ศิริ, ศศิธร ตั้งสวัสดิ์, วิชัย พงษ์ธาราธิกุล. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ โดยใช้ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของการสัมผัสสารเบนซีนในพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง. วารสารวิชาการสาธารณสุข 2560;26(2): 272-80.
12. Chaiklieng S, Pimpasaeng C, Suggaravetsiri P. Assessment of benzene exposures in the working environment at gasoline stations. EA 2015;8(2): 56-62.
13. Chimplee T, Taneepanichskul N. Benzene and toluene exposure in relation to their health effects among sky-train station guards in Bangkok, Thailand. Journal of Health Research 2015;29 Suppl 2:S177-84.
14. Hosaini PN, Khan M F, Mustaffa NIH, Amil N, Mohamad N, Jaafar SA, et al. Concentration and source apportionment of volatile organic compounds (VOCs) in the ambient air of Kuala Lumpur, Malaysia. Natural Hazards 2017;85(1):437-52.
15. Bahrami A, Jonidi A, Folladi B, Mahjub H, Sadri Q, Motamedzade M. Comparison of urinary O-cresol and hippuric acid in drivers, gasoline station workers and painters exposed to toluene in west of Iran. PJBS 2005;8(7):1001-5.
16. Yimrungruang D, Cheevaporn V, Boonphakdee T, Watchalayann P, Helander HF. Characterization and health risk assessment of volatile organic compounds in gas service station workers. EA 2008;2:21-2.
17. Chaiklieng S, Pimpasaeng C, Thapphasaraphong S. Benzene Exposure at Gasoline Stations: Health Risk Assessment. Hum. Ecol. Risk Assess 2015; 21(8):2213-22.