การประเมินความเสี่ยงต่อการสัมผัสสารเบนซีนผ่านทางการหายใจในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง

สุนิสา ชายเกลี้ยง[1*] และสายชล แปรงกระโทก[2]

[1]คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[2]สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 6 จังหวัดขอนแก่น

บทคัดย่อ

สารเบนซีนจัดอยู่ในกลุ่มสารก่อมะเร็งที่พบได้ในบรรยากาศจากการระเหยของน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งพนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสามารถได้รับสารผ่านทางการหายใจเป็นเส้นทางหลักในขณะเติมน้ำมัน การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อการสัมผัสสารเบนซีนผ่านทางการหายใจ โดยการตรวจวัดความเข้มข้นของเบนซีนที่ระดับทางเดินหายใจ ในพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น โดยแบ่งออกเป็น 3 เขต ได้แก่ เขตเมือง เขตชานเมือง และเขตนอกเมือง รวม 48 ตัวอย่าง ทำการตรวจวัดปริมาณสารเบนซีนที่ระดับทางเดินหายใจส่วนบุคคล ด้วยวิธี Active sampler วิเคราะห์โดยใช้วิธีแก๊สโครมาโตกราฟี (GC-FID) พบช่วงความเข้มข้นอยู่ที่ 0.010-0.050 ppm ซึ่งค่าที่ตรวจพบนี้ไม่เกินมาตรฐานความปลอดภัย TLV-TWA (ACGIH) ด้านปริมาณการสัมผัสสารเบนซีนจากการหายใจไอระเหยของสารเบนซีน พบอยู่ในช่วง 0.015-0.076 mg/kg/d โดยพบค่าสูงสุดที่เขตนอกเมือง ด้านค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพในระยะยาวจากการสัมผัสสารเบนซีนทางการหายใจ มีค่า HQ อยู่ในช่วง 1.25-6.33 ซึ่งพบความเสี่ยงสูงสุดในเขตนอกเมือง เมื่อประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งพบว่า ความเข้มข้นและการสัมผัสมีความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็ง ($> 1 \times 10^{-6}$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 4.09×10^{-4}-2.08×10^{-3} ดังนั้นจึงเสนอแนะให้มีการอบรมด้านความปลอดภัยแก่พนักงาน เพื่อให้เกิดความตระหนักถึงอันตราย และการป้องกันการสัมผัสของพนักงาน โดยจัดให้มีการเฝ้าระวังสุขภาพและตรวจประเมินด้านการรับผัสสารในพนักงานอย่างต่อเนื่องทุกปี

คำสำคัญ: สารเบนซีน มะเร็ง สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง การสัมผัสผ่านทางเดินหายใจ

[*]**ผู้รับผิดชอบบทความ**

ผศ.ดร. สุนิสา ชายเกลี้ยง

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

E-mail: csunis@kku.ac.th

Risk Assessment on Inhalation Exposure to Benzene at Gasoline Stations

Sunisa Chaiklieng[1*] and Saichon Praengkrathok[2]
[1]Faculty of Public Health, Khon Kaen University
[2]Office Disease Prevention and Control 6, Khon Kaen Province

Abstract

Benzene is known as carcinogen which can be evaporated from gasoline into an ambient air. Workers at gasoline station mainly expose to benzene through inhalation. The aim of this survey study was to assess risk on benzene exposure via inhalation among gasoline station workers in Muang Khon Kaen district, Khon Kaen province. There were 3 categorized zones as urban, suburban and rural (n = 48). The data collection was conducted by an interview of general information. The sampling was collected by personal active sampling and samples were analyzed by Gas Chromatography (GC-FID). The results showed that benzene concentration was ranged between 0.010-0.050 ppm. Air benzene concentrations were lower than the standard (TLV-TWA) recommended by ACGIH (0.05 ppm). The calculated intake of benzene though inhalation of workers was ranged from 0.015 to 0.076 mg/kg/d. The highest value was in rural zone. The health risk on benzene exposure was found as HQ ranged from 1.25 to 6.33 and the highest value was in rural zone. The risk estimation revealed that the cancer risk level of exposure to benzene among these workers were higher than an acceptable risk level (1×10^{-6}) which ranged from 4.09×10^{-4} to 2.08×10^{-3}. The suggestion is there should be promoting occupational and safety training for workers to be aware of hazard and prevention of exposure to benzene. Health surveillance program by annual monitoring should be provided for these workers.

Keywords: Benzene, Cancer, Gasoline stations, Inhalation exposure

[*]**Corresponding author**
Asst. Prof. Dr. Sunisa Chaiklieng
Faculty of Public Health, Khon Kaen University, Muang Khon Kaen, Khon Kaen Province, 40002
Email: csunis@kku.ac.th

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการพัฒนาด้านเศรษฐกิจ อุตสาหกรรม และการคมนาคมอย่างรวดเร็ว โดยพลังงานที่มีการใช้มากที่สุด คือ พลังงานน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งพบว่ามีปริมาณการใช้เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง[1] โดยจังหวัดขอนแก่นเป็นเมืองเศรษฐกิจและท่องเที่ยวที่สำคัญแห่งหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีแนวโน้มการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มสูงขึ้น อันเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนยานพาหนะอย่างรวดเร็ว[2] โดยปัจจุบันจังหวัดขอนแก่นมีจำนวนสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงถึง 494 แห่ง โดยอำเภอเมือง เป็นอำเภอที่มีสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสูงที่สุด คือ 94 แห่ง[3] จากการศึกษาที่ผ่านมาพบสารเบนซีนในน้ำมันเบนซิน ร้อยละ 1.63[4] และยังพบสารเบนซีนปนเปื้อนในน้ำมันดิบในปริมาณ 4 กรัมต่อลิตร[5] โดยจากการศึกษาระดับเบนซีนในอากาศบริเวณริมถนนที่การจราจรหนาแน่นในเขตกรุงเทพมหานครมีการตรวจพบสารเบนซีนในปริมาณ 33.71 ppb ซึ่งการได้รับสารเบนซีนจะสูงขึ้นในกลุ่มที่มีโอกาสได้รับสารเบนซีนโดยตรงในขณะปฏิบัติงาน เช่น พนักงานเติมน้ำมันในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง (121.67 ppb) และพนักงานในโรงงานปิโตรเลียม (72.55 ppb)[6] และจากการประเมินการรับสัมผัสสารอินทรีย์ระเหย (สารวีโอซี) ของพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตกรุงเทพมหานคร พบปริมาณสารเบนซีนเฉลี่ย 8 ชั่วโมงของการทำงานของพนักงานอยู่ในช่วงตั้งแต่ 308-852 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร[7] หรือ 92.4-255.6 ppb

สารเบนซีนสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ทั้งการหายใจ การดูดซึมผ่านผิวหนังและผ่านระบบทางเดินอาหาร ผลทางพิษวิทยาของเบนซีน มีทั้งพิษแบบเฉียบพลันและเรื้อรัง จากการเฝ้าระวังในพนักงานกลุ่มเสี่ยงที่รับสัมผัสสารอินทรีย์ระเหยง่ายในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง พบว่า พนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงมีอาการต่างๆ เช่น ปวดศีรษะ เวียนศีรษะ และอ่อนเพลีย[8] โดยมีรายงานว่าจากการสัมผัสที่ความเข้มข้นต่ำ พนักงานมีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งจากการสัมผัสสารเบนซีนได้[7] นอกจากนั้นการสัมผัสกับสารระดับความเข้มข้นต่ำ สามารถทำให้เกิดมะเร็งเม็ดเลือดขาวชนิดเฉียบพลัน (Acute leukemia) และความผิดปกติของไขกระดูก (Myelodysplastic syndromes)[9]

พนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นกลุ่มที่มีโอกาสได้รับสัมผัสสารเบนซีนโดยตรงผ่านระบบทางเดินหายใจ ซึ่งกระทรวงอุตสาหกรรมได้กำหนดให้มีการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก. 2555) ด้านการสัมผัสสารเคมีอันตรายในบรรยากาศการทำงาน เนื่องจากมีการตรวจพบสารเคมีอันตราย เช่น เบนซีนโทลูอีน เป็นต้น[10] แต่จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า พนักงานในกลุ่มนี้ นอกจากจะมีโอกาสได้รับสัมผัสสารเบนซีนแล้ว ยังขาดโอกาสในการเข้าถึงความรู้และการป้องกันอันตรายจากสารเบนซีนอีกด้วย[11] ซึ่งทั้งนี้อาจเกิดจากความไม่ชัดเจนของการบังคับทางกฎหมายและยังขาดการตรวจสอบ ทำให้สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงส่วนใหญ่ในจังหวัดขอนแก่น ไม่มีการดำเนินการอื่นใดในการเฝ้าระวังด้านสิ่งแวดล้อม หรือ สุขภาพของพนักงาน ในส่วนของการศึกษาวิจัยที่ผ่านมา พบเพียงการตรวจวัดและประเมินความเข้มข้นของสารอันตรายดังกล่าว ซึ่งยังขาดในด้านการประเมินความเสี่ยง ซึ่งสามารถ

บ่งชี้ผลกระทบต่อสุขภาพในระยะยาวได้ ดังนั้นการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของพนักงานจึงเป็นข้อมูลที่สำคัญ เพื่อบ่งชี้ผลกระทบต่อสุขภาพที่อาจเกิดขึ้น จากการสัมผัสสารเบนซีนในระยะยาวโดยการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อการสัมผัสสารเบนซีนโดยการตรวจวัดสารเบนซีนที่ระดับทางเดินหายใจของพนักงาน ในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น เพื่อประโยชน์ต่อการจัดการด้านความเสี่ยงต่อสุขภาพของพนักงาน และการเฝ้าระวังทางระบาดวิทยาเพื่อป้องกันหรือควบคุมการเกิดอันตรายจากสารเบนซีนต่อพนักงานของสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงต่อไป

วัสดุและวิธีการทดลอง

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงสำรวจแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional survey study) ทำการตรวจวัดสารเบนซีนที่ระดับทางเดินหายใจแบบติดตามตัวของพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่นและทำการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ โดยการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ผ่านการขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์มหาวิทยาลัยขอนแก่น ใบอนุญาตเลขที่ HE 552239

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลจำนวนสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น มีจำนวน 94 แห่ง[12] มีพนักงานทั้งหมดรวม 658 คน จึงใช้สูตรการคำนวณขนาดตัวอย่างเพื่อประมาณค่าเฉลี่ยของประชากร กรณีประชากรมีขนาดเล็ก[13] โดยใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสารเบนซีนในอากาศของพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตกรุงเทพมหานคร จากการศึกษาที่ผ่านมามีค่าเท่ากับ 0.25[7] และกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.05 ดังนั้นจึงทำการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อวัดความเข้มข้นสารเบนซีนในบรรยากาศ แบบส่วนบุคคล (Personal sampling) จำนวน 48 คนกระจายตามสัดส่วนในเขตเมือง ชานเมือง และนอกเมืองโดยเขตเมือง หมายถึง พื้นที่ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น และ ผู้พักอาศัยส่วนใหญ่ไม่ได้ประกอบอาชีพเกษตรกรรม เขตชานเมือง หมายถึง พื้นที่รอบๆ เขต ตำบลในเมือง ส่วนใหญ่อยู่ติดถนนมิตรภาพ ส่วนเขตนอกเมือง หมายถึง พื้นที่ที่ไม่ได้อยู่ในเขต ตำบลในเมือง และผู้พักอาศัยส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม เพื่อประเมินความเสี่ยงของพนักงานตามเขตพื้นที่จึงต้องมีการสัมภาษณ์พนักงานทุกคนที่เก็บตัวอย่างอากาศ โดยมีจำนวนรวมทั้งสิ้น 48 คน โดยมีเกณฑ์การคัดเข้าของกลุ่มตัวอย่าง (Inclusion criteria) คือ 1) อายุ 18-60 ปี และเป็นพนักงานประจำ (Full time) 2) ทำหน้าที่เติมน้ำมันเป็นหลัก 3) มีอายุการทำงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงตั้งแต่ 6 เดือนขึ้นไป และทำงานต่อเนื่อง 8 ชั่วโมง 4) ไม่สูบบุหรี่ และ 5) สมัครใจเข้าร่วมโครงการ

เครื่องมือในการประเมินความเสี่ยง

1. แบบสัมภาษณ์ เพื่อทราบข้อมูลทั่วไป น้ำหนักและประวัติอาการป่วยในรอบ 6 เดือนที่ผ่านมาของพนักงานกลุ่มตัวอย่าง
2. การตรวจวัดระดับความเข้มข้นสารเบนซีนในบรรยากาศการทำงานที่ระดับทางเดินหายใจส่วนบุคคล โดยอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการเก็บตัวอย่าง คือ

Active sampler เป็นหลอดชนิด Sorbent coconut charcoal tube ในพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น และทำการตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี แก๊สโครมาโตรกราฟ และใช้ Detector ชนิด FID (Gas chromatography flam ionization: GC-FID) โดยมาตรฐานการตรวจวัดและการตรวจวิเคราะห์เป็นไปตามมาตรฐาน National Institute for Occupational Safety and Health manual number 1501 (NIOSH 1501)[14] โดยค่าต่ำสุดที่สามารถวัดได้ในห้องปฏิบัติการ (Detection limit) คือ 0.03 ppb

3. ความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสสารเบนซีน

- *การคำนวณปริมาณสิ่งคุกคามที่ได้รับจากการหายใจไอระเหยตามหลักของ US. EPA (2009); US. Environmental Protection Agency สำหรับคนทำงาน*

$$Intake = \frac{(CA \times IR \times ET \times EF \times ED)}{(BW \times AT)} \quad \text{(สมการ 1)}$$

โดยตัวแปรที่แนะนำโดยองค์กรการพิทักษ์สิ่งแวดล้อม

Intake คือ ปริมาณสารที่ได้รับทางระบบทางเดินหายใจ หน่วย; มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (mg/kg/d)

CA คือ ค่าความเข้มข้นของสารในอากาศ หน่วย; มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m^3) กำหนดใช้ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 95

IR คือ ค่าอัตราการหายใจต่อชั่วโมงของแต่ละคน หน่วย; ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง (m^3/h) กำหนดให้เท่ากับ 2.5 m^3/h (สำหรับกิจกรรมที่ต้องใช้แรงมาก)

ET คือ ค่าเวลาในการสัมผัสในแต่ละกิจกรรม หน่วย; ชั่วโมงต่อวัน (h/d)

EF คือความถี่ของการสัมผัส หน่วย; วันต่อปี (d/y); สำหรับงานอุตสาหกรรมกำหนดให้เท่ากับ 250 วันต่อปี

ED คือ ระยะเวลาการสัมผัส หน่วย; ปี (y); สำหรับงานอุตสาหกรรมกำหนดให้เท่ากับ 25 ปี

BW คือน้ำหนักของร่างกายแต่ละบุคคล หน่วย; กิโลกรัม (kg)

AT คือ ระยะเวลาเฉลี่ยในการได้รับสาร หน่วย; วัน (d); กำหนดให้ AT = 250 d/y × 25 y

- *การวิเคราะห์ค่าความเสี่ยงจากการได้รับสัมผัสสารที่ทำให้เกิดมะเร็ง*

Lifetime cancer risk = CSF × CDI (สมการ 2)

CSF คือ Cancer potential (slope) factor หน่วย; มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (mg/kg/d) ค่าเท่ากับ 2.73×10^{-2} mg/kg/d[15]

CDI คือ การสัมผัสตลอดช่วงชีวิต หน่วย; มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน mg/kg/d (ได้จากค่า Intake ในสมการที่ 1)

- *การประเมินค่าความเสี่ยงจากการสัมผัสทางการหายใจ*

Hazard quotient (HQ) = Intake/RfD (สมการ 3)

Intake คือ ปริมาณสารที่ได้รับทางระบบทางเดินหายใจ (ได้จากสมการที่ 1)

RfD คือ Inhalation reference dose ค่าเท่ากับ 0.012 mg/kg/d[16]

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิจัยครั้งนี้วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม STATA10 โดยข้อมูลทั่วไป ค่าน้ำหนักตัว และ ประวัติอาการป่วยของพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง วิเคราะห์ด้วยสถิติพรรณนา นำเสนอด้วยค่าความถี่ ร้อยละค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความเข้มข้นสารเบนซีนที่ระดับทางเดินหายใจส่วนบุคคลวิเคราะห์ด้วยสถิติพรรณนา นำเสนอด้วย ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด ต่ำสุด และค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 95 และวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงอนุมาน นำเสนอด้วยค่า 95%CI ปริมาณการสัมผัสสารเบนซีนจากการหายใจไอระเหย (Intake) ค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งและค่าความเสี่ยงจากการสัมผัสทางการหายใจ วิเคราะห์ด้วยสถิติพรรณนา นำเสนอด้วยค่าสูงสุด ต่ำสุดและค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 95

ผลการศึกษา

ข้อมูลทั่วไป

จากการสัมภาษณ์พนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงจำนวน 48 คน พบว่า เป็นพนักงานในเขตเมือง ร้อยละ 39.58 พนักงานในเขตชานเมือง ร้อยละ 20.84 และ พนักงานในเขตนอกเมือง ร้อยละ 39.58 เป็นเพศชาย ร้อยละ 56.25 เพศหญิง ร้อยละ 43.75 ส่วนใหญ่อายุระหว่าง 31-40 ปี รองลงมาคือ อายุในช่วง 18-20 ปี และ 21-30 ปี ร้อยละ 22.92 ลำดับสามคือ ช่วงอายุ 41-50 ปี ร้อยละ 16.66 และสุดท้ายคือ อายุในช่วง 51-60 ปี ร้อยละ 4.17 ด้านระดับการศึกษา พบว่า ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ร้อยละ 50.00 ซึ่งมีสัดส่วนใกล้เคียงกับการศึกษาระดับประถมศึกษา ร้อยละ 43.75 พบระดับการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. น้อยที่สุด คือร้อยละ 6.25

ข้อมูลค่าน้ำหนักและค่าเวลาในการสัมผัสสาร

น้ำหนักของร่างกายและค่าเวลาในการสัมผัส จำแนกตามพื้นที่ของสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง พบว่า พนักงานในเขตนอกเมือง มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยสูงสุด คือ 63.40 กิโลกรัม รองลงมาคือ เขตเมือง 62.30 กิโลกรัม และเขตชานเมือง 57.80 กิโลกรัม สำหรับค่าเวลาในการสัมผัสพบว่า ชั่วโมงการทำงานต่อวันของพนักงาน ในเขตนอกเมือง มีชั่วโมงการทำงานสูงสุด คือ 12.16 ชั่วโมง รองลงมา คือ เขตเมือง 9.79 ชั่วโมง และเขตชานเมือง 8.60 ชั่วโมง ดังตารางที่ 1 ด้านประวัติอาการเจ็บป่วยในรอบ 6 เดือนที่ผ่านมาของพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง พบว่า พนักงานมีอาการปวดศีรษะ มึนงง อ่อนเพลีย ถึงร้อยละ 68.75 มีอาการทางระบบทางเดินหายใจร้อยละ 41.67 และมีอาการผื่นคันทางผิวหนัง ร้อยละ 37.50

ระดับความเข้มข้นของสารเบนซีนในบรรยากาศการทำงานที่ระดับทางเดินหายใจ

จากการตรวจวัดระดับความเข้มข้นของสารเบนซีนในบรรยากาศการทำงานที่ระดับทางเดินหายใจ พบว่า พนักงานทั้งหมดมีระดับความเข้มข้นของสารเบนซีนในบรรยากาศการทำงานที่ระดับทางเดินหายใจของพนักงานตลอดช่วงเวลาการทำงานไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานค่าแนะนำความปลอดภัยในบรรยากาศ ของ ACGIH (2012)[17] ที่กำหนดไว้ คือ 0.50 ppm ค่าเฉลี่ยที่วัดได้ คือ 0.046 ppm ค่าความแปรปรวน 0.010 ค่าต่ำสุด 0.01 ppm

ตารางที่ 1 น้ำหนักของร่างกายและค่าเวลาในการสัมผัส จำแนกตามพื้นที่สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง

ตัวแปร	พื้นที่สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง [จำนวน (ร้อยละ)]		
	เมือง	ชานเมือง	นอกเมือง
น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)			
40-59	8 (42.11)	5 (50.00)	6 (31.58)
60-79	10 (52.63)	5 (50.00)	13 (68.42)
80 ขึ้นไป	1 (5.26)	0 (0.00)	0 (0.00)
Mean ± SD	62.30 ± 11.80	57.80 ± 12.50	63.40 ± 9.80
เวลาในการสัมผัส (ชม.)			
1-8	3 (15.79)	4 (40.00)	2 (10.53)
9-16	15 (78.95)	6 (60.00)	13 (68.42)
17 ขึ้นไป	1 (5.26)	0 (0.00)	4 (21.05)
Mean ± SD	9.79 ± 3.54	8.60 ± 0.52	12.16 ± 4.89

ค่าสูงสุด คือ 0.050 ppm และค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 95 เท่ากับ 0.05 โดยสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงเขตเมืองพบความเข้มข้นของสารเบนซีนสูงสุด ค่าเฉลี่ยที่วัดได้ คือ 0.048 ppm ค่าความแปรปรวน 0.008 ค่า 95%CI อยู่ในช่วง 0.043-0.052 ค่าต่ำสุด 0.012 ppm ค่าสูงสุด 0.050 ppm และค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 95 เท่ากับ 0.050 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ระดับความเข้มข้นของสารเบนซีนในบรรยากาศการทำงานที่ระดับทางเดินหายใจของ พนักงานตลอดช่วงเวลาการทำงาน (n = 48)

เขตที่ตั้งสถานีฯ	ระดับความเข้มข้นของสารเบนซีนในบรรยากาศการทำงานที่ระดับทางเดินหายใจ					
	Mean (ppm)	SD	95%CI	Min (ppm)	Max (ppm)	95th percentile
เมือง	0.048	0.008	0.043-0.052	0.012	0.050	0.050
ชานเมือง	0.046	0.011	0.038-0.054	0.014	0.050	0.050
นอกเมือง	0.046	0.011	0.041-0.052	0.010	0.050	0.050

เมื่อแทนค่าสมการคำนวณปริมาณสิ่งคุกคามที่ได้รับจากการหายใจไอระเหยตามหลักของ US. EPA (2009) สำหรับคนทำงานจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าพนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงมีการรับสัมผัสสารเบนซีนโดยใช้ความเข้มข้นตัวแทนจากค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 95

ค่าสูงสุดค่าต่ำสุดได้ระดับการรับสัมผัสจำแนกตามพื้นที่ของสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงมีค่าต่ำสุด 0.015 mg/kg/d ค่าสูงสุด 0.076 mg/kg/d ค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 95 เท่ากับ 0.076 mg/kg/d ซึ่งสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงเขตนอกเมืองมีการรับสัมผัสสูงสุดดังแสดงผลในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณการสัมผัสสารเบนซีนจากการหายใจไอระเหยตามหลักของ US. EPA (2009) (n = 48)

เขตที่ตั้งสถานีฯ	การรับสัมผัสสารเบนซีนจากการหายใจไอระเหย (mg/kg/d)		
	Min	Max	95th percentile
เมือง	0.015	0.062	0.062
ชานเมือง	0.016	0.059	0.059
นอกเมือง	0.015	0.076	0.076

เมื่อวิเคราะห์ค่าความเสี่ยงจากการได้รับสารที่ทำให้เกิดมะเร็งพบว่ามีค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งมากกว่า 1×10^{-6} (หนึ่งคนในหนึ่งล้านคน) โดยมีค่าต่ำสุด 4.09×10^{-4} ค่าสูงสุด 2.08×10^{-3} ค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 95 เท่ากับ 2.08×10^{-3} ซึ่งเมื่อใช้ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 95 พบว่าสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตนอกเมืองมีค่าความเสี่ยงจากการได้รับสารที่ทำให้เกิดมะเร็งสูงสุดในอัตรา สองคนต่อพันคน ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งจากการได้รับสัมผัสสารเบนซีน (n = 48)

เขตที่ตั้งสถานีฯ	ค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งจากการใช้ค่าตัวแทนความเข้มข้น		
	Min	Max	95th percentile
เมือง	4.09×10^{-4}	1.69×10^{-3}	1.69×10^{-3}
ชานเมือง	4.37×10^{-4}	1.61×10^{-3}	1.61×10^{-3}
นอกเมือง	4.09×10^{-4}	2.08×10^{-3}	2.08×10^{-3}

ผลการประเมินค่าความเสี่ยงจากการสัมผัสทางการหายใจโดยใช้ความเข้มข้นตัวแทนจากค่าสูงสุดค่าต่ำสุดค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 95 พบว่าพนักงานทุกคนมีความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสสารเบนซีนโดยการหายใจมีค่าความเสี่ยงมากกว่า 1 มีค่าต่ำสุด 1.25 ค่าสูงสุด 6.33 ค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 95 เท่ากับ 6.33 ซึ่งสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตนอกเมือง มีค่าความเสี่ยงจากการสัมผัสทางการหายใจสูงสุด ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การประเมินค่าความเสี่ยงจากการสัมผัสทางการหายใจ (n = 48)

เขตที่ตั้งสถานีฯ	ค่าความเสี่ยงจากการสัมผัสทางการหายใจจากการใช้ค่าตัวแทนความเข้มข้น		
	Min	Max	95th Percentile
เมือง	1.25	5.17	5.17
ชานเมือง	1.33	4.92	4.92
นอกเมือง	1.25	6.33	6.33

อภิปรายผล

จากการตรวจวัดสารเบนซีนที่ระดับทางเดินหายใจของพนักงาน พบระดับความเข้มข้นของสารเบนซีน อยู่ในช่วง 0.010-0.050 ppm ค่าเฉลี่ยที่วัดได้คือ 0.046 ppm (46 ppb) ซึ่งแม้ว่าค่าดังกล่าวไม่เกินค่าแนะนำความปลอดภัยในบรรยากาศที่ ACGIH กำหนดในปี 2012 คือ 0.50 ppm[17] แต่องค์กร US. EPA ได้บ่งชี้ว่า การรับสัมผัสผ่านทางเดินหายใจสามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้ร้อยละ 50 ซึ่งองค์กรดังกล่าวได้เสนอแนะค่าความเข้มข้นอ้างอิงที่ระดับทางเดินหายใจ (Inhalation reference concentration; RfC)[18] อยู่ที่ ไม่เกิน 0.03 mg/m^3 หรือ 9 ppb ซึ่งจากการนำค่าเฉลี่ยดังกล่าวไปคำนวณพบว่า ค่าประมาณการสัมผัสผ่านทางเดินหายใจ สูงเกินกว่าค่าความเข้มข้นอ้างอิงดังกล่าว

จากการประเมินการรับสัมผัสเบนซีนพบว่าในเขตนอกเมืองมีปริมาณการรับสัมผัสสารเบนซีน (0.076 mg/kg/d) มากกว่าพื้นที่ในเมือง (0.062 mg/kg/d) และชานเมือง (0.059 mg/kg/d) ตามลำดับ อันอาจเนื่องมาจากค่าเวลาในการสัมผัสและน้ำหนักร่างกายของบุคคลที่แตกต่างกัน โดยสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงเขตนอกเมืองส่วนใหญ่จะเป็นสถานีบริการน้ำมันขนาดเล็กจะเปิดให้บริการตั้งแต่เช้าจนถึงหัวค่ำ พนักงานไม่มีการทำงานเป็นกะ ค่าเวลาการสัมผัสจึงมากกว่าในพื้นที่อื่นโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 12.2 ชั่วโมงต่อวัน ส่วนสถานีบริการน้ำมันในเขตเมืองส่วนใหญ่จะเป็นสถานีขนาดเล็กถึงขนาดกลางซึ่งจะเปิดให้บริการตั้งแต่เช้าจนถึงดึกตามลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมพนักงานจะทำงานแบบเหลื่อมกะโดยเวลาในการสัมผัสของพนักงานเฉลี่ยอยู่ที่ 9.8 ชั่วโมงต่อวัน ในขณะที่สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตชานเมืองส่วนใหญ่ตั้งอยู่ริมถนนมิตรภาพเป็นสถานีขนาดกลางถึงขนาดใหญ่จะเปิดตลอด 24 ชั่วโมง พนักงานจะมีการทำงานหมุนเวียนเป็นกะ ค่าเวลาในการสัมผัสของพนักงานเฉลี่ยจึงน้อยอยู่ที่ 8.6 ชั่วโมงต่อวัน และเมื่อพิจารณาตัวแปรด้านน้ำหนักตัวของแต่ละบุคคลพบน้ำหนักพนักงานเฉลี่ยในเขตนอกเมือง (63.4 กิโลกรัม) จะมากกว่าในเขตเมือง (62.3 กิโลกรัม) และชานเมือง (57.8 กิโลกรัม) ตามลำดับ นอกจากนั้นยังพบว่า กรมธุรกิจพลังงานกระทรวงพลังงาน (2558)[1] ได้จัดให้มีโครงการการรับรองมาตรฐาน “ปั๊มคุณภาพปลอดภัยน่าใช้บริการ”[19] ในสถานประกอบการขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ (ประเภท ก และ ข) ปีละ1,500 แห่งทั่วประเทศเพื่อยกระดับมาตรฐานของสถานีบริการน้ำมันและระบบการควบคุมคุณภาพน้ำมันเชื้อเพลิงการให้บริการและมีส่วนร่วมในการปลูกจิตสำนึกด้านความปลอดภัยให้กับประชาชน ซึ่งสถานีบริการที่สามารถเข้าร่วมได้ ส่วนใหญ่เป็นสถานีบริการ

น้ำมันเชื้อเพลิงที่ตั้งอยู่ในเขตในเมืองและชานเมือง ทำให้สถานีบริการน้ำมันในเขตนอกเมืองซึ่งเป็นสถานีบริการน้ำมันขนาดเล็กอยู่นอกกรอบที่กำหนดไม่สามารถเข้าร่วมในการพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานได้ จึงอาจส่งผลให้พนักงานในเขตนอกเมืองมีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสสารเบนซีนมากกว่าพื้นที่อื่น

เมื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพระยะยาวจากการสัมผัสสารเบนซีนพบว่าพนักงานมีความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งอยู่ในช่วง 4.09×10^{-4}-2.08×10^{-3} ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (1×10^{-6}) และสอดคล้องกับการศึกษาของไพลิน ทวีวงษ์[7] ที่พบว่าพนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงมีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งเนื่องจากการรับสัมผัสสารเบนซีนอยู่ในช่วง 3.42×10^{-4}-1.23×10^{-3} สนับสนุนด้วยการศึกษาของ Kitwattanavong *et al.*[20] พบว่า พนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงมีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งเนื่องจากรับสัมผัสสารเบนซีนอยู่ในช่วง 4.14×10^{-5}-4.99×10^{-4} และเมื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสสารเบนซีนทางการหายใจพบว่าพนักงานทุกคนมีความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสสารเบนซีนในระยะยาว แม้จะพบความเข้มข้นในระดับต่ำ ซึ่งเขตที่พนักงานมีค่าความเสี่ยงมากที่สุดคือเขตนอกเมือง (6.33) รองลงมาเขตเมือง (5.17) และชานเมือง (4.92) ตามลำดับ ถึงแม้ว่าค่าการตรวจวัดความเข้มข้นของสารเบนซีนในอากาศของพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงมีความเข้มข้นที่ต่ำไม่สูงเกินค่าแนะนำความปลอดภัยที่กำหนดไว้แต่พนักงานยังคงมีความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสารเบนซีนโดยในรอบ 6 เดือนที่ผ่านมาพนักงานมีอาการปวดศีรษะ มึนงง อ่อนเพลีย ถึงร้อยละ 68.75 มีอาการทางระบบทางเดินหายใจร้อยละ 41.67 มีอาการผื่นคันทางผิวหนัง ร้อยละ 37.50 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาของ Tunsaringkarn *et al.*[21] ที่ทำการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง และพบว่าพนักงานกลุ่มดังกล่าวมีความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งจากการสัมผัสสารเบนซีนในช่วงระยะเวลา 30 ปี และยังพบว่า พนักงานกลุ่มเดียวกันนี้มีอาการ ปวดศีรษะ อ่อนเพลีย และระคายเคืองที่ลำคอ[21] นอกจากนี้ยังพบว่าหากมีการสัมผัสสารเบนซีนเป็นระยะเวลานาน อาจมีผลต่อระบบเลือดทำลายไขกระดูกส่งผลให้จำนวนเม็ดเลือดแดงลดลง ซึ่งจะทำให้เกิดโรคมะเร็งได้[7] โดยทำให้เกิด Acute leukemia, Myelodysplastic syndromes[9] และเป็นสาเหตุของมะเร็งเม็ดเลือดขาว[22] นอกจากนั้นในกลุ่มหญิงตั้งครรภ์มีความเสี่ยงต่อการคลอดก่อนกำหนด[23] และทารกแรกเกิดอาจมีน้ำหนักน้อยกว่าปกติ[24]

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการประเมินความเสี่ยงการสัมผัสสารเบนซีน ผ่านการตรวจวัดสารเบนซีนที่ระดับทางเดินหายใจ ในพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น โดยแบ่งออกเป็น 3 เขต ได้แก่ เขตเมือง เขตชานเมือง และเขตนอกเมือง พบระดับความเข้มข้นของสารเบนซีนในบรรยากาศการทำงานที่ระดับทางเดินหายใจอยู่ในช่วง 0.010-0.050 ppm ซึ่งไม่เกินค่าแนะนำความปลอดภัยในบรรยากาศที่ ACGIH ที่ 0.50 ppm ด้านปริมาณการสัมผัสสารเบนซีนจากการหายใจไอระเหย พบอยู่ในช่วง 0.015-0.076 mg/kg/d โดยสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงเขตนอก

เมืองมีการรับสัมผัสสูงสุด ด้านค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพในระยะยาวจากการสัมผัสสารเบนซีนทางการหายใจ (HQ) พบว่า พนักงานทุกคนมีค่าความเสี่ยงมากกว่า 1 โดยพบค่าต่ำสุดอยู่ที่ 1.25 ค่าสูงสุดอยู่ที่ 6.33 ซึ่งสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตนอกเมืองมีค่าความเสี่ยงจากการสัมผัสทางการหายใจสูงสุด อันเนื่องมาจากระยะเวลาการทำงานต่อวันที่มากกว่าพนักงานในเขตเมืองและชานเมือง เมื่อประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็ง พบว่าพนักงานทุกคน มีความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งโดยมีค่าความเสี่ยงจากการได้รับสัมผัสมีค่าต่ำสุดคือ 4.09×10^{-4} และค่าสูงสุดคือ 2.08×10^{-3} ซึ่งสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตนอกเมืองมีความเสี่ยงจากการได้รับสารทำให้เกิดมะเร็งสูงสุดเช่นกัน

ดังนั้นจึงเสนอแนะให้มีการอบรมด้านความปลอดภัย เพื่อให้พนักงานมีความรู้ ความเข้าใจที่ถูกต้องตระหนักถึงอันตราย และการปฏิบัติตนขณะปฏิบัติงาน เพื่อป้องกันการสัมผัสได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้แล้วควรเพิ่มมาตรการการเฝ้าระวังสุขภาพของพนักงาน ทั้งในเชิงการตรวจวัดทางสิ่งแวดล้อม และการตรวจวัดดัชนีบ่งชี้การสัมผัสสารเคมีของพนักงาน นอกจากนั้นพนักงานเขตนอกเมืองต้องได้รับการลดชั่วโมงการปฏิบัติงานลงให้เป็นกำหนดของกฎหมายแรงงานคือทำงานไม่เกิน 8 ชั่วโมงต่อวันเพื่อลดระยะเวลาการสัมผัสสารเคมีอันตรายลงได้

แต่เนื่องจากการศึกษานี้มีข้อจำกัดด้านจำนวนตัวอย่างที่ต่างกันของเขตเมืองกับชานเมืองหรือเขตนอกเมืองกับชานเมือง และกลุ่มตัวอย่างที่มีชั่วโมงการทำงานเกิน 17 ชั่วโมง ก็มีจำนวนน้อย (5 คน) จึงเสนอแนะเพื่อการศึกษาต่อไป ควรเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างให้มากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ประกอบการกิจการและพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ที่ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ และงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากมหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

1. กรมธุรกิจพลังงาน. ข้อมูลสถิติกรมธุรกิจพลังงาน, 2558. เข้าถึงได้ที่ http://www.doeb.go.th/v5/info_supply_dailyfuel.php. อ้างเมื่อ 25 มกราคม พ.ศ. 2558.
2. กระทรวงพลังงาน. ยุทธศาสตร์กระทรวงพลังงาน (พ.ศ. 2555-2559) [ออนไลน์] 2555. เข้าถึงได้ที่ http://www.energy.go.th/sites/all/files/stragic2012-2016.pdf. อ้างเมื่อ 25 กรกฎาคม พ.ศ. 2555.
3. สำนักงานพลังงานจังหวัดขอนแก่น. ฐานข้อมูลจำนวนสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในจังหวัดขอนแก่น [เอกสารอัดสำเนา]. ขอนแก่น; 2555.
4. World Health Organization. Exposure to benzene: a major public health concern public health and environment, 2014. Available at www.who.int/ipcs/features/benzene.pdf, accessed Jan 25, 2014.
5. Lekcharernkul N, Kongtip P, Yoosook W, *et al*. Determination of benzene and toluene in gasoline by gas-liquid chromatography and its application. *J Health Res* 2007; 21: 25-34.
6. Navasumrit P, Chanvaivit S, Intarasunanont P, *et al*. Environmental and occupational

exposure to benzene in Thailand. *Chem Biol Interact* 2005; 153-4: 75-83.

7. ไพลิน ทวีวงษ์, ศิริมา ปัญญาเมธีกุล, ทัศนีย์ พฤกษาสิทธิ์. การประเมินความเสี่ยงจากการรับสัมผัสสารอินทรีย์ระเหย (สารวีโอซี) ของพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตกรุงเทพมหานคร. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์* 2553; 2(3): 1-12.
8. ธนสร ตันศฤงฆาร, สุนทร ศุภพงษ์, ภัณฑิรา เกตุแก้ว, และคณะ. ความสัมพันธ์ของปัจจัยทางชีวภาพกับปริมาณสารบีเทคและเอ็มทีบีอีในปัสสาวะของพนักงานสถานบริการน้ำมันเชื้อเพลิง. *วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์การแพทย์* 2548; 19(2): 157-64.
9. Martyn T, Looping Z, Cliona M, *et al*. Benzene, the exposure and future investigations of leukemia etiology. *Chem Biol Interact* 2011; 192: 155-9.
10. กระทรวงอุตสาหกรรม.ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4439 พ.ศ. 2555 ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่อง กำหนด มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมประเมินความเสี่ยงด้านสารเคมีต่อสุขภาพผู้ปฏิบัติงานในโรงงานอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม, 2555.
11. ฉัตรสุดา พิมพาแสง และสุนิสา ชายเกลี้ยง. การรับสัมผัสน้ำมันในพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงเขตอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น. ใน: รายงานการประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 15; 28 มีนาคม 2557; ขอนแก่น: ประเทศไทย; 2557, 963-70.
12. สำนักงานพลังงานจังหวัดขอนแก่น. ฐานข้อมูลจำนวนสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในจังหวัดขอนแก่น [เอกสารอัดสำเนา]. ขอนแก่น: สำนักงาน; 2555.
13. Lemeshow S, Hosmer DW, Klar J, *et al*. Adequacy of sample size in health studies. Chichester: John Wiley and Sons, 1990.
14. NIOSH. Benzene: method 1501, NIOSH manual of analytical methods. [homepage on the Internet].Centers for disease control and prevention. National Institute for National Institute for Occupational Safety and Health, USA. 2003. Available at http://www.cdc.gov /niosh/docs/2003-154/. accessed Sep 17, 2013.
15. Integrated Risk Information System (IRIS). Toxicological review of benzene (non cancer effects), 2014. Available at www.epa.gov/ iris/toxreviews/0276tr.pdf. accessed Jan 25, 2013.
16. Integrated Risk Information System (IRIS). Chronic Health Hazard Assessments for Noncarcinogenic Effects, 2014. Available at http://www.epa.gov/iris/subst/0156.htm. accessed January 25, 2013.
17. American Conference of Government Industrial Hygienists (ACGIH). TLVs and BELs, Based on the documentation of the threshold limit values for chemical

substances and physical agents. Cincinnati: ACGIH, 2012.

18. US.Environmental Protection Agency (US. EPA). Benzene: integrated risk information system, chronic health hazards assessments for non-carcinogenic effects, 2014. Available at www.epa.gov/iris/subst/0276.htm. accessed January 25, 2014.
19. กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน. ปั๊มคุณภาพ ปลอดภัย น่าใช้บริการ, 2558. เข้าถึงได้ที่ http://www.doeb.go.th/bfbs/. อ้างเมื่อวันที่ 25 มกราคม พ.ศ. 2558.
20. Kitwattanavong M, Prueksasit T, Morknoy D. Health risk assessment of petrol station workers in the inner city of Bangkok, Thailand, to the exposure to BTEX and carbonyl compounds by inhalation. *Hum Ecol Risk Assess* 2013; 19: 1424-39.
21. Tunsaringkarn T, Soogarun S, Palasuwan A. Occupational exposure to benzene and changes in hematological parameters and urinary trans, trans-muconic acid. *Int J Occup Environ Med* 2013; 4: 45-4.
22. Martyn T, Rachael M, Allan H. Benzene Exposure and Risk of Non-Hodgkin Lymphoma. *Cancer Epidem Biomar* 2007; 16(3): 385-91.
23. Lin MC, Chiu HF, Yu HS, *et al.* Increased risk of preterm delivery in areas with air pollution from a petroleum refinery plant in Taiwan. *J Toxicol Environ Health Sci* 2001; 64(8): 637-44.
24. Lin CM, Li CY, Mao IF. Increased risks of term low-birth-weight infants in a petrochemical industrial city with high air pollution levels. *Arch Environ Occup Health* 2004; 59(12): 663-8.