

ผลกระทบต่อเม็ดเลือดจากการรับสัมผัสสารเบนซีนในสิ่งแวดล้อมของประชาชน เขตควบคุมมลพิษมาบตาพุด จังหวัดระยอง

ผาน ปัทมา พลอย* วท.บ., วท.ม.

มริสสา กองสมบัติสุข* พย.บ., ส.บ., วท.ม.

ศุภชัย เอี่ยมกุลวรรพษ์* พ.บ., วท.ม.

สายจิตรี สุขศรี** พย.บ., ส.ม.

สุดา พะเนียงทอง** พย.บ., ศศ.ม.

บทคัดย่อ

มาบตาพุด จังหวัดระยองมีการปนเปื้อนสารเบนซีนในสิ่งแวดล้อม ซึ่งสารเบนซีนมีความเป็นพิษต่อระบบเลือด การศึกษาภาคตัดขวางครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอนุพันธ์สารเบนซีน (กรดมิวโคินิกในปัสสาวะ) กับความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด ประกอบด้วย ฮีโมโกลบิน ฮีมาโทคริต เม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดนิวโทรฟิล และเกร็ดเลือด ตามลำดับ เครื่องมือในการเก็บข้อมูล ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ เจาะเลือดตรวจความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด เก็บปัสสาวะตรวจระดับกรดมิวโคินิก เก็บข้อมูลระหว่างเดือนกุมภาพันธ์-กันยายน 2554 จำนวน 9,820 คน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ multiple linear regression

ผลการศึกษาพบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 70.2 อายุเฉลี่ย 45.73 ± 16.59 ปี อาศัยอยู่ในตำบลมาบตาพุด ร้อยละ 26.4 ระยะเวลาเฉลี่ยที่อาศัยในพื้นที่เท่ากับ 16.75 ± 11.26 ปี มีโรคประจำตัว ร้อยละ 33.1 ส่วนใหญ่เป็นโรคความดันโลหิตสูง เบาหวาน และภูมิแพ้ เท่ากับ 142.0, 56.4 และ 47.6 ต่อพันประชากร ตามลำดับ สูบบุหรี่ประจำ ร้อยละ 8.9 ดื่มแอลกอฮอล์ประจำ ร้อยละ 6.8 ผลระดับกรดมิวโคินิกในปัสสาวะอยู่ในระดับปกติ ร้อยละ 88.4 ค่าเฉลี่ยมัธยฐานเรขาคณิตเท่ากับ 117.49 ± 2.34 $\mu\text{g/g}$ Cr. ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดพบค่าเฉลี่ยฮีโมโกลบิน เท่ากับ 12.91 ± 1.51 g/dL ฮีมาโทคริต เท่ากับ 39.74 ± 4.25 % เม็ดเลือดแดง เท่ากับ $4.65 \pm 0.68 \times 10^6$ mm^3 เม็ดเลือดขาว เท่ากับ $7,350.89 \pm 1,971.79$ mm^3 ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดนิวโทรฟิล เท่ากับ $4,047.83 \pm 1,524.75$ mm^3 และเกร็ดเลือด เท่ากับ $280,589.17 \pm 72,693.90$ mm^3 เมื่อศึกษาความสัมพันธ์พบว่ากรดมิวโคินิกในปัสสาวะมีความสัมพันธ์กับปริมาณฮีโมโกลบิน ฮีมาโทคริต และเม็ดเลือดขาว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบปัจจัยด้านอายุ เพศ การสูบบุหรี่ การดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ มีความสัมพันธ์กับความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดตามชนิดของเม็ดเลือด

แนวทางการเฝ้าระวัง ประชาชนควรได้รับการสุขภาพประจำปี ติดตามตรวจความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะภาวะซีดและเม็ดเลือดขาว ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายระดับสูงหน่วยงานภาครัฐควรจัดสรรงบประมาณในการดำเนินกิจกรรมด้านสาธารณสุขให้ครอบคลุม เพื่อเฝ้าระวังสุขภาพเชิงพื้นที่ในเขตควบคุมมลพิษมาบตาพุด

คำสำคัญ: ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด กรดมิวโคินิกในปัสสาวะ สารเบนซีน เขตควบคุมมลพิษ

*โรงพยาบาลมาบตาพุด **สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดระยอง

Hematological effect on residents exposed to benzene in environment air pollution control Mab Ta Phut area, Rayong province.

*Chan Pattama Polyong** B.Sc., M.Sc.

*Marissa Kongsombutsuk** B.N.S., B.P.H., M.Sc.

*Suppachai Iamkulworaphong** M.D., M.S.

*Sajjit Suksri*** B.N.S., M.P.H.

*Suda paneangtong*** B.N.S., M.A.

Abstract

Mab Ta Phut, Rayong province has been contaminated with benzene in air environment. Benzene is toxic to blood system. This cross-sectional study had objective was the relationship between metabolite of benzene (tran,tran-muconic in urine; tt-MA) and complete blood cells (CBC) including hemoglobin, hematocrit, red blood cells, white blood cells, absolute neutrophil count and platelets respectively. The study use instruments interview-questionnaire, blood test for CBC, urine test for tt-MA. Data was collected 9,820 participants during February-September 2011. Multiple linear regression were used in data analyze.

The results showed that were mostly female 70.2 % average age 45.73 ± 16.59 years. Resided in Mab Ta Phut sub-districts 26.4 %. They lived average was 16.75 ± 11.26 years. Congenital disease 33.1% mainly disease as hypertension, diabetes and allergies were 142.0, 56.4 and 47.6 per thousand population respectively. The participants had smoking 8.9 % and alcohol 6.8 %. Normal levels of t,t-MA 88.4 %. The geometric mean concentrations of t,t-MA were 117.49 ± 2.34 $\mu\text{g/g Cr}$. Complete blood cells showed an average hemoglobin was 12.91 ± 1.51 g/dL, hematocrit was $39.74 \pm 4.25\%$, red cells was $4.65 \pm 0.68 \times 10^6$ mm^3 , white blood cell was $7,350.89 \pm 1,971.79$ mm^3 , absolute neutrophil count was $4,047.83 \pm 1,524.75$ mm^3 and platelets was $280,589.17 \pm 72,693.90$ mm^3 . The t,t-MA revealed significant correlation with hemoglobin, hematocrit and white blood cells. Moreover, the CBC type was associated with age, gender, smoking and drinking alcohol.

Guidelines for surveillance. The resident's air pollution should undergo CBC monitoring annually. Especially blood test for hemoglobin, hematocrit and white blood cells. It is recommended policy that government should allocate funds for public health coverage the implementation. This study was baseline for health surveillance in Mab Ta Phut in air pollution control area.

Key words: Complete blood cells, tran,tran-muconic in urine, Benzene, Mab Ta Phut control area

* Mabtaphut hospital ** Rayong provincial public health

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

เบนซีน (Benzene) เป็นสารตัวทำละลายอินทรีย์ในกลุ่มอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน⁽¹⁾ ที่ใช้กันแพร่หลายในอุตสาหกรรมมากกว่า 100 ปี ซึ่งมักจะใช้เป็นสารตั้งต้นของการผลิตสารเคมีหลายชนิด เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลายที่ดี นอกจากนี้ยังนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในน้ำมันเบนซิน (Gasoline)⁽²⁾ ปริมาณสารเบนซีนที่พบมากในสิ่งแวดล้อมเกิดได้ทั้งจากท่อไอเสียรถยนต์และโรงงานอุตสาหกรรม ทั้งนี้จากรายงานสถานการณ์และการจัดการมลพิษทางอากาศ⁽³⁾ พบว่าพื้นที่มาบตาพุดและใกล้เคียง มีการปนเปื้อนสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds; VOCs) ซึ่งมีแหล่งกำเนิดของสาร VOCs ในพื้นที่ เช่น โรงงานอุตสาหกรรม 138 แห่ง คลังน้ำมันเบนซิน 4 แห่ง ท่าเทียบเรือที่มีการขนถ่ายสาร VOCs และถังเก็บสารเคมีขนาดใหญ่ รวมถึงการเดินเครื่องหรือหยุดกระบวนการผลิต ล้างถัง ซ่อมบำรุง เป็นต้น⁽⁴⁾ และแหล่งกำเนิดจากการคมนาคม การจราจรที่คับคั่ง เช่น บรรทุกขนส่งสินค้า รถยนต์หรือรถจักรยานยนต์⁽⁴⁻⁵⁾

การปนเปื้อนสารเบนซีนในสิ่งแวดล้อมเขตมาบตาพุดอย่างต่อเนื่องตั้งแต่เดือนกันยายน 2549-2552⁽⁵⁾ ในปี 2552 มีแนวโน้มเพิ่มจากปี 2551 โดยพบค่าเฉลี่ยรายปีเกินค่ามาตรฐาน ทุกสถานีตรวจวัด และพบมากที่สุดที่สถานีเมืองใหม่มาบตาพุดมีค่าเท่ากับ $3.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ⁽⁶⁾ ซึ่งปัจจุบันผลการตรวจวัดสารเบนซีนของกรมควบคุมมลพิษทั้งหมด 7 สถานี (เดือนตุลาคม 2556) พบค่าเฉลี่ยรายปีของสารเบนซีนเกินค่ามาตรฐาน 5 สถานี ในชุมชนบ้านพลงมีค่ามากที่สุด $5.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ เกินค่ามาตรฐานถึง 3.17 เท่า (ค่ามาตรฐานเท่ากับ $1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) จากการปนเปื้อนดังกล่าวทำให้มีข้อร้องเรียนจากประชาชนที่อาศัยในพื้นที่ และคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติได้ประกาศให้พื้นที่ 6 ตำบลรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดเป็นเขตควบคุมมลพิษเมื่อปี 2552⁽⁷⁾

จากข้อมูลมลพิษสิ่งแวดล้อมข้างต้นจึงเป็นไปได้อย่างมากที่ประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่มาบตาพุดมีโอกาสรับสัมผัสเข้าสู่ร่างกาย โดยส่วนใหญ่เกิดจากการหายใจรับสารเบนซีนเข้าไป และมีบางส่วนเกิดจากการสัมผัสทางผิวหนังและปนเปื้อนในอาหารหรือเครื่องดื่ม⁽²⁾ การสัมผัสสารเบนซีนจะเป็นพิษต่อระบบโลหิตวิทยา ระบบภูมิคุ้มกัน และมีผลต่อการเกิดมะเร็งทั้งในมนุษย์และสัตว์ทดลอง⁽⁸⁾ การได้รับพิษเฉียบพลันจะมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้มีอาการมึนงง ปวดศีรษะ คลื่นไส้ เหนื่อยง่าย การได้รับพิษเรื้อรังถึงแม้ว่าจะมีการรับสัมผัสต่ำเป็นระยะเวลานานจะมีผลต่อการกดไขกระดูกได้เช่นกัน⁽⁹⁻¹⁰⁾ ผลร้ายแรงสามารถก่อให้เกิดมะเร็งเม็ดเลือดขาวโดยเฉพาะชนิด Acute myelogenous leukemia⁽¹¹⁾ ซึ่ง Lan Q et al.⁽⁹⁾ กล่าวว่าถ้าสารเบนซีนอยู่ในร่างกายเป็นระยะเวลานานจะช่วยเร่งการเกิดมะเร็งเม็ดเลือดขาว (Leukemia) อย่างรวดเร็วมากขึ้น กดการทำงานของไขกระดูก ส่งผลให้ปริมาณเม็ดเลือดต่างๆมีปริมาณลดน้อยลง จากผลการศึกษาในกลุ่มคนงานทำรองเท้าในประเทศจีนที่มีโอกาสรับสัมผัสสารเบนซีน 250 คน พบว่าปริมาณเม็ดเลือดขาว (White blood cell) และเกร็ดเลือด (Platelet) มีปริมาณลดลงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับสัมผัสสารเบนซีน และนอกจากนั้นทีมนักวิจัยยังพบว่า คนงานที่ได้รับสัมผัสมากกว่า 10 ส่วนในล้านส่วน (Part per million; ppm) มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดขาว

ลดลงได้ถึง 24 เปอร์เซ็นต์ และจากการศึกษาของ Nadar GA.⁽¹⁰⁾ ทดลองในหนู พบว่ากลุ่มศึกษาที่สัมผัสสารเบนซีนมีปริมาณฮีมาโทคริต (Hematocrit) ลดลงน้อยกว่ากลุ่มควบคุม (กลุ่มศึกษาเท่ากับ 32.5% กลุ่มควบคุมเท่ากับ 44.1% ตามลำดับ) สารเบนซีนที่ปนเปื้อนในอากาศในพื้นที่มาบตาพุด หากประชาชนมีการรับสัมผัสในระยะเวลาอันนาน จะเกิดกลไกการเกิดพิษได้ เริ่มตั้งแต่การดูดซึม กระจายตัวของสารพิษ เปลี่ยนแปลงโครงสร้าง บางส่วนสามารถกำจัดออกนอกร่างกายได้ แต่ในบางส่วนเกิดการสะสมพิษซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อระบบเลือด ด้วยความเสี่ยงในการพักอาศัยในพื้นที่และพยาธิสภาพที่รุนแรงของพิษจากสารเบนซีน ผู้วิจัยได้เห็นความสำคัญและสนใจที่จะศึกษาความเป็นพิษต่อเม็ดเลือดจากการรับสัมผัสสารเบนซีนในสิ่งแวดล้อมของประชาชนในเขตควบคุมมลพิษ จังหวัดระยอง เพื่อทราบถึงสถานะสุขภาพในเชิงลึก และเป็นข้อมูลพื้นฐานในการเฝ้าระวังสารเบนซีนในสิ่งแวดล้อมและอวัยวะเป้าหมาย (Target organ) ของสารเบนซีนต่อไป

วิธีการศึกษา

กลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในพื้นที่มาบตาพุดตามทะเบียนราษฎรมีจำนวน 40,999 คน ประชากรแฝงมีจำนวน 74,502 คน (ประชากรแฝงร้อยละ 182)⁽¹¹⁾ ผู้วิจัยได้กำหนดกลุ่มตัวอย่างประมาณ 10 % ของประชากรทั้งหมด (กลุ่มตัวอย่างไม่นับรวมนักเรียนในสถานศึกษาในพื้นที่) จากนั้นใช้วิธีสุ่มแบบ Stratify random sampling จากพื้นที่ทั้งหมด 6 ตำบลอยู่ในเขตควบคุมมลพิษ ได้ตัวอย่างเข้าร่วมทั้งหมด 9,820 คน โดยมีเกณฑ์คัดเข้าคืออาศัยอยู่ในพื้นที่ดังกล่าวมาไม่น้อยกว่า 6 เดือน ยินยอมเข้าร่วมวิจัยโดยสมัครใจ และในการศึกษารั้งนี้กำหนดอายุของกลุ่มตัวอย่าง 15 ปีขึ้นไปเป็นหลัก เพื่อให้สามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปเทียบเคียงกับผลการสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกายครั้งที่ 4 พ.ศ. 2551-2552 ที่ดำเนินการโดยสำนักงานสำรวจสุขภาพประชาชนไทยและเครือข่ายได้⁽¹²⁾

เครื่องมือที่ใช้วิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 3 ส่วนคือ (1) แบบสัมภาษณ์ซึ่งเนื้อหาครอบคลุม ตัวแปร เพศ อายุ อาชีพ ประวัติการทำงาน พฤติกรรมสุขภาพ การบริโภคอาหาร การสูบบุหรี่ อาการทางสุขภาพและอื่นๆ (2) อุปกรณ์เก็บปัสสาวะหาสารอนุพันธ์สารเบนซีน (t,t-muconic acid) โดยใช้หลอดโพลีเอทิลีน ขนาด 10 มิลลิลิตร (3) อุปกรณ์เจาะเลือดใช้หลอด EDTA tube ขนาด 3 มิลลิลิตร และหลอด Clot blood tube ขนาด 4 มิลลิลิตร

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ระยะเวลาในการรวบรวมข้อมูลตั้งแต่วันที่ 14 กุมภาพันธ์-30 กันยายน พ.ศ. 2554 โดยมีการรวบรวมดังนี้

1. ข้อมูลแบบสัมภาษณ์ คณะวิจัยและทีมผู้ช่วยได้อธิบายถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย สัมภาษณ์ผู้ยินยอมเข้าร่วมวิจัยตามแบบสัมภาษณ์และเก็บตัวอย่างเลือดและปัสสาวะ

2. การเก็บตัวอย่างปัสสาวะ ผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับหลอดโพลีเอทิลีน ทีมผู้ช่วยนักวิจัยตรวจสอบปริมาณปัสสาวะในหลอดประมาณ 8-10 มิลลิลิตร หลังจากนั้นเก็บบรรจุใส่กล่องโฟมแช่เย็นอุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส และภายหลังสิ้นสุดเก็บปัสสาวะจะถูกรวบรวมนำส่งตรวจวิเคราะห์กรดมิวโคนิก (t,t-muconic acid) ที่โรงพยาบาลระยอง โดยใช้วิธี High pressure liquid chromatography

3. การเก็บตัวอย่างเลือด เจาะเลือดบริเวณข้อพับแขนของผู้ร่วมวิจัย โดยนักเทคนิคการแพทย์ ใช้หลอดชนิด EDTA tube เพื่อตรวจวิเคราะห์ความสมบูรณ์ของเลือด (Complete blood cell; CBC) นำส่งตรวจวิเคราะห์ผลทางห้องปฏิบัติการที่โรงพยาบาลมาบตาพุด

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลแบบสัมภาษณ์ได้แก่ ลักษณะทางประชากร สถานะสุขภาพ ใช้สถิติพรรณนา ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. วิเคราะห์ความสมบูรณ์ของเลือด ได้แก่ ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ฮีมาโตคริต (Hematocrit) ปริมาณเม็ดเลือดแดง (Red blood cell) ปริมาณเม็ดเลือดขาว (White blood cell) ปริมาณความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดนิวโทรฟิล (Absolute neutropils count) เกร็ดเลือด (Platelet) โดยโรงพยาบาลมาบตาพุด แบ่งระดับใช้เกณฑ์สมาคมโลหิตวิทยาแห่งประเทศไทย ใช้สถิติพรรณนา ความถี่ ร้อยละ มัชฐาน และควอไทล์

3. วิเคราะห์ผลระดับกรดมิวโคนิกในปัสสาวะ ได้แก่ *ระดับปกติ* เพศชายเท่ากับ 0.00-163.85 $\mu\text{g/g}$ Cr. เพศหญิงเท่ากับ 0.00-246.85 $\mu\text{g/g}$ Cr. *ระดับเกินเกณฑ์เล็กน้อย* เพศชายเท่ากับ 163.86-499.99 $\mu\text{g/g}$ Cr. เพศหญิงเท่ากับ 246.86-499.99 $\mu\text{g/g}$ Cr. ตามเกณฑ์แนะนำของสำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กระทรวงสาธารณสุข⁽¹³⁾ *ระดับเกินเกณฑ์* เพศชายและเพศหญิง ≥ 500 $\mu\text{g/g}$ Cr. ตามเกณฑ์แนะนำของสมาคมนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมแห่งสหรัฐอเมริกา (ACGIH)⁽¹⁴⁾ โดยใช้สถิติพรรณนาด้วย ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่ามัธยฐาน ค่ามัชฐาน และควอไทล์

4. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความสมบูรณ์ของเลือดกับกรดมิวโคนิกในปัสสาวะ ใช้สถิติ Multiple linear regression กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ผลการศึกษา

1. ลักษณะประชากร

จากการศึกษาลักษณะทางประชากรของประชาชนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 9,820 คนพบว่า ประชาชนส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 70.2 มีอัตราส่วนต่อเพศชาย เท่ากับ 1 ต่อ 2.36 อายุเฉลี่ย 45.73 ± 16.59 ปี เมื่อพิจารณาอายุจำแนกตามเพศพบอายุเฉลี่ยใกล้เคียงกัน ประมาณ 1 ใน 4 (ร้อยละ 25.6) อยู่ในช่วง 40-49 ปี ส่วนใหญ่ประชาชนจะอาศัยอยู่ในตำบลที่ใกล้แหล่งอุตสาหกรรม โดยอยู่ในตำบลมาบตาพุด ตำบลเนินพระ ตำบลห้วยโป่ง ร้อยละ 26.4, 19.3 และ 16.0 ตามลำดับ มากกว่าครึ่งหนึ่ง (ร้อยละ 58.8) อาศัยในพื้นที่ดังกล่าวมากกว่า 10 ปี เฉลี่ยระยะเวลาที่อาศัยเท่ากับ 16.75 ± 11.26 ปี (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 จำนวน ร้อยละของลักษณะทางประชากรจำแนกตามเพศของกลุ่มตัวอย่าง

ลักษณะประชากร	ชาย		หญิง		รวม	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
เพศ	2,928	29.8	6,892	70.2	9,820	100.0
อายุ (ปี)						
<15	318	10.9	354	5.1	672	6.9
15-19	79	2.7	107	1.6	186	1.9
20 – 29	194	6.6	543	7.9	737	7.5
30 – 39	368	12.6	1,218	17.7	1,586	16.2
40 – 49	617	21.1	1,893	27.5	2,510	25.6
50 – 59	604	20.6	1,492	21.7	2,096	21.4
≥ 60	745	25.5	1,284	18.6	2,029	20.7
Mean \pm SD.	45.85 \pm 18.62		45.67 \pm 15.65		45.73 \pm 16.59	
Median (Min-Max)	48 (4-91)		46 (5-95)		46 (4-95)	
ตำบลที่อยู่อาศัย						
มาบตาพุด	812	27.7	1,785	25.9	2,597	26.4
ห้วยโป่ง	500	17.1	1,070	15.5	1,570	16.0
เนินพระ	538	18.4	1,358	19.7	1,896	19.3
ทับมา	356	12.2	960	13.9	1,316	13.4
มาบข่า	362	12.4	824	12.0	1,186	12.1

ตารางที่ 1 จำนวน ร้อยละของลักษณะทางประชากรจำแนกตามเพศของกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

ลักษณะประชากร	ชาย		หญิง		รวม	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
บ้านกลาง	285	9.7	744	10.8	1,029	10.5
นอกเขตควบคุมมลพิษ	75	2.5	151	2.2	226	2.3
ระยะเวลาอาศัยในพื้นที่มาบตาพุด (ปี)						
1-5	570	23.0	1,353	21.9	1,923	22.2
6-10	410	16.5	1,186	19.2	1,596	18.5
11-15	235	9.5	535	8.7	770	8.5
16-20	231	9.3	509	8.3	740	8.6
>20	1,034	41.7	2,585	41.9	3,619	41.8
Mean±SD.	16.64±11.28		16.78±11.25		16.75±11.26	
Median (Min-Max)	15 (1-30)		15 (1-30)		15 (1-30)	

2. สถานะสุขภาพ

จากการศึกษาด้านสถานะทางสุขภาพพบว่า สองในสาม ไม่มีโรคประจำตัว ในกลุ่มตัวอย่างที่มีโรคประจำตัว ร้อยละ 33.1 ทั้งเพศชายและเพศหญิงจะเป็นโรคความดันโลหิตสูง เบาหวาน และภูมิแพ้มากที่สุด เท่ากับ 142.0, 56.4 และ 47.6 ต่อพันประชากร ตามลำดับ ในส่วนพฤติกรรมสุขภาพการสูบบุหรี่และดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์พบว่า เกือบทั้งหมดมีพฤติกรรมในทางที่ดีซึ่งไม่เคยสูบบุหรี่ ร้อยละ 86.9 ไม่ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์/ดื่มนานๆครั้ง ร้อยละ 90.6 (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 จำนวน ร้อยละของสถานะสุขภาพจำแนกตามเพศของกลุ่มตัวอย่าง

สถานะสุขภาพ	ชาย		หญิง		รวม	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
โรคประจำตัว (คน)						
ไม่มี	2,097	71.8	4,451	64.8	6,548	66.9
มี	823	28.2	2,414	35.2	3,237	33.1

ตารางที่ 2 จำนวน ร้อยละของสถานะสุขภาพจำแนกตามเพศของกลุ่มตัวอย่าง(ต่อ)

สถานะสุขภาพ	ชาย		หญิง		รวม	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
(มีได้มากกว่า 1 โรค)	(ต่อพันประชากร)		(ต่อพันประชากร)		(ต่อพันประชากร)	
ความดันโลหิตสูง	361	123.8	1,028	149.8	1,389	142.0
เบาหวาน	143	49.0	409	59.6	552	56.4
ภูมิแพ้	101	34.6	365	53.2	466	47.6
หัวใจ	22	26.7	65	26.9	87	26.9
หอบหืด	42	14.4	108	15.7	150	15.3
การสูบบุหรี่						
ไม่เคยสูบบุหรี่	1,851	63.2	6,682	97.0	8,533	86.9
เคยสูบบุหรี่	300	10.2	34	0.5	334	3.4
สูบเป็นครั้งคราว	58	2.0	23	0.3	81	0.8
สูบเป็นประจำ	719	24.6	153	2.2	872	8.9
การดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์						
ไม่ดื่ม/ดื่มนานๆครั้ง	2,250	76.9	6,642	96.4	8,892	90.6
เคยดื่ม	191	6.5	65	0.9	256	2.6
ดื่มประจำ	487	16.6	185	2.7	672	6.8

3. ผลการตรวจอนุพันธ์สารเบนซีน (กรดมิวโคนิกในปัสสาวะ)

จากการศึกษาอนุพันธ์สารเบนซีน โดยตรวจวัดระดับกรดมิวโคนิกในปัสสาวะพบว่า ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปกติ ร้อยละ 88.4 เกินเกณฑ์เล็กน้อย ร้อยละ 9.0 และมากกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 2.2 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ย $GM \pm GSD$ เท่ากับ $117.49 \pm 2.34 \mu\text{g/g Cr.}$ เมื่อพิจารณาแยกตามเพศพบค่าเฉลี่ยในเพศหญิงมากกว่าเพศชายเล็กน้อย เท่ากับ 123.03 ± 2.39 และ $104.71 \pm 2.29 \mu\text{g/g Cr.}$ ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ระดับและค่าเฉลี่ยของกรดมิวโคนิกในปัสสาวะจำแนกตามเพศ

t,t-muconic acid	ชาย		หญิง		รวม	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
ปกติ	2,490	85.1	6,195	89.9	8,685	88.4
เกณฑ์เกินเล็กน้อย	372	12.7	511	7.4	883	9.0
มากกว่าเกณฑ์	51	1.7	165	2.4	216	2.2
รวม	2,928	29.8	6,892	70.2	9,820	100.0
GM±GSD	104.71±2.29		123.03±2.39		117.49±2.34	
Median	97.72		120.23		112.20	
Inter quartile	61.66-177.83		69.18-213.79		64.56-204.17	

GM; Geometric mean, inter quartile กำหนด quartile 25-75

เกณฑ์; ระดับปกติ ชายเท่ากับ 0.00-163.85 µg/g Cr. หญิงเท่ากับ 0.00-246.85 µg/g Cr. ระดับเกินเกณฑ์เล็กน้อย ชายเท่ากับ 163.86-499.99 µg/g Cr. หญิงเท่ากับ 246.86-499.99 µg/g Cr.⁽¹³⁾ ระดับเกินเกณฑ์ ชายและหญิง ≥ 500 µg/g Cr.⁽¹⁴⁾

4. ผลการตรวจความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด

จากการศึกษาความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด โดยแยกตามชนิดของเม็ดเลือดพบว่า ค่าเฉลี่ย Hemoglobin เท่ากับ 12.91±1.51 g/dL และ Hematocrit เท่ากับ 39.74±4.25 % พบในเพศชายมากกว่าเพศหญิง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ปกติทั้งหมด เช่นเดียวกับปริมาณ Red blood cells ค่าเฉลี่ยเท่ากับ $4.65 \pm 0.68 \times 10^6$ mm³ ปริมาณ White blood cells ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7350.89±1971.79 mm³ ในส่วนของ Absolute neutropils count และ Platelet จะพบในเพศหญิงมากกว่าเพศชายเล็กน้อย ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4047.83±1524.75 และ 280589.17±72693.90 mm³ ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ค่าปริมาณเฉลี่ยความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดแต่ละชนิดจำแนกตามเพศ

ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด		ชาย	หญิง	รวม
Hemoglobin (g/dL)	Mean ± SD	14.04±1.53	12.43±1.23	12.91±1.51
	Median	14.10	12.50	12.90
	Inter quartile	13.10-15.10	11.80-13.20	12.00-13.80

ตารางที่ 4 ค่าปริมาณเฉลี่ยความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดแต่ละชนิดจำแนกตามเพศ (ต่อ)

ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด	ชาย	หญิง	รวม
-------------------------	-----	------	-----

Hematocrit (%)	Mean ± SD	42.77±4.42	38.45±3.45	39.74±4.25
	Median	43.00	38.80	39.60
	Inter quartile	40.00-45.90	36.40-40.70	37.00-42.20
Red blood cells (*10 ⁶ cell/mm ³)	Mean ± SD	4.96±0.63	4.52±0.66	4.65±0.68
	Median	4.93	4.47	4.59
	Inter quartile	4.59-5.33	4.18-4.79	4.26-4.99
White blood cells (cell/mm ³)	Mean ± SD	7459.11±2078.15	7305.01±1923.24	7350.89±1971.79
	Median	7200	7100	7100
	Inter quartile	6100-8500	6000-8400	6000-8400
Absolute neutropils count (cell/mm ³)	Mean ± SD	4009.12±1485.54	4064.24±1540.88	4047.83±1524.75
	Median	3755.40	3843	3816.12
	Inter quartile	3024-4698	3078.00-4796.75	3061.80-4760.00
Platelet (cell/mm ³)	Mean ± SD	266836.43±72329.95	286421.18±72064.66	280589.17±72693.90
	Median	259000	281000	274900
	Inter quartile	219000-307000	237000-331000	231000-324750

5. ความสัมพันธ์ระหว่างกรดมิว โคนิกในปัสสาวะกับความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดมิว โคนิกกับความสมบูรณ์ของเลือดแยกตามชนิดพบว่า ปริมาณกรดมิว โคนิกมีความสัมพันธ์กับปริมาณฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ฮีมาโตคริต (Hematocrit) เม็ดเลือดขาว (White blood cells) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่ามีปัจจัยต่างๆ ได้แก่ 1) อายุ เพศ บุหรี่ แอลกอฮอล์ มีความสัมพันธ์กับปริมาณ Hemoglobin, Hematocrit 2) ปัจจัยด้านอายุ เพศ บุหรี่ ระยะเวลาการอาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณ ปริมาณ Red blood cells 3) ปัจจัยด้านอายุ บุหรี่มีความสัมพันธ์กับปริมาณ ปริมาณ White blood cells 4) ปัจจัยด้านอายุ แอลกอฮอล์มีความสัมพันธ์กับปริมาณ ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดขาวชนิดนิโตรฟิล (Absolute neutropils count) และ 5) ปัจจัยด้านอายุ เพศ มีความสัมพันธ์กับปริมาณเกร็ดเลือด (Platelet) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่าง เพศ อายุ ระยะเวลาการอยู่อาศัย การสูบบุหรี่ การดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์กับความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด

ตัวแปร	Unstandardized		Standardized	t	sig	95% Confidence	
	Coefficients		Coefficients			Interval	
	B	Std. Error	Beta			Lower	Upper
Hemoglobin							
(Constant)	16.341	0.160		102.383	<0.001*	16.028	16.654
อายุ	-0.010	0.002	-0.102	-6.955	<0.001*	-0.013	-0.008
เพศ	-1.519	0.054	-0.456	-28.275	<0.001*	-1.624	-1.414
บุหรี	0.261	0.066	0.064	3.944	<0.001*	0.131	0.391
แอลกอฮอล์	0.178	0.049	0.054	3.643	<0.001*	0.082	0.273
ระยะเวลาอาศัย	-0.002	0.001	-0.026	-1.797	0.072	-0.004	0.000
t,t-muconic	-0.197	0.057	-0.046	-3.478	0.001*	-0.309	-0.086
Hematocrit							
(Constant)	48.732	0.455		107.184	<0.001*	47.841	49.623
อายุ	-0.027	0.004	-0.094	-6.291	<0.001*	-0.035	-0.019
เพศ	-4.166	0.153	-0.446	-27.223	<0.001*	-4.466	-3.866
บุหรี	0.560	0.188	0.049	2.970	0.003*	0.190	0.-29
แอลกอฮอล์	0.554	0.139	0.060	3.989	<0.001*	0.282	0.826
ระยะเวลาอาศัย	-0.006	0.003	-0.025	-1.711	0.087	-0.012	0.001
t,t-muconic	-0.330	0.162	-0.028	-2.043	0.041*	-0.647	-0.013
Red blood cells							
(Constant)	6.026	0.068		88.491	<0.001*	5.893	6.160
อายุ	-0.009	0.001	-0.226	-13.606	<0.001*	-0.010	-0.008
เพศ	-0.501	0.023	-0.394	-21.762	<0.001*	-0.546	-0.456
บุหรี	-0.059	0.028	-0.038	-2.082	0.037*	0.115	-0.003
แอลกอฮอล์	0.023	0.021	0.018	1.097	0.273	-0.018	0.064
ระยะเวลาอาศัย	-0.002	0.001	-0.063	-3.858	<0.001*	-0.003	0.000
t,t-muconic	-0.039	0.025	-0.024	-1.598	0.110	-0.088	0.009

ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่าง เพศ อายุ ระยะการอยู่อาศัย การสูบบุหรี่ การดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์กับความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด (ต่อ)

ตัวแปร	Unstandardized		Standardized	t	sig	95% Confidence Interval	
	Coefficients		Coefficients				
	B	Std. Error	Beta			Lower	Upper
White blood cells							
(Constant)	8239.207	240.673		34.234	<0.001*	7767.357	8711.057
อายุ	-22.473	2.269	-0.168	-9.905	<0.001*	-26.922	-18.025
เพศ	-129.390	81.009	-0.030	-1.597	0.110	-288.211	29.430
บุหรี	514.323	99.753	0.097	5.156	<0.001*	318.752	709.894
แอลกอฮอล์	-105.328	73.483	-0.024	-1.433	0.152	-249.395	38.738
ระยะเวลาอาศัย	-3.026	1.787	-0.029	-1.693	0.090	-6.529	0.478
t,t-muconic	239.287	85.575	0.043	2.796	0.005*	71.513	407.060
Absolute neutropils count							
(Constant)	4453.115	176.062		25.293	<0.001*	4107.939	4798.291
อายุ	-13.377	1.660	-0.138	-8.059	<0.001*	-16.631	-10.123
เพศ	62.239	59.261	0.020	1.050	0.294	-53.944	178.423
บุหรี	-0.764	1.307	-0.010	-0.585	0.559	-3.327	1.799
แอลกอฮอล์	288.766	72.973	0.075	3.957	<0.001*	145.699	431.834
ระยะเวลาอาศัย	-46.374	53.756	-0.015	-0.863	0.388	-151.764	59.017
t,t-muconic	78.335	62.601	0.020	1.251	0.211	-44.397	201.068
Platelet							
(Constant)	290322.32	8692.701		33.398	<0.001*	273279.908	307364.731
อายุ	-747.740	81.951	-0.154	-9.124	<0.001*	-908.409	-587.072
เพศ	22824.728	2925.862	0.145	7.801	<0.001*	17088.452	28561.005
บุหรี	3767.710	3602.845	0.019	1.046	0.296	-3295.822	10831.241
แอลกอฮอล์	-3532.210	2654.101	-0.023	-1.331	0.183	-8735.689	1671.269
ระยะเวลาอาศัย	-95.395	64.542	-0.025	-1.478	0.139	-221.932	31.142
t,t-muconic	-5213.583	3091.081	-0.026	-1.687	0.092	-11273.779	846.612

อภิปรายผล

มาบตาพุด จังหวัดระยองมีการปนเปื้อนสารเบนซินในสิ่งแวดล้อม โดยคุณสมบัติด้านพิษวิทยาของสารเบนซินมีความเป็นพิษต่อระบบเลือด จึงเป็นประเด็นสนใจนำไปสู่การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ซึ่งได้ใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 9,820 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงร้อยละ 70.2 มีอัตราส่วนเพศหญิงต่อเพศชาย เท่ากับ 1 ต่อ 2.36 อายุเฉลี่ย 45.73 ± 16.59 ปี สอดคล้องกับบริบทในพื้นที่ศึกษา เนื่องจากการประกอบอาชีพของวัยแรงงานส่วนใหญ่จะเข้าสู่ภาคอุตสาหกรรม ในส่วนที่พักอาศัยอยู่บ้านในช่วงของการเก็บตัวอย่างที่มีการรับสัมผัสจะเป็นผู้ประกอบอาชีพอิสระ ค้าขายในชุมชน แม่บ้านจึงเป็นเพศหญิงมากกว่า และสอดคล้องกับการศึกษาของศุภชัย เอี่ยมกุลวรพงษ์⁽⁵⁾ ได้ศึกษาในกลุ่มประชาชนที่อยู่ในมาบตาพุดปี 2553 พบว่าเป็นเพศหญิงร้อยละ 72.6 อายุเฉลี่ย 46 ปี นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับสถาบันวิจัยประชากรและสังคม⁽¹⁵⁾ พบพีระมิดประชากรไทยส่วนใหญ่อายุอยู่ในช่วง 40-49 ปี ด้วยลักษณะทางประชากรที่สอดคล้องกันจึงถือเป็นตัวแทนของประชาชนที่มีโอกาสรับสัมผัสสารเบนซินในพื้นที่เขตควบคุมมลพิษได้มากที่สุด ในอีกแง่หนึ่งไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ Rothman N.⁽¹⁶⁾ ศึกษาในกลุ่มที่สัมผัสสารเบนซินที่อายุเฉลี่ย 35.3 ± 7.8 ปี อนุมานได้ว่าด้วยความแตกต่างของกลุ่มประชากรที่ศึกษาในครั้งนี้ได้ศึกษาในประชาชนทั่วไปที่อาศัยอยู่ในชุมชนสัมผัสจากสิ่งแวดล้อม ต่างจากการศึกษาของ Rothman N.⁽¹⁶⁾ ที่ศึกษาในประชากรวัยทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมโลหะหนักที่มีโอกาสสัมผัสสารเบนซิน ด้วยบริบทของงานอาจจะส่งผลต่ออายุที่แตกต่างกันด้วย

การศึกษาครั้งนี้พบว่า ส่วนใหญ่ประชาชนจะอาศัยอยู่ในตำบลที่ใกล้แหล่งอุตสาหกรรม โดยอยู่ในตำบลมาบตาพุด ตำบลเนินพระ ตำบลห้วยโป่ง ร้อยละ 26.4, 19.3 และ 16.0 ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามขอบเขตของการศึกษาที่ได้เลือกกลุ่มตัวอย่างในเขตพื้นที่ควบคุมมลพิษใกล้แหล่งอุตสาหกรรม และแบ่งสัดส่วนตามโควตาตามจำนวนประชากรที่อาศัยแยกตามตำบล มากกว่าครึ่งหนึ่ง (ร้อยละ 58.8) อาศัยในพื้นที่ดังกล่าวมากกว่า 10 ปี เฉลี่ยระยะเวลาที่อาศัยเท่ากับ 16.75 ± 11.26 ปี อาศัยมากกว่า 20 ปี ร้อยละ 41.8 ทั้งนี้สอดคล้องกับศุภชัย เอี่ยมกุลวรพงษ์⁽⁵⁾ ที่พบว่าส่วนมากอยู่ในพื้นที่มาบตาพุดมากกว่า 20 ปีเช่นกัน แต่เมื่อพิจารณาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานพบมีค่า 11.26 ปี แสดงถึงความแตกต่างในการพักอาศัยค่อนข้างมาก อาจเกิดได้จากประชากรในพื้นที่มาบตาพุดมี 2 กลุ่ม นั่นคือกลุ่มประชากรท้องถิ่นดั้งเดิมที่อยู่อาศัยมานาน จะมีผู้สูงอายุอาศัยในบ้านเรือน ในขณะที่วัยแรงงานจะเข้าสู่การทำงานในกลุ่มนี้จะมีระยะเวลาในการอยู่อาศัยนาน และกลุ่มที่เป็นประชากรแฝงที่มีมากจะเป็นวัยแรงงานจากท้องถิ่นอื่นเข้ามาประกอบอาชีพอิสระ ค้าขาย สอดคล้องจากการทบทวนของพงศ์เทพ วิวรรณะเดช⁽¹¹⁾ พบประชากรแฝงในเขตมาบตาพุดร้อยละ 182 ในกลุ่มนี้ระยะเวลาอาศัยจะสั้นกว่า และมีความสอดคล้องกับลักษณะที่อยู่อาศัยในเขตมาบตาพุดนี้แบ่งออกชัดเจนถึงการพักอยู่อาศัยแบบชุมชนดั้งเดิมมีพื้นที่สวนผลไม้ในบริเวณบ้าน และวิถีชุมชนเมือง/อาคารปิด ห้องเช่าถึงแม้ว่าจะอยู่ในตำบลเดียวกันก็ตาม⁽⁵⁾

ด้านสถานะทางสุขภาพพบว่า สองในสาม (ร้อยละ 66.9) ไม่มีโรคประจำตัว ทั้งนี้ไม่สอดคล้องกับการศึกษาการรับสัมผัสสารเบนซินในกลุ่มผู้ประกอบอาชีพริมถนนที่พบผู้ที่ไม่มีโรคประจำตัวร้อยละ 82.5⁽⁴⁾ ซึ่ง

อนุมานได้ว่าอาจเกิดจากความแตกต่างด้านอายุของทั้งสองการศึกษา โดยครั้งนี้พบอายุเฉลี่ยมากกว่าถึง 7.35 ปี โดยผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงโรคประจำตัวที่เกิดขึ้นกับกลุ่มตัวอย่าง เกิดได้จากปัจจัยด้านพฤติกรรมสุขภาพ กรรมพันธุ์ และส่วนหนึ่งที่สำคัญเกิดจากภาวะเสื่อมของร่างกายตามอายุ การเผาผลาญ โดยพบว่าเป็นโรคความดันโลหิตสูง เบาหวานมากที่สุด เท่ากับ 142.0, 56.4 ต่อพันประชากร ตามลำดับ ทั้งนี้ได้สอดคล้องกับสำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข⁽¹⁷⁾ พบการวินิจฉัยจำแนกตามกลุ่มโรคปี 2555 ของผู้ป่วยจังหวัดระยองเป็นโรคความดันโลหิตสูงมากกว่าโรคอื่นๆ และจากการสำรวจของสถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข⁽¹²⁾ พบความชุกของโรคความดันโลหิตสูงเพิ่มขึ้นตามอายุ โดยจะพบความชุกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่อายุ 45 ปี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ที่มีอายุเฉลี่ย 45.73±16.59 ปี ในส่วนพฤติกรรมสุขภาพด้านการสูบบุหรี่และดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์พบว่าเกือบทั้งหมดมีพฤติกรรมในทางที่ดี ซึ่งไม่เคยสูบบุหรี่ ร้อยละ 86.9 ไม่ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์หรือดื่มมานานๆ ครั้ง ร้อยละ 90.6 สอดคล้องกับ Fustinoni S et al.⁽¹⁸⁾ ศึกษาในกลุ่มผู้ที่ไม่สูบบุหรี่มากกว่า ร้อยละ 81.2 ในส่วนพฤติกรรมแอลกอฮอล์ พบผู้สูบบุหรี่เป็นประจำในเพศชาย ร้อยละ 24.6 ซึ่งมากกว่าเพศหญิง (ร้อยละ 2.2) สอดคล้องกับสถาบันวิจัยระบบสาธารณสุขพบว่าประชากรไทยเพศชายสูบบุหรี่มากกว่าเพศหญิงเกือบ 20 เท่า⁽¹²⁾

ในส่วนอนุพันธ์ของสารเบนซีน โดยตรวจวัดระดับกรดมิวโคนิกในปัสสาวะ (t,t-muconic acid; tt-MA) พบว่า ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปกติ ร้อยละ 88.4 เกินเกณฑ์เล็กน้อย ร้อยละ 9.0 และมากกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 2.2 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยมัชฌิมเรขาคณิตเท่ากับ 117.49±2.34 µg/g Cr. จากการศึกษาครั้งนี้พบค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานคำแนะนำของสำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กระทรวงสาธารณสุข⁽¹³⁾ ที่กำหนดค่าปกติของกลุ่มประชาชนเพศชายน้อยกว่า 163.86 µg/g Cr. เพศหญิงน้อยกว่า 246.86 µg/g Cr. และน้อยกว่าค่าอ้างอิงระดับ t,t-muconic acid ของประชาชนทั่วไปของจังหวัดระยอง ซึ่งไม่ได้รับสัมผัสจากการทำงาน โดยศูนย์พัฒนาวิชาการอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม จังหวัดระยอง⁽¹⁹⁾ มีค่าเท่ากับ 191 µg/g Cr. ถึงแม้ว่าการประเมินการรับสัมผัสของประชาชนครั้งนี้พบ t,t-muconic acid อยู่ในระดับต่ำ แต่มีหลายการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการรับสัมผัสสารเบนซีนในระดับต่ำหากมีการรับสัมผัสเป็นเวลานานสามารถทำให้เกิดผลต่อเม็ดเลือดได้ นำไปสู่การเกิดมะเร็งเม็ดเลือดขาวจึงควรมีการตรวจติดตามอย่างต่อเนื่อง⁽⁹⁾ ทั้งนี้สอดคล้องกับ Qu Q.⁽²⁰⁾ ศึกษาพบว่า Red blood cells, White blood cells และ Neutrophil ในกลุ่มรับสัมผัสมีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุมถึงแม้จะรับสัมผัสน้อยกว่า 0.25 ppm และเมื่อพิจารณาแยกตามเพศในการศึกษาครั้งนี้พบค่าเฉลี่ยมัชฌิมเรขาคณิตในเพศหญิงมากกว่าเพศชายเล็กน้อย เท่ากับ 123.03±2.39 และ 104.71±2.29 µg/g Cr. ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ Jeyaratanam J.⁽²¹⁾ ได้ศึกษาในคนงานเพศชายและเพศหญิงที่สัมผัสสารเบนซีน 25 ppm ระยะเวลา 2 ชั่วโมง พบว่าความเข้มข้นของสารเคมีในเลือดของคนงานหญิงจะสูงกว่าในคนงานเพศชาย ทั้งนี้เพราะเพศหญิงมีความไวต่อสารเคมีมากกว่าเพศชาย ด้วยความแตกต่างระหว่างเพศชายและเพศหญิง โดยปกติทั่วไปผู้ชายจะมีสัดส่วน

ของกล้ามเนื้อใหญ่กว่าผู้หญิง ปริมาณไขมันในผู้หญิงจะแตกต่างจากเพศชายเช่นกัน มีผลทำให้มีผลต่อปริมาณ การดูดซึม การสะสม และการขับถ่ายออกของสารเคมีในร่างกายที่แตกต่างกันด้วย⁽²²⁾

สำหรับการบรรณาความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดโดยแยกตามชนิดของเม็ดเลือดในครั้งนี้ พบค่าเฉลี่ย Hemoglobin เท่ากับ 12.91 ± 1.51 g/dL ซึ่งน้อยกว่า Luo JC et al.⁽²³⁾ ที่ศึกษาไว้ในคนงานที่มีการสัมผัสตัวทำ ละลาย ฝ่ายผลิตเซมิคอนดักเตอร์ (Semiconductor) ในไต้หวัน ในส่วนปริมาณ Hematocrit เท่ากับ 39.74 ± 4.25 % สอดคล้องกับการศึกษาของ Rothman N.⁽¹⁶⁾ ในคนงานที่สัมผัสสารเบนซีนพบค่า Hematocrit เฉลี่ยเท่ากับ 40% แต่ไม่สอดคล้องกับ Nadar GA.⁽¹⁰⁾ ที่ศึกษาในกลุ่มที่ไม่ได้รับการสัมผัสสารเบนซีนโดย มีปริมาณเท่ากับ 44.1 % เมื่อพิจารณาแยกเพศพบปริมาณ Hemoglobin, Hematocrit ในเพศหญิงน้อยกว่าเพศชาย สอดคล้องกับ หลักวิชาการเนื่องจากในเพศหญิงมีการสูญเสียธาตุเหล็กบางส่วนทางเลือดจากการมีประจำเดือน และสอดคล้อง กับ Luo JC et al.⁽²³⁾ ศึกษาพบค่าเฉลี่ย Hemoglobin ในเพศหญิงเท่ากับ 13.46 g/dL. น้อยกว่าในเพศชายเท่ากับ 15.75 g/dL. ในส่วนปริมาณ Red blood cells ค่าเฉลี่ยที่ศึกษาครั้งนี้เท่ากับ $4.65 \pm 0.68 \times 10^6$ mm³ สอดคล้องกับ Luo JC et al.⁽²³⁾ พบ Red blood cell แยกตามเพศและแผนกในโรงงานมีค่าอยู่ระหว่าง $4.61 - 5.28 \times 10^6$ mm³ และ Rothman N.⁽¹⁶⁾ ศึกษาพบค่าเท่ากับ $4.4 \pm 0.6 \times 10^6$ mm³ ในส่วนชนิดปริมาณ White blood cells พบค่าเฉลี่ยเท่ากับ $7,350.89 \pm 1,971.79$ mm³ ใกล้เคียงกับ Luo JC et al.⁽²³⁾ ศึกษาคนงานในสำนักงานพบค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7,190 mm³ แต่มากกว่า Rothman N.⁽¹⁶⁾ ศึกษาไว้ได้ค่าเท่ากับ $6,000 \pm 1,900$ mm³ จากการศึกษาปริมาณ Absolute neutrophils count และ Platelet จะพบในเพศหญิงมากกว่าเพศชายเล็กน้อย ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ $4,047.83 \pm 1524.75$ และ $280,589.17 \pm 72,693.90$ mm³ ตามลำดับ ทั้งนี้ Platelets สอดคล้องกับ Luo JC et al.⁽²³⁾ ศึกษาในผู้ที่สัมผัสตัวทำ ละลาย ซึ่งพบในเพศหญิงเท่ากับ 273,500 mm³ มากกว่าเพศชายเท่ากับ 234,000 mm³ ซึ่งผลการวิเคราะห์ความ สมบูรณ์ของเม็ดเลือดในครั้งนี้พบปริมาณเม็ดเลือดเฉลี่ยทุกชนิดที่ตรวจวัดอยู่ในเกณฑ์ปกติทั้งหมด

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ t,t-muconic acid กับความสมบูรณ์ของเลือดแยกตามชนิด พบว่า ระดับ t,t-muconic acid มีความสัมพันธ์กับปริมาณฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ปริมาณฮีมาโตคริต (Hematocrit) ปริมาณเม็ดเลือดขาว (White blood cell) สามารถอภิปรายผลการศึกษาได้ดังนี้ 1) ปริมาณ Hemoglobin สอดคล้องกับการศึกษาของ Pereira MA & Chang LW.⁽²⁴⁾ ได้ศึกษาเชิงทดลองในหนูถึงการรับ สัมผัสสารก่อมะเร็งหลายชนิดรวมถึงสารเบนซีนในกลุ่มอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนพบว่าส่งผลต่อการ เปลี่ยนแปลงของ Hemoglobin ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของสารที่ให้ทางปากช่วงระหว่าง 0.007-2.3% และ สอดคล้องกับการศึกษาในอินเดียในคนงานที่สัมผัสสารเบนซีนพบปริมาณ Hemoglobin ลดน้อยลง⁽²⁵⁾ 2) ปริมาณ Hematocrit สอดคล้องกับ Sheng WX.⁽²⁶⁾ พบว่าในผู้ที่สัมผัสเบนซีนมีความสัมพันธ์กับปริมาณ Hematocrit แต่ไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ Rothman N.⁽¹⁶⁾ ที่พบปริมาณในกลุ่มที่สัมผัสเท่ากับ $40 \pm 5.6\%$ กลุ่มควบคุมเท่ากับ $42.0 \pm 5.6\%$ ไม่พบความแตกต่างกัน ถึงแม้ว่าจะไม่แตกต่างกันตามนัยสำคัญที่กำหนด 0.05

แต่จากการศึกษาของ Rothman N. จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยในคนที่สัมผัสจะมี Hematocrit น้อยกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งผลที่ได้เห็นแนวโน้มที่จะส่งผลกระทบต่อเม็ดเลือดลดลง หากสามารถติดตามในกลุ่มคนเหล่านี้โอกาสจะมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น 3) ปริมาณ White blood cells มีหลากหลายการศึกษาและข้อยืนยันแสดงถึงความสัมพันธ์ เช่นเดียวกับการศึกษาครั้งนี้ โดยการศึกษาของ Lan Q et al.⁽⁹⁾ พบความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสสารเบนซีนที่ระดับน้อยกว่า 1 ppm กับปริมาณ White blood cells และสอดคล้องกับ Ibrahim SK et al.⁽²⁷⁾ ศึกษาในกลุ่มที่รับสัมผัสสารเบนซีน 81 คน และกลุ่มควบคุม 83 คน พบระดับ White blood cells ของกลุ่มที่รับสัมผัสลดลงน้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังมีความสอดคล้องกับ Qu Q.⁽²⁰⁾ พบระดับ t,t-muconic acid มีความสัมพันธ์กับ White blood cells และเป็นไปในทางเดียวกับ Rothman N.⁽¹⁶⁾ ที่ศึกษาในกลุ่มรับสัมผัสพบค่าเท่ากับ $6.0 \pm 1.9 * 10^3 \text{ mm}^3$ มีค่าน้อยกว่ากลุ่มควบคุมมีค่าเท่ากับ $6.8 \pm 1.7 * 10^3 \text{ mm}^3$

นอกจากนั้นการศึกษานี้ยังพบว่ายังมีปัจจัยต่างๆมีความสัมพันธ์กับปริมาณเม็ดเลือดเมื่อแยกตามชนิดได้แก่ 1) อายุ เพศ สูบบุหรี่ ดื่มแอลกอฮอล์ มีความสัมพันธ์กับปริมาณ Hemoglobin และ Hematocrit 2) ปัจจัยด้านอายุ เพศ สูบบุหรี่ ระยะเวลาการอาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณ Red blood cells, White blood cells 3) ปัจจัยด้านอายุ แอลกอฮอล์มีความสัมพันธ์กับปริมาณ Absolute neutrophil count และ 4) ปัจจัยด้านอายุ เพศ มีความสัมพันธ์กับปริมาณ Platelet โดยสามารถอภิปรายในปัจจัยด้านอายุได้ว่ามีความสอดคล้องกับการศึกษาในสัตว์ทดลองพบอายุที่เปลี่ยนแปลงมีผลต่อปริมาณ Hemoglobin และ Hematocrit⁽²⁷⁾ ในส่วนปัจจัยด้านเพศจะมีผลต่อ Red blood cells ซึ่งปกติในเพศชายจะมีปริมาณ Red blood cells $4.7-6.1 * 10^6 \text{ mm}^3$ มากกว่าเพศหญิงมีประมาณ $4.2-5.4 * 10^6 \text{ mm}^3$ และปัจจัยของการสูบบุหรี่จะมีผลต่อ White blood cells สอดคล้องกับ Ibrahim SK et al.⁽²⁸⁾ ที่ศึกษาพบว่าในกลุ่มคนที่สูบบุหรี่จะพบ t,t-muconic acid มากกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งในบุหรี่เมื่อเกิดการเผาไหม้จะมีสารเบนซีนปนเปื้อนในอากาศส่งผลให้ผู้สูบบุหรี่หรือผู้ที่ได้รับกลิ่นได้รับสารเบนซีนนี้ไปด้วย หากรับสัมผัสต่อเนื่องเกิดผลกระทบต่อ White blood cells ได้เช่นกันนอกจากการการสัมผัสจากแหล่งกำเนิดอื่นๆ ดังนั้นการศึกษานี้จึงเป็นข้อมูลวิชาการยืนยันผลการเปลี่ยนแปลงของระบบเลือดในบางส่วนเกิดจากลักษณะส่วนบุคคล และพฤติกรรมสุขภาพที่มีความแตกต่างกัน แต่ทั้งนี้ถือเป็นปัจจัยร่วมกับ t,t-muconic acid ด้วย

ในอีกประเด็นหนึ่งของการศึกษาทั้งนี้กรณีวโคนิค (t,t-muconic acid) ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณเกร็ดเลือด (Platelets) เม็ดเลือดแดง (Red blood cells) และความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดนิวโทรฟิล (Absolute neutrophil count) สามารถอภิปรายผลการศึกษาได้ดังนี้ 1) ปริมาณ Platelets ไม่สอดคล้องกับ Lan Q et al.⁽⁹⁾ และ Ibrahim SK et al.⁽²⁸⁾ ที่ศึกษาในคนงานพบความสัมพันธ์กัน และไม่สอดคล้องกับ Rothman N.⁽¹⁶⁾ พบปริมาณ Platelets ในกลุ่มรับสัมผัสมีค่าเท่ากับ $127 \pm 44 * 10^3 \text{ mm}^3$ น้อยกว่ากลุ่มควบคุมเท่ากับ $166 \pm 59 * 10^3 \text{ mm}^3$ พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 2) ปริมาณ Red blood cells ไม่สอดคล้องกับ Ibrahim SK et al.⁽²⁸⁾ และ Qu Q.⁽²⁰⁾ ศึกษาในประเทศจีนพบผู้สัมผัสสารเบนซีนพบปริมาณเม็ดเลือดแดงน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

และไม่สอดคล้องกับ Rothman N.⁽¹⁶⁾ ในกลุ่มรับสัมผัสเท่ากับ $4.4 \pm 0.6 * 10^3 \text{ mm}^3$ กลุ่มควบคุมเท่ากับ $4.7 \pm 0.6 * 10^3 \text{ mm}^3$ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติถึงแม้ว่าจะศึกษาในกลุ่มที่รับสัมผัส $\leq 31 \text{ ppm}$ ปริมาณ Absolute neutrophil count ทั้งนี้ไม่สอดคล้องกับ Qu Q.⁽²⁰⁾ ได้ตั้งข้อสังเกตไว้ว่าเม็ดเลือดขาวชนิด Neutrophil มีความสัมพันธ์กับการรับสัมผัสสารเบนซีน โดยการตรวจวัดอากาศแบบติดตัวบุคคลและระดับอนุพันธ์ของสารเบนซีนในปัสสาวะทั้งในรูปของ t,t-muconic acid และเฟนิลเมอร์แคปตริก (S-phenylmercapturic)

อย่างไรก็ตามการศึกษารุ่นนี้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของปริมาณ t,t-muconic acid กับปริมาณความสมบูรณ์ของเลือดชนิดหลักๆที่เป็นอวัยวะเป้าหมาย (Target organ) ของสารเบนซีนที่ควรติดตามต่อไป โดยในความสมบูรณ์ของเลือดบางชนิดถึงแม้ว่าจะอยู่ในเกณฑ์ปกติ แต่ยังพบปริมาณน้อยกว่างานวิจัยอื่นที่ศึกษาทั้งๆที่เป็นการศึกษาในคนงานที่สัมผัสสารเบนซีนที่มีความเข้มข้นสูงกว่า และจากการศึกษาถึงแม้ว่าจะไม่พบความสัมพันธ์ในปริมาณเม็ดเลือดทุกชนิดแต่เซลล์เม็ดเลือดทั้งหมดพัฒนามาจากเซลล์ต้นกำเนิดเดียวกันอาจได้รับผลกระทบในอนาคตถัดไป กล่าวคือ Hemocytoblast หรือ Pluripotential stem cells (PPSC) เป็นเซลล์เลือดถูกสร้างขึ้นใน Red bone marrow⁽²⁹⁾ ซึ่งผลกระทบที่เกิดจากสารเบนซีนจะมีผลต่อการกวดการทำงานไขกระดูกส่งผลเม็ดเลือดที่ผลิตจาก Red bone marrow นี้ได้ และงานวิจัยฉบับนี้ถือได้ว่าเป็นงานวิจัยใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ และเป็นฉบับแรกๆที่เกิดขึ้นในพื้นที่มลพิษมาบตาพุดเกี่ยวกับการวิเคราะห์ผลเชิงลึกทางระบบเลือดเพื่อที่จะเป็นพื้นฐานให้กับการติดตามหรือการศึกษาต่อไปในอนาคต ทั้งนี้ยังเป็นข้อกังวลเกี่ยวกับพิษวิทยาของสารเบนซีนที่ก่อให้เกิดมะเร็งเม็ดเลือดขาว แต่การศึกษารุ่นนี้ยังไม่พบภาวะ Transient pancytopenia กล่าวคือดัชนีชี้วัด Hemoglobin, White blood cell และ Platelet ที่ต่ำกว่าปกติในบุคคลเดียวกัน ซึ่งเป็นอาการนำของโรค acute Lymphoblastic leukemia⁽³⁰⁾

บทสรุป/เสนอแนะ

ประชาชนมีการรับสัมผัสสารเบนซีนจากสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ ตามคำแนะนำของสำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กระทรวงสาธารณสุข แต่ทั้งนี้ระดับ t,t-muconic acid มีความสัมพันธ์กับปริมาณเม็ดเลือดหลายชนิด ได้แก่ Hemoglobin, Hematocrit และ White blood cells สอดคล้องกับหลายการศึกษาและหลักพิษวิทยา ถึงแม้จะมีการรับสัมผัสในระดับต่ำ แต่ถ้าเป็นระยะเวลานานจะส่งผลกระทบต่อเม็ดเลือดได้ วิธีป้องกันที่ดีที่สุดควรปรับลดที่แหล่งกำเนิดโดยมีมาตรการตรวจวัดสารเบนซีนในสิ่งแวดล้อมอย่างเคร่งครัดและต่อเนื่อง หลีกเลี่ยงแหล่งจราจรที่หนาแน่น และในแนวทางการเฝ้าระวังผู้ที่ได้รับผลกระทบควรมีการตรวจติดตามปริมาณเม็ดเลือดอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะเม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิดดังกล่าว ขอเสนอแนะเชิงนโยบายระดับสูงหน่วยงานภาครัฐควรจัดสรรงบประมาณในการดำเนินกิจกรรมด้านสาธารณสุขให้ครอบคลุมเพื่อเฝ้าระวังเชิงพื้นที่ในเขตควบคุมมลพิษมาบตาพุด

เอกสารอ้างอิง

1. Kirkeleit J, Riise T, Bratveit M, Moen BE. Increased risk of acute myelogenous leukemia and multiple myeloma in a historical cohort of upstream petroleum workers exposed to crude oil. *Cancer Causes Control* 2008; 19: 13-23.
2. Sangrajang S. Toxicological review of benzene: Cancer aspect. *Thai Cancer Journal* 2008; 28: 93-100.
3. สุจิตรา วาสนาดำรงดี. การจัดทำกรอบการประเมินสิ่งแวดล้อมระดับยุทธศาสตร์ (Strategic environment framework) สู่การเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco industrial town) กรณีศึกษาพื้นที่มาบตาพุด จ.ระยอง. ศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2554.
4. ฉาน ปัทมะ พลยง. เปรียบเทียบการรับสัมผัสสารเบนซีนและผลกระทบต่อสุขภาพของกลุ่มผู้ประกอบการอาชีพริมถนน ในเขตมาบตาพุด จังหวัดระยอง. *วารสารความปลอดภัยและสุขภาพ* 2557; 6: 51-64.
5. ศุภชัย เอี่ยมกุลดวพงษ์. การรับสัมผัสสารเบนซีนและผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนจากมลพิษสิ่งแวดล้อม ในเขตควบคุมมลพิษมาบตาพุด จังหวัดระยอง. *วารสารวิชาการสาธารณสุข* 2556; 22(5): 802-16.
6. กรมควบคุมมลพิษ. ผลการตรวจวัดสารเบนซีน. [ออนไลน์]. ค้นเมื่อวันที่ 15 มกราคม 2557 แหล่งข้อมูล: URL: http://aqnis.pcd.go.th/VOCold/VOCs_moving_Maptaput.htm.
7. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 32 เรื่อง กำหนดให้ท้องที่เขตตำบลมาบตาพุด ตำบลห้วยโป่ง ตำบลเนินพระ ตำบลทับมา อำเภอเมืองระยอง จังหวัดระยองทั้งตำบล ตำบลมาบตาพุด อำเภอนิคมพัฒนา จังหวัดระยองทั้งตำบล และตำบลบ้านฉาง อำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยองทั้งตำบล รวมทั้งพื้นที่ทะเลภายในแนวเขตเป็นเขตควบคุมมลพิษ. เล่มที่ 126 ตอนพิเศษ 64 ง. 2552 ; 99.
8. Interational Agency for Research on Cancer (IARC). Benzene. [Online 2014 January 17]. Available from: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100F/mono100F-24.pdf>.
9. Lan Q, Znang L, Li G, Vermeulen R, Weinberg SR, Dosemeci M, et al. Hematotoxicity in workers exposed to low levels of benzene. *Science* 2004; 306 (5702): 1774-6.
10. Nadar GA. Hematopietic effects of benzene inhalation assessed by long-term bone marrow culture. *Environmental Health Perspectives* 1996; 104: 1277-82.
11. พงศ์เทพ วิวรรณะเดช. คู่มือการเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพจากสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศ. ภาควิชาเวชศาสตร์ชุมชน คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. จังหวัดเชียงใหม่. 2553.
12. สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข. การสำรวจสุขภาพประชาชนไทย.[ออนไลน์]. ค้นเมื่อวันที่ 18 มกราคม 2557. แหล่งข้อมูล: URL: <http://www.hsri.or.th/network/89>.

13. สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กระทรวงสาธารณสุข. รายงานสรุปผลการศึกษาค่าเฉลี่ยของสารเมตาโบไลต์ของสารเบนซีนในประชาชนทั่วไปในประเทศไทย. 2551.
14. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). TLVs and BEIs. 2013. P 108.
15. สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล. ข้อมูลประชากรในประเทศไทย พ.ศ. 2557. [ออนไลน์]. ค้นเมื่อวันที่ 15 มกราคม 2557. แหล่งข้อมูล: URL: http://www.ipsr.mahidol.ac.th/ipsrth/population_thai.html.
16. Rothman N, Li LG, Dosemeci M, Bechtold EW, Marti GE, Wang YZ. Hematotoxicity among Chinese workers heavily exposed to benzene. *Am J Ind Med* 1996; 29: 236-46.
17. กลุ่มภารกิจด้านข้อมูลข่าวสารคุณภาพ. ผู้ป่วยในกับอัตราป่วยประชากร 100,000 คน. [ออนไลน์]. ค้นเมื่อวันที่ 15 มกราคม 2557. แหล่งข้อมูล: <http://bps.ops.moph.go.th/Healthinformation/index.htm>.
18. Fustinoni S, Consonni D, Campo L, Buratti, Colombi A, Pesatori C A et al. Monitoring low benzene exposure : Comparative evaluation of urinary biomarkers, Influence of cigarette smoking and genetic polymorphisms. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2005; 14-9.
19. จุฬารัตน์ ยาปัญญา นลินี ศรีพวง และธนู ทองคำสุก. การจัดทำค่าอ้างอิงทางสุขภาพเพื่อการเฝ้าระวังพิษเบนซีนในพื้นที่จังหวัดระยอง. ศูนย์พัฒนาวิชาการอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม จังหวัดระยอง. กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. 2556.
20. Qu Q, Shore R, Li G, Jin X, Cohen B, Melikian AA. Hematological changes among Chinese workers with a broad range of benzene exposures. *Am J Ind Med* 2002; 42(4). 275-85.
21. Jeyaratanam J & Chia KS. Occupational health in national development. World scientific Singapore. 1994
22. อนามัย เทศกะทีก. อาชีวอนามัยและความปลอดภัย. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2553.
23. Luo JC, Hsieh LL, Chang MJW, Hsu KH. Decreased white blood cell counts in semiconductor manufacturing workers in Taiwan. *Occup Environ Med* 2002; 59: 44-49.
24. Pereira MA & Chang LW. Binding of chemical carcinogen and mutagens to rat hemoglobin. *Chemico-Biological Interactions* 1981; 33: 301-5.
25. Ray MR, Roychoudhury S, Mukherjee S, Lahiri T. Occupational benzene exposure form vehicular sources in India and its effect on hematology, lymphocyte subsets and platelet p-selectin expression. *Toxicology and Industrial health* 2007; 23: 167-75.
26. Sheng WX, Nan L, Jun WG, Ian SP, Ping YB, Hui GX. Effect of short-term benzene exposure on peripheral blood and chromosomal damage among workers. *Journal of environment & Occupational*

medicine 2010.

27. ทศนันท์ หงสะพัก ลักษณะ เพียงซ้าย และสุกัญญา รัตนทับทิมทอง.ผลของปัจจัยด้านอายุและการให้เลือดต่อสมรรถภาพการผลิตและค่าโลหิตวิทยาของแกะ.การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50. วันที่ 31 มกราคม-2กุมภาพันธ์ 2555. 9-16.
28. Ibrahim KS, Amer MN, EI-dossuky EA, Emara AM, EI-Samei A, EI-Fattah AM, et al. Hematological effects of benzene exposure with emphasis on muconic acid as biomarker in exposed workers. Toxicol Ind Health 2012; Abstract.
29. ยูธนา หมั่นดี. เลือดและผลิตภัณฑ์จากเลือด. วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่ 2551. 41(2). 53-61.
30. อัจจิมา อิศสระ อิศรางค์ นุชประยูร และปัญญา เสกสรร. ภาวะTransient pancytopenia เป็นอาการนำของโรค acute lymphoblastic leukemia. วารสารโลหิตวิทยาและเวชศาสตร์บริการโลหิต 2548; 15(4): 259-64.