ppm ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของไซลีนในโรงงานที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 0.02 และ 0.00 ppm ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของเมททิลไอโซบิลทิลคีโตนใน โรงงานที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 0.04 และ 0.00 ppm ตามลำดับ

2.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดฮิพพิวริกและเมททิลฮิพพิวริกในปัสสาวะ

กรดฮิพพิวริกและเมททิลฮิพพิวริกในปัสสาวะ จัดเป็นเมตาโบไลท์ และเป็นตัวบ่งชี้การได้รับสารโทลูอีนและไซลีนเข้าร่างกายทั้งทางปาก การหายใจและทางผิวหนัง ในโรงงานที่ 1 กลุ่มศึกษา 13 คนเก็บปัสสาวะ 5 วัน (n = 60) ในช่วง 2 ชั่วโมงก่อนเลิกงาน (End of shift) พบว่า มีความเข้มข้นของกรดฮิพพิวริกและเมททิลฮิพพิวริกในปัสสาวะ อยู่ระหว่าง 0.1-1.2 และ 0-0.7 g/g creatinine และมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเป็น 0.5 (SD = 0.3) และ 0.1 (SD = 0.1) g/g creatinine (ตารางที่ 9) เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของกรดฮิพพิวริกและเมททิลฮิพพิวริก ที่ได้รับจากวันจันทร์ถึงวันศุกร์พบว่าปริมาณกรดฮิพพิวริก มีค่าเฉลี่ยลดลงจากวันจันทร์ถึงวันพฤหัสแล้วกลับเพิ่มขึ้นในวันศุกร์ และ กรดเมททิลฮิพพิวริกมีค่าสูงต่ำสลับกันไปตลอดสัปดาห์ (ตารางที่ 11) เมื่อนำค่าไปเทียบกับมาตรฐานของกรดฮิพพิวริกและเมททิลฮิพพิวริกที่ 1.6 และ 1.5 g/g creatinine ตามลำดับ[9] พบว่าความเข้มข้นของกรดฮิพพิวริกและเมททิลฮิพพิวริก ต่ำกว่าค่ามาตรฐานทั้งหมด สำหรับกลุ่มควบคุม 12 คน พบว่า ความเข้มข้นของกรดฮิพพิวริกและเมททิลฮิพพิวริก มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.0-1.4 และ 0.0-0.15 g/g creatinine และมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเป็น 0.4 (SD = 0.3) และ 0.005(SD = 0.02) g/g creatinine ตามลำดับ (ตารางที่ 9) เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของกรดฮิพพิวริกและเมททิลฮิพพิวริก ที่กลุ่มควบคุมได้รับจากวันจันทร์ถึงวันศุกร์ พบว่าปริมาณกรดฮิพพิวริกมีค่าสูงต่ำสลับกันไป และกรดเมททิลฮิพพิวริกมีค่าค่อนข้างต่ำดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ความเข้มข้นของกรดฮิพพิวริก (HA) และเมททิลฮิพพิวริก (MHA) ในปัสสาวะของคนงาน โรงงานที่ 1 และ 2 ตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันศุกร์

Day	Factory 1				Factory 2			
	Study group (g/g creatinine)		Control group (g/g creatinine)		Study group (g/g creatinine)		Control group (g/g creatinine)	
	HA	MHA	HA	MHA	HA	MHA	HA	MHA
	Mean (SD)	Mean(SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean(SD)	Mean (SD)	Mean (SD)
Mon	0.6(0.3)	0.2(0.2)	0.3(0.2)	0.0	2.0(1.1)	0.2(0.1)	1.3(1.0)	0.0
Tue	0.5(0.3)	0.1(0.1)	0.5(0.4)	0.0	1.6(1.3)	0.1(0.1)	0.8(0.5)	0.0
Wed	0.4(0.3)	0.2(0.2)	0.4(0.3)	0.0	1.3(0.9)	0.2(0.2)	0.4(0.3)	0.0
Thu	0.3(0.2)	0.1(0.0)	0.1(0.1)	0.0	1.7(1.4)	0.2(0.2)	0.3(0.2)	0.0
Fri	0.4(0.2)	0.1(0.1)	0.4(0.3)	0.0	0.9(0.7)	0.1(0.1)	0.1(0.1)	0.0

โรงงานที่ 2 กลุ่มศึกษา 11 คนเก็บปัสสาวะ 5 วัน (n = 51) ในช่วง 2 ชั่วโมงก่อนเลิกงาน (End of shift) พบว่า มีความเข้มข้นเฉลี่ยของกรดฮิพพิวริกและเมททิลฮิพพิวริกมีค่าอยู่ระหว่าง 0.02-4.6 และ 0-0.7 g/g creatinine และมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเป็น 1.5 (SD = 1.1) และ 0.15 (SD = 0.17) g/g creatinine (ตารางที่ 9) เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของกรดฮิพพิวริกและเมททิลฮิพพิวริก ที่ได้รับจากวันจันทร์ถึงวันศุกร์พบว่าปริมาณกรดฮิพพิวริก มีค่าเฉลี่ยลดลงจากวันจันทร์ถึงวันพฤหัส แล้วกลับเพิ่มขึ้นในวันศุกร์ และ กรดเมททิลฮิพพิวริก มีค่าสูงต่ำสลับกันไปตลอดสัปดาห์ ดังตารางที่ 11 เมื่อนำค่าไปเทียบกับมาตรฐานของกรดฮิพพิวริกและเมททิลฮิพพิวริกที่ 1.6 และ 1.5 g/g creatinine ตามลำดับ [9] พบว่าความเข้มข้นของกรดฮิพพิวริก มีค่าสูงกว่ามาตรฐานร้อยละ 31.37% ส่วนกรดเมททิลฮิพพิวริก มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานทั้งหมด สำหรับกลุ่มควบคุม 12 คน พบว่า มีความเข้มข้นของกรดฮิพพิวริก เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0-2.2 g/g creatinine และมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเป็น 0.5 (SD = 0.5) ไม่พบปริมาณ กรดเมททิลฮิพพิวริก ในปัสสาวะเลย เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของกรดฮิพพิวริก ที่ได้รับจากวันจันทร์ถึงวันศุกร์พบว่าปริมาณกรดฮิพพิวริก มีค่าเฉลี่ยลดลงทุกวันจากวันจันทร์ถึงวันศุกร์ เมื่อนำค่าไปเทียบกับมาตรฐานที่ 1.6 g/g creatinine [9] พบว่ามีค่าสูงกว่ามาตรฐานร้อยละ 7.7%

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโทลูอีนเฉลี่ยในกลุ่มศึกษาของโรงงานที่ 1 และ 2 พบว่าปริมาณโทลูอีนเฉลี่ยในโรงงานที่ 2 (23.2 ppm) เป็น 3 เท่าของโรงงานที่ 1 (8.2 ppm)และปริมาณฮิพพิวริกเฉลี่ยในคนงานโรงงานที่ 2 (1.5 g/g creatinine) เป็น 3 เท่าของโรงงานที่ 1 (0.5 g/g creatinine) เช่นเดียวกันแสดงว่าปริมาณกรดฮิพพิวริกในปัสสาวะมีความสัมพันธ์กับปริมาณโทลูอีนในสิ่งแวดล้อมการทำงาน

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไซลีนเฉลี่ยในสิ่งแวดล้อมการทำงานของกลุ่มศึกษาระหว่างโรงงานที่ 1 และ 2 พบว่า โรงงานที่ 1 มีปริมาณไซลีนเฉลี่ยในสิ่งแวดล้อมการทำงาน (4.4 ppm) มีค่าสูงกว่าโรงงานที่ 2 (3.8 ppm)อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ปริมาณกรดเมททิลฮิพพิวริกในปัสสาวะของโรงงานที่ 1(0.12 g/g creatinine) มีค่าน้อยกว่าโรงงานที่ 2 (0.15 g/g creatinine) อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

2.3 กรณีตัวอย่างศึกษาการสัมผัสสารเคมีในสิ่งแวดล้อมการทำงานและสารเมตาโบไลท์

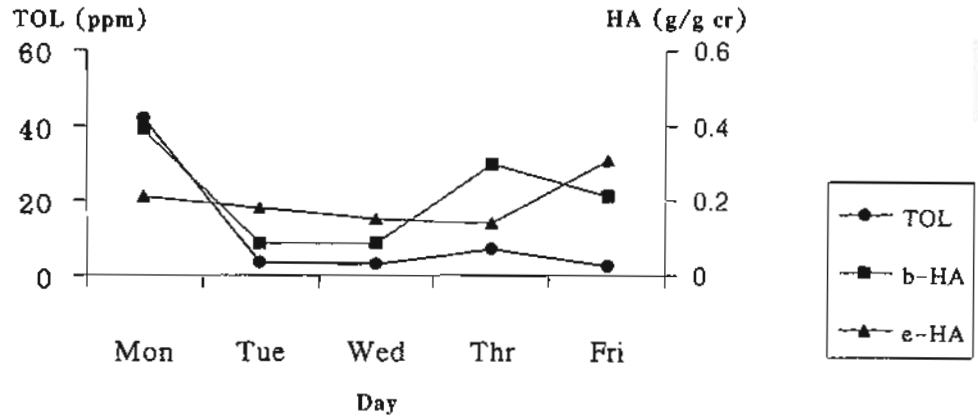
การวิเคราะห์ปริมาณสารเคมีในสิ่งแวดล้อมการทำงานและสารเมตาโบไลท์ เมื่อคนงานได้รับสารเคมีได้แก่โทลูอีนและไซลีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เข้าสู่ร่างกาย จะเกิดการเมตาโบลิซึมของสารเหล่านั้น ได้เป็นสารเมตาโบไลท์กรดฮิพพิวริกและเมททิลฮิพพิวริก ซึ่งจะขับถ่ายออกทางปัสสาวะ จึงได้นำตัวอย่างของนายพ. และนายก. มาอธิบายเป็นกรณีศึกษาของคนงานในโรงงานที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

2.3.1 กรณีตัวอย่างศึกษาของนาย พ. ทำงานอยู่ฝ่ายผลิตสีน้ำมันในโรงงานปริมาณสารเคมีเฉลี่ยที่นาย พ. ได้รับสัมผัสตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันศุกร์ แสดงดังกราฟรูปที่ 1 และ กราฟรูปที่ 2 ปรากฏว่าปริมาณโทลูอีนมีค่าเฉลี่ยทั้งวันสูงที่สุดในวันจันทร์ (41.9 ppm) และปริมาณโทลูอีนลดลง

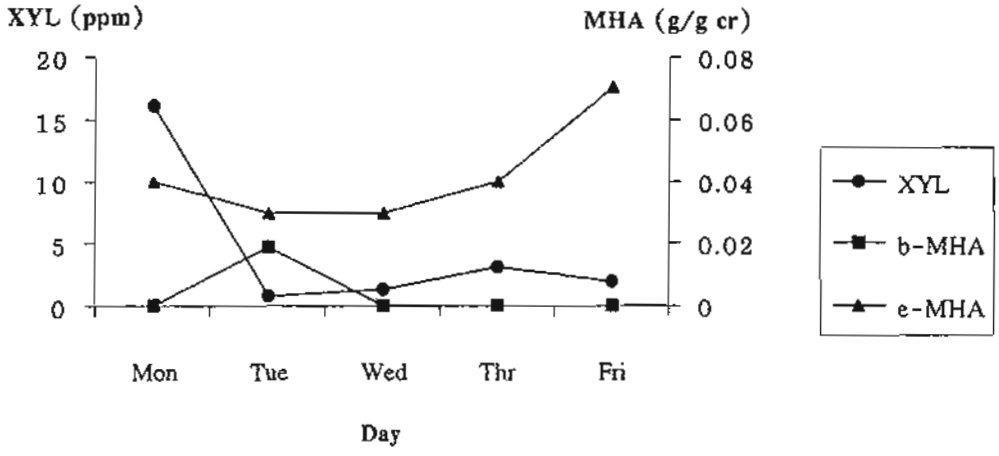
ในวันอังคารและพุธ ในวันพฤหัสปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และกลับลดลงในวันศุกร์ ส่วนปัสสาวะที่เก็บในช่วงเช้าพบกรดฮิพพิวริก (b-HA) สูงสุดในวันจันทร์ (0.387 g/g creatinine) แล้วลดต่ำลงในวันอังคารและพุธ ในวันพฤหัสจะมีปริมาณกรดฮิพพิวริกเพิ่มขึ้นและลดลงในวันศุกร์อีกครั้งซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโทลูอีน ปัสสาวะที่เก็บในตอนบ่ายก่อนเลิกงานพบว่ามีปริมาณของกรดฮิพพิวริกในปัสสาวะ(e-HA)สูงสุดในวันจันทร์เช่นเดียวกัน(0.210 g/g creatinine) แต่ปริมาณจะลดลงจนถึงวันพฤหัสและกลับเพิ่มขึ้นในวันศุกร์ สำหรับปริมาณไซลีนที่พบสูงที่สุดในวันจันทร์ (16.1 ppm) ลดต่ำลงในวันอังคารและกลับเพิ่มขึ้นในวันพุธและพฤหัส ในวันศุกร์จะลดลงเล็กน้อย ส่วนปริมาณของกรดเมททิลฮิพพิวริกในปัสสาวะที่เก็บในตอนเช้า(b-MHA)พบว่าในวันจันทร์ไม่พบปริมาณกรดเมททิลฮิพพิวริกในปัสสาวะ ในวันอังคารปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (0.019 g/g creatinine) ส่วนวันพุธ พฤหัสและศุกร์ ไม่พบกรดเมททิลฮิพพิวริกในปัสสาวะ ปัสสาวะที่เก็บช่วงบ่ายปริมาณกรดเมททิลฮิพพิวริก(e-MHA) จะใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.026-0.067 g/g creatinine จะเห็นว่าปริมาณกรดฮิพพิวริกและเมททิลฮิพ-พิวริกของนาย พ. อยู่ในปริมาณซึ่งพบได้ในคนทั่วไป และถ้าเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของโทลูอีนและไซลีนพบว่ามีค่าต่ำกว่ามาตรฐานทั้งหมด เมื่อคิดเป็น TLV of mixture จะมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน และเมตาโบไลท์ คือ กรดฮิพพิวริกและเมททิลฮิพพิวริกในปัสสาวะ มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน[9] ทั้งหมด

2.3.2 กรณีตัวอย่างศึกษาของนาย ก. ทำงานอยู่ฝ่ายผลิตสีน้ำมันในโรงงานที่ 2 ปริมาณสารเคมีเฉลี่ยที่นาย ก. ได้รับสัมผัสตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันศุกร์ แสดงดังกราฟรูปที่ 3 กราฟรูปที่ 4 พบว่าปริมาณโทลูอีนมีค่าอยู่ระหว่าง 5.50- 29.3 ppm. โดยในวันจันทร์ถึงวันพุธมีปริมาณใกล้เคียงกันและเพิ่มขึ้นในวันพฤหัส ในวันศุกร์กลับลดลงต่ำสุด ส่วนกรดฮิพพิวริกในปัสสาวะที่เก็บในช่วงเช้า (b-HA)มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.125-0.323 g/g creatinine และปัสสาวะที่เก็บในช่วงเย็นพบว่ามีปริมาณกรดฮิพพิวริก(e-HA)อยู่ระหว่าง 0.092-4.160 g/g creatinine และปริมาณกรดฮิพพิวริกขึ้น ๆ ลง ๆ สลับกันทุกวัน สำหรับความเข้มข้นของไซลีนพบว่าอยู่ระหว่าง 1.518-4.983 ppm. โดยปริมาณไซลีนลดลงในวันอังคารและกลับเพิ่มขึ้นในวันพุธ และลดลงอีกครั้งในวันพฤหัสและวันศุกร์ ส่วนกรดเมททิลฮิพพิวริกในปัสสาวะที่เก็บในตอนเช้า(b-MHA)พบว่ามีปริมาณค่อนข้างต่ำอยู่ระหว่าง 0.0-0.031 g/g creatinine และปัสสาวะที่เก็บตอนเย็นปริมาณกรดเมททิล-ฮิพพิวริก(e-MHA)เพิ่มขึ้นตั้งแต่วันอังคารและวันพุธ ซึ่งมีค่าสูงสุด ในวันพฤหัสพบว่าเริ่มลดลงและในวันศุกร์ลดลงจนมีค่าต่ำสุด เมื่อนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของสารแต่ละชนิดพบว่าปริมาณสารเคมีในสิ่งแวดล้อมการทำงานคือ โทลูอีน และไซลีน มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน[9] ทุกวัน เมื่อนำมาคำนวณเป็น TLV of mixture จะมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานเช่นเดียวกัน สำหรับเมตาโบไลท์ คือ กรดฮิพพิวริกมีค่าสูงกว่ามาตรฐาน (1.6 g/g creatinine)[9] ในวันอังคารและพฤหัส (2.7, 4.2 g/g creatinine ตามลำดับ) ส่วนกรดเมททิลฮิพพิวริกมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานทุกวัน

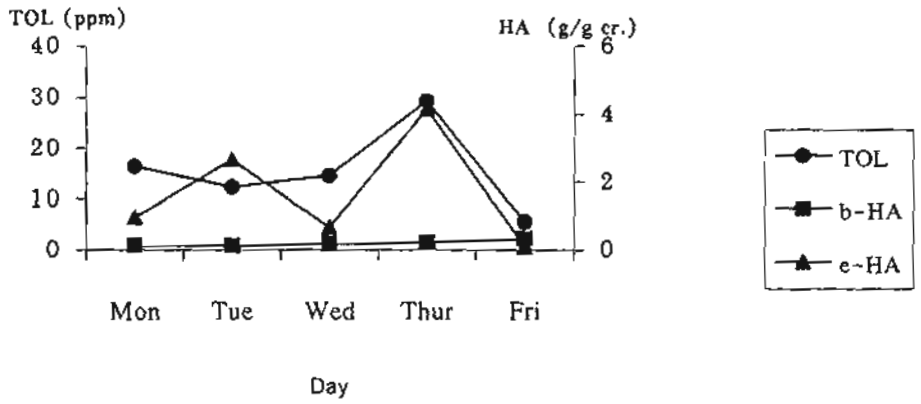
รูปที่ 1 ความเข้มข้นโทลูอีน (TOL) ในสิ่งแวดล้อมการทำงาน และกรดฮิพพิวริก (HA) ของนายพ. โรงงานที่ 1



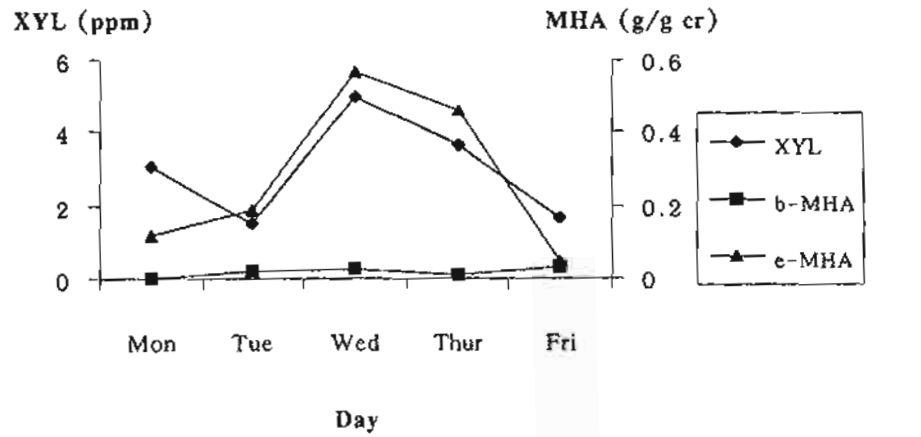
รูปที่ 2 ความเข้มข้นไซลีน(XYL)ในสิ่งแวดล้อมการทำงานและกรดเมททิลฮิพพิวริก (MHA)ในปัสสาวะของนายพ. โรงงานที่ 1



รูปที่3 ความเข้มข้นของโทลูอีน (TOL) ในสิ่งแวดล้อมการทำงาน และกรดฮิพพิวริก (HA) ในปัสสาวะของนายก. โรงงานที่ 2



รูปที่ 4 ความเข้มข้นไซลีน (XYL) ในสิ่งแวดล้อมการทำงานและกรดเมททิลฮิพพิวริก (MHA) ในปัสสาวะของนายก. โรงงานที่ 2



3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโทลูอีน และไซลีนในสิ่งแวดล้อมการทำงานและ ปริมาณกรดฮิพพิวริกและกรดเมททิลฮิพพิวริก ในปัสสาวะ

ในการศึกษานี้เก็บตัวอย่างอากาศทั้งกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม เพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของโทลูอีนและไซลีนในสิ่งแวดล้อมการทำงาน และตัวอย่างปัสสาวะ เพื่อวิเคราะห์ปริมาณกรดฮิพพิวริกและเมททิลฮิพพิวริก ติดต่อกันตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันศุกร์เป็นเวลา 5 วัน นำมาใช้ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์โดยใช้สมการถดถอยแบบเส้นตรง (Linear regression model) อาศัยหลักการที่ว่า ผลของโทลูอีนและไซลีนต่อปริมาณ กรดฮิพพิวริกและเมททิลฮิพพิวริก อาจจะไม่ได้เกิดขึ้นวันต่อวัน มลพิษในแต่ละวันอาจจะมีผลกระทบในวันนั้นหรือหลายวันต่อมา เช่น มีการสะสมของโทลูอีน และไซลีนในร่างกายซึ่ง อาจมีผลต่อปริมาณฮิพพิวริกและเมททิลฮิพพิวริก ในหลายวันต่อมา ในกรณีของโทลูอีน ความหมายของศัพท์ที่ใช้ได้แก่

Actual day	หมายความว่า ผลเฉลี่ยของโทลูอีนในสิ่งแวดล้อมการทำงานในวันใด ๆจะมีผลต่อปริมาณกรด ฮิพพิวริกในปัสสาวะในวันเดียวกันนั้น
2-day lagged moving average	หมายความว่า ผลเฉลี่ยของโทลูอีนในสิ่งแวดล้อมการทำงานในวันที่ 1 ถึงวันที่ 2 จะมีผลกระทบต่อระดับ กรดฮิพพิวริก ในวันที่ 2 นั่นคือการสะสมของโทลูอีนในสิ่งแวดล้อมการทำงานที่ได้รับเข้าสู่ร่างกาย 2 วันจะมีผลกระทบต่อกรดฮิพพิวริก ในวันที่ 2
3-day lagged moving average	หมายความว่า ผลเฉลี่ยของโทลูอีนในสิ่งแวดล้อมการทำงานในวันที่ 1 ถึงวันที่ 3 จะมีผลกระทบต่อระดับกรดฮิพพิวริก ในวันที่ 3 นั่นคือการสะสมของโทลูอีนในสิ่งแวดล้อมการทำงานที่ได้รับเข้าสู่ร่างกาย 3 วันจะมีผลกระทบต่อ กรดฮิพพิวริก ในวันที่ 3
4-day lagged moving average	หมายความว่า ผลเฉลี่ยของโทลูอีนในสิ่งแวดล้อมการทำงานในวันที่ 1 ถึงวันที่ 4 จะมีผลกระทบต่อระดับ กรดฮิพพิวริก ในวันที่ 4 นั่นคือการสะสมของโทลูอีนในสิ่งแวดล้อมการทำงานที่ได้รับเข้าสู่ร่างกาย 4 วันจะมีผลกระทบต่อกรดฮิพพิวริก ในวันที่ 4
5-day lagged moving average	หมายความว่า ผลเฉลี่ยของโทลูอีนในสิ่งแวดล้อมการทำงานในวันที่ 1 ถึงวันที่ 5 จะมีผลกระทบต่อระดับ กรดฮิพพิวริก ในวันที่ 5 นั่นคือการสะสมของโทลูอีนในสิ่งแวดล้อมการทำงานที่ได้รับเข้าสู่ร่างกาย 5 วันจะมีผลกระทบต่อกรดฮิพพิวริก ในวันที่ 5

ผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 1 และ 2 โดยใช้แบบที่ได้นำเสนอมานี้ สรุปได้ดังตารางที่ 12

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโทลูอีนและไซลีนในสิ่งแวดล้อมการทำงานและกรดฮิพพิวริกและเมททิลฮิพพิวริกในปัสสาวะคนงานใช้สมการถดถอย (Regression) แบบเส้นตรงโดยใช้สมการ $HA = \alpha + \beta\ TOL$

α = ค่าคงที่

β = สัมประสิทธิ์ความถดถอย

TOL = ความเข้มข้นของโทลูอีนเฉลี่ยในสิ่งแวดล้อมการทำงานตลอดเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง

HA = ความเข้มข้นของกรดฮิพพิวริกในช่วง 2 ชั่วโมงก่อนเลิกงาน (End of shift)

ผลการวิเคราะห์พิจารณาจากค่า p-value $\leq$ 0.05 (มีนัยสำคัญทางสถิติ 95 %) และค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย (β) ที่มีค่าเป็นบวก ซึ่งแสดงดังตารางที่ 12 ตัวอย่างการอ่านผลการวิเคราะห์มีดังนี้

ตัวอย่างที่ 1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดฮิพพิวริกในตอนบ่ายของวันจันทร์ที่เปลี่ยนแปลงต่อปริมาณโทลูอีนเฉลี่ย 1 หน่วย ของวันจันทร์ ในโรงงานที่ 1 มีค่านัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.396) ซึ่งมากกว่าค่า α ที่กำหนด 0.05 แสดงว่าโทลูอีนในสิ่งแวดล้อมการทำงานเฉลี่ยของวันจันทร์ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณกรดฮิพพิวริกในปัสสาวะที่เกิดขึ้นในวันเดียวกันนั้น และค่า β = -0.0056 หมายความว่า ความเข้มข้นของโทลูอีนเพิ่มขึ้น 1 ppm กรดฮิพพิวริกในปัสสาวะจะลดลง 0.0056 g/g creatinine ซึ่งเป็นค่าที่เป็นไปไม่ได้ และจะไม่นำข้อมูลในลักษณะนี้มาใช้สรุปผลการวิเคราะห์

ตัวอย่างที่ 2 ผลการวิเคราะห์ 2-day lagged moving average ในโรงงานที่ 2 แสดงปริมาณกรดฮิพพิวริกเฉลี่ยต่อความเข้มข้นโทลูอีนเฉลี่ย 2 วัน (ปริมาณโทลูอีนเฉลี่ยในวันที่เก็บตัวอย่างปัสสาวะและวันก่อนหน้านี้ 1 วัน) พบว่ามีค่านัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.014 ซึ่งน้อยกว่าค่า α ที่กำหนด 0.05 แสดงว่า ความเข้มข้นโทลูอีนเฉลี่ย 2 วันมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นกรดฮิพพิวริกในปัสสาวะ ส่วนค่า β = 0.03 ซึ่งเป็นค่าบวก แสดงความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ นั่นคือเมื่อปริมาณของ โทลูอีนเพิ่มขึ้น 1 ppm ทำให้ปริมาณกรดฮิพพิวริกเพิ่มขึ้น 0.03 g/g creatinine

3.1 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโทลูอีนและปริมาณกรดฮิพพิวริกในปัสสาวะของคนงานในโรงงานที่ 1 และ 2 (ตารางที่ 12)

โรงงานที่ 1 ความเข้มข้นของโทลูอีนเฉลี่ยในสิ่งแวดล้อมการทำงานไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณกรดฮิพพิวริกในปัสสาวะในวันเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 12) เนื่องจากความเข้มข้นของโทลูอีนในสิ่งแวดล้อมการทำงานมีค่าต่ำ เมื่อพิจารณาการสะสมของโทลูอีนในร่างกายซึ่งส่งผลให้มีการเพิ่มของกรดฮิพพิวริกในปัสสาวะ พบว่าการสะสมของโทลูอีนในร่างกายไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณกรดฮิพพิวริกในปัสสาวะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

โรงงานที่ 2 ความเข้มข้นของโทลูอีนในสิ่งแวดล้อมการทำงานมีความสัมพันธ์กับปริมาณกรดฮิพพิวริกในปัสสาวะในวันเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 12) ตั้งแต่วันพุธ พฤหัส และศุกร์ เนื่องจากความเข้มข้นของโทลูอีนในสิ่งแวดล้อมการทำงานมีค่าสูง การสะสมของโทลูอีนในคนงานมีความสัมพันธ์กับปริมาณฮิพพิวริกในปัสสาวะ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในคนงานที่ทำงานติดต่อกันตั้งแต่ 1-5 วัน

ตารางที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโทลูอีน ไซลีน และ ปริมาณกรดฮิพพิวริก เมททิลฮิพพิวริก ในคนงานโรงงานที่ 1 และ 2

Day	Model	Toluene and Hippuric acid		Xylene and Methylhippuric acid	
		Factory 1	Factory 2	Factory 1	Factory 2
		Coefficient ±S.E. p-value	Coefficient ±S.E. p-value	Coefficient±S.E. p-value	Coefficient±S.E. p-value
Mon	Actual day	-0.0056 ±0.006 0.396	0.0266±0.016 0.115	0.0011±0.010 0.916	0.0297±0.006 0.000*
Tue	Actual day	-0.0096 ±0.010 0.338	0.0093±0.013 0.490	0.0113±0.012 0.348	0.0174±0.012 0.150
Wed	Actual day	-0.0001±0.008 0.987	0.0298±0.012 0.023*	0.0413±0.015 0.014*	0.0530±0.011 0.000*
Thur	Actual day	0.0104±0.007 0.146	0.0592±0.019 0.006*	0.0075±0.002 0.005*	0.0310±0.024 0.206
Fri	Actual day	0.0171±0.021 0.430	0.0340±0.011 0.007*	0.0249±0.007 0.002*	0.0188±0.005 0.001*
	1-day lagged moving average	-0.0012±0.010 0.909	0.0242±0.011 0.040*	0.0044±0.005 0.41	0.0231±0.008 0.008*
	2-day lagged moving average	0.0027±0.015 0.855	0.0325±0.011 0.011*	0.0117±0.007 0.089	0.0226±0.006 0.001*
	3-day lagged moving average	-0.0001±0.012 0.991	0.0407±0.009 0.001*	0.0130±0.007 0.097	0.0252±0.006 0.000*
	4-day lagged moving average	0.0036±0.011 0.74	0.0388±0.009 0.000*	0.0210±0.006 0.002*	0.0261±0.005 0.000*
	5-day lagged moving average	0.0017±0.010 0.87	0.0388±0.009 0.001*	0.0207±0.006 0.003*	0.0243±0.006 0.001*

*Statistically significant at 95%

3.2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของไซลีนในสิ่งแวดล้อมการทำงานและปริมาณกรดเมททิลฮิพพิวริกในปัสสาวะของคนงานในโรงงานที่ 1 และ 2

โรงงานที่ 1 ความเข้มข้นของไซลีนในสิ่งแวดล้อมการทำงานมีความสัมพันธ์กับปริมาณกรดเมททิลฮิพพิวริกในปัสสาวะในวันเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตั้งแต่วันพุธ พฤหัส ศุกร์ และมีการสะสมของไซลีนในร่างกายซึ่งส่งผลให้มีการเพิ่มของกรดเมททิลฮิพพิวริกในปัสสาวะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในคนงานที่ทำงานติดต่อกันตั้งแต่ 4-5 วัน (ตารางที่ 12)

โรงงานที่ 2 ความเข้มข้นของไซลีนในสิ่งแวดล้อมการทำงานมีความสัมพันธ์กับปริมาณกรดเมททิลฮิพพิวริกในปัสสาวะในวันเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในวันจันทร์ พุธ และศุกร์ และมี

การสะสมของไซลีนในร่างกายซึ่งส่งผลให้มีการเพิ่มของกรดเมททิลฮิพพิวริกในปัสสาวะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในคนงานที่ทำงานติดต่อกันตั้งแต่ 1-5 วัน (ตารางที่ 12)

วิจารณ์

การศึกษาระดับของโทลูอีนและไซลีนในสิ่งแวดล้อมการทำงานและชีววัตถุในคนงานโรงงานผลิตสี คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาในโรงงานสี 2 แห่งที่มีการได้รับสัมผัสสารโทลูอีนและไซลีนระดับสูงและต่ำ การศึกษานี้มีข้อจำกัดบางประการได้แก่อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างอากาศที่ตัวบุคคลมีจำนวนจำกัด ดังนั้นการเก็บตัวอย่างอากาศสำหรับกลุ่มควบคุมจึงใช้วิธีการเก็บตัวอย่างแบบพื้นที่และอีกประการหนึ่งลักษณะงานของกลุ่มควบคุมเป็นงานในสำนักงานที่ต้องนั่งทำงานประจำที่การเก็บอากาศที่ตัวบุคคลหรือแบบพื้นที่ให้ผลไม่แตกต่างกันมากนัก ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การศึกษาอัตราชุกของการเกิดอาการผิดปกติที่ปรากฏในคนงานและประสิทธิภาพของคนงานระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม

การศึกษาอัตราชุกของการเกิดอาการผิดปกติที่ปรากฏในคนงานที่ได้รับสัมผัสโทลูอีนและไซลีน โดยการวิเคราะห์แบบตัวแปรสองตัวพบว่า อาการหรือความรู้สึกผิดปกติไม่ปรากฏชัดเจน ซึ่งอาจมีปัจจัยอื่นที่เข้ามาเกี่ยวข้องได้แก่

1.1 โรคประจำตัว กลุ่มศึกษามีโรคประจำตัวน้อยกว่ากลุ่มควบคุม โรคประจำตัวที่พบได้แก่ ความดันโลหิตสูง ภูมิแพ้ หอบ ไซนัส เส้นเลือดตีบในสมอง ปวดขา กระเพาะอาหารอักเสบและเครียด

1.2 การศึกษา กลุ่มศึกษามีการศึกษาต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ลักษณะงานของกลุ่มศึกษาเป็นงานที่ใช้แรงงาน ส่วนลักษณะงานของกลุ่มควบคุมเป็นงานในสำนักงานและงานบริหารจัดการ ซึ่งเป็นงานที่ต้องใช้ความคิด การตัดสินใจ กลุ่มควบคุมมีโอกาสที่จะเกิดอาการเครียด นอนหลับยากและอาการอื่น ๆ ได้มากกว่ากลุ่มศึกษา

1.3 ภาวะเศรษฐกิจ เนื่องจากภาวะเศรษฐกิจที่ตกต่ำ ทำให้โรงงานมีการคัดคนงานออกจำนวนมาก ในช่วงที่เก็บตัวอย่างนั้น เป็นช่วงที่โรงงานอาจจะคัดคนงานออกในส่วนสำนักงานและผู้บริหาร ซึ่งเป็นกลุ่มควบคุมของการศึกษานี้ด้วย อาจเป็นปัจจัยเสริมทำให้เกิดการวิตกกังวลและพบอาการผิดปกติในกลุ่มควบคุมเพิ่มขึ้น

1.4 อาการผิดปกติที่เกิดจากการได้รับสัมผัสโทลูอีน ไซลีน และเมทธิลไอโซบิวทิลคีโตน ได้แก่ ปวดศรีษะ เวียนศรีษะ เหนื่อยง่าย และต้องการนอนพักผ่อนมากกว่าปกติ เป็นอาการที่พบได้ทั่วไปจากสาเหตุอื่น ๆไม่เฉพาะเจาะจงว่าเกิดจากพิษของตัวทำละลายเท่านั้นทำให้ ทำให้การสรุปผลอาจคลาดเคลื่อนได้

1.5 จำนวนตัวอย่าง กลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุมมีจำนวนตัวอย่างน้อยในแต่ละโรงงาน

สาเหตุต่าง ๆเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ทำให้ อัตราเสี่ยงของการเกิดอาการผิดปกติที่ปรากฏในคนงาน ที่ได้รับสัมผัสโทลูอีนและไซลีนไม่เด่นชัด จึงได้มีการนำตัวแปรต่าง ๆมาควบคุม จำนวน 9 รายการได้แก่ อายุ เพศ โรงงาน โรคประจำตัว การดื่มแอลกอฮอล์ การมีบ้านอยู่ใกล้โรงงาน อู่พ่นสี รถยนต์หรืองานที่ใช้ทินเนอร์หรือสี ปริมาณบุหรี่ที่สูบต่อวัน การใส่หน้ากากป้องกันสารเคมีขณะทำงาน และจำนวนชั่วโมงที่นอนต่อวัน และนำตัวอย่างทั้งกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุมของทั้งสองโรงงานมารวมกัน แล้วทำการวิเคราะห์แบบ Logistic regression จากผลการวิเคราะห์พบว่าอัตราชุก

ของการเกิดอาการผิดปกติ ที่เกิดจากคนงานได้รับสัมผัสโทลูอีนและไซลีนในกลุ่มศึกษาแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 1)ได้แก่ความรู้สึกยากที่จะรวบรวมสมาธิ 2) ใจสั่น (ทั้งที่ไม่มีเรื่องตื่นเต้นตกใจใด ๆ) 3)ได้กลิ่นสารเคมีอย่างรุนแรงในโรงงาน 4)ความต้านทานต่อแอลกอฮอล์ลดลง 5) การจดจำสิ่งต่าง ๆได้ยากขึ้นในขณะทำงาน เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Wang, J.D. และ Chen, J.D.[10] ได้รายงานว่ากลุ่มศึกษาที่ได้รับตัวทำละลายผสมในอุตสาหกรรมผลิตสี ระดับของสารเคมีที่ได้รับจะสัมพันธ์กับความรุนแรงของอาการที่เกิดขึ้นได้แก่ แน่นหน้าอก ปวดศรีษะ มึนงง เหนื่อยง่าย ซึมเศร้าและใจสั่น พบว่าอาการใจสั่นมีนัยสำคัญทางสถิติเหมือนกัน อาการผิดปกติเหล่านี้เมื่อเกิดขึ้นกับคนงานอาจทำให้คนงานปฏิบัติงานได้ไม่ดี มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุหรือความผิดพลาดได้ อาจทำให้คุณภาพชีวิตของคนงานลดลง สำหรับคนงานบางคนที่ดื่มสุรา สารโทลูอีนและไซลีนอาจทำให้ความทนต่อแอลกอฮอล์ลดลง นอกจากนี้ แอลกอฮอล์จะทำให้เมตาโบลิซึมของโทลูอีนและไซลีนลดลง[11] ทำให้สารเคมีอยู่ในร่างกายได้นานขึ้น

การหาภาวะความพิการทางสมองเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม พบว่าคนงานไม่มีความผิดปกติของความพิการทางสมองที่เป็นเช่นนี้ เนื่องจากคนงานที่มีความพิการทางสมองจะไม่สามารถปฏิบัติงานในสายการผลิตได้ คนงานก็ต้องตัดสินใจเปลี่ยนงานไปเอง ทำให้ไม่มีโอกาสพบคนงานที่มีความพิการทางสมองอยู่ในโรงงาน

2. การศึกษาปริมาณของโทลูอีนและไซลีนในบรรยากาศการทำงานและกรดฮิพพิวริกและเมททิลฮิพพิวริกในปัสสาวะ

โรงงานที่ 1 กลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุมมีความเข้มข้นของโทลูอีนเฉลี่ยในสิ่งแวดล้อมการทำงานเป็น 8.2 และ 0.10 ppm ตามลำดับ เมื่อมีการเปลี่ยนเป็นเมตาโบไลท์ กลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุมมีปริมาณกรดฮิพพิวริกเฉลี่ยเป็น 0.45 และ 0.35 g/g creatinine ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าปริมาณกรดฮิพพิวริกในกลุ่มศึกษาสูงกว่ากลุ่มควบคุมเล็กน้อย อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเป็นเพราะว่า การได้รับโทลูอีนในระดับ 8.2 ppm จากอากาศเมื่อขับถ่ายกรดฮิพพิวริกออกทางปัสสาวะมีระดับเดียวกับคนปกติ ที่ได้รับกรดเบนโซอิกจากอาหารทั่วไป นอกจากนี้ กลุ่มศึกษาทุกคนใส่หน้ากากป้องกันสารเคมีขณะปฏิบัติงาน เป็นการป้องกันโทลูอีนเข้าสู่ร่างกายด้วย

โรงงานที่ 2 กลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุมมีความเข้มข้นของโทลูอีนเฉลี่ยในสิ่งแวดล้อมการทำงานเป็น 23.2 และ 0.22 ppm ตามลำดับ เมื่อมีการเปลี่ยนเป็นเมตาโบไลท์ กลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุมมีปริมาณกรดฮิพพิวริกเฉลี่ยเป็น 1.49 และ 0.53 g/g creatinine ตามลำดับ ปริมาณโทลูอีนในสิ่งแวดล้อมการทำงานของกลุ่มศึกษาสูงกว่า TLV(50 ppm) ร้อยละ 7.7 ขณะที่ปริมาณฮิพพิวริกในปัสสาวะสูงกว่า BEI (1.6 g/g creatinine) ร้อยละ 31.4 แสดงว่า ปริมาณฮิพพิวริกในปัสสาวะสูงกว่าปริมาณที่คาดว่าเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของโทลูอีนที่คนงานได้รับโดยคิดเปรียบเทียบกับค่า มาตรฐาน [9] ซึ่งเมื่อคนงานได้รับโทลูอีนจากการทำงานที่ความเข้มข้น 50 ppm (TLV) คาดว่าจะพบกรดฮิพพิวริกเฉลี่ยในปัสสาวะของคนงานที่ ช่วง 2 ชั่วโมงก่อนเลิกงาน (End of shift) เป็น 1.6 g/g creatinine อาจเป็นไปได้ว่า ปริมาณกรดฮิพพิวริกในปัสสาวะไม่ได้เกิดจากการเมตาโบ

ลิซึมของโทลูอีนอย่างเดียว การได้รับสารเบนโซอิกก็สามารถเปลี่ยนเป็นกรดฮิพพิวริกได้เช่นเดียวกัน คนงานอาจได้รับโทลูอีนจากทางอื่นนอกจากการหายใจ เช่นการได้รับโทลูอีนเข้าร่างกายทางผิวหนัง เนื่องจากลักษณะที่คนงานต้องทำการผสมสีเทียบสี ล้างถังสี บรรจุสีและติดฉลากกระป๋องสี ประกอบกับกลุ่มศึกษาในโรงงานที่ 2 ใส่หน้ากากป้องกันสารเคมีขณะปฏิบัติงานร้อยละ 36.4 การที่พบฮิพพิวริกในกลุ่มควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 0-2.2 ppm ซึ่งมีค่าสูงกว่า BEI ของฮิพพิวริกร้อยละ 7.7 แสดงให้เห็นว่ากรดฮิพพิวริกเป็นตัวชี้วัดที่ไม่จำเพาะกับโทลูอีน Foo,.S.C. และคณะ[12] รายงานระดับฮิพพิวริกในปัสสาวะของคนงานที่ไม่ได้รับโทลูอีนจากการทำงาน มีค่าอยู่ระหว่าง 0.1-1.8 g/g creatinine ซึ่งก็พบค่าที่สูงกว่าค่ามาตรฐาน (1.6 g/g creatinine)

การเปรียบเทียบระดับโทลูอีนในโรงงานที่ 1 และ 2 พบว่ากลุ่มศึกษาโรงงานที่ 2 (23.2 ppm) ทำงานในบรรยากาศที่มีโทลูอีนเฉลี่ยเป็น 3 เท่าของโรงงานที่ 1 (8.2 ppm) ปริมาณฮิพพิวริกเฉลี่ยของคนงานในโรงงานที่ 2 (1.5 g/g creatinine) ก็สูงกว่าโรงงานที่ 1 (0.5 g/g creatinine) ประมาณ 3 เท่าเช่นเดียวกัน ซึ่งแสดงว่าปริมาณกรดฮิพพิวริกที่ขับถ่ายในปัสสาวะสัมพันธ์กับปริมาณโทลูอีนที่ได้รับ สำหรับไซลีนโรงงานที่ 1 มีไซลีน (4.4 ppm) สูงกว่าโรงงานที่ 2 (3.8 ppm) อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปลี่ยนแปลงเป็นเมตาโบไลท์ ปรากฏว่าปริมาณกรดเมททิลฮิพพิวริกเฉลี่ยในปัสสาวะของคนงานในโรงงานที่ 1 (0.12 g/g creatinine) ต่ำกว่าโรงงานที่ 2 (0.15 g/g creatinine) อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติอาจเป็นเพราะว่าคนงานกลุ่มศึกษาในโรงงานที่ 1 ใช้หน้ากากป้องกันสารเคมีขณะปฏิบัติงานทุกคน (ร้อยละ 100) แต่โรงงานที่ 2 ใส่หน้ากากขณะปฏิบัติงานร้อยละ 36.4

3. การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างโทลูอีนและไซลีนในบรรยากาศการทำงานและปริมาณกรดฮิพพิวริกและเมททิลฮิพพิวริกในปัสสาวะ

3.1 ความสัมพันธ์ของโทลูอีนในสิ่งแวดล้อมการทำงานและปริมาณของกรดฮิพพิวริกในปัสสาวะ

โรงงานที่ 1 มีความเข้มข้นของโทลูอีนในสิ่งแวดล้อมการทำงานต่ำ จึงไม่พบความสัมพันธ์ของโทลูอีนในสิ่งแวดล้อมการทำงานกับความเข้มข้นของกรดฮิพพิวริกในปัสสาวะ ความเข้มข้นของกรดฮิพพิวริกในปัสสาวะของคนงานมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน จากการวิเคราะห์ปริมาณของกรดฮิพพิวริกในปัสสาวะบ่งชี้ว่าไม่มีการสะสมของโทลูอีนในร่างกาย

โรงงานที่ 2 มีความเข้มข้นของโทลูอีนในสิ่งแวดล้อมการทำงานสูง จึงมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของกรดฮิพพิวริกในวันพุธ พฤหัสและศุกร์ และมีการสะสมของโทลูอีนในคนงานที่ทำงานติดต่อกันตั้งแต่ 3 วันขึ้นไป ซึ่งเวลาการทำงานของโรงงานจะเริ่มขึ้นในวันจันทร์จนถึงวันศุกร์ และจะหยุดพักในช่วงวันเสาร์และอาทิตย์ ทำให้คนงานได้หยุดพักและกำจัดสารที่มีอยู่ในร่างกายออกจนหมด ในช่วงวันหยุดสุดสัปดาห์ คนงานบางคนกล่าวว่าในช่วงวันหยุดเขาจะรู้สึกเหนื่อย และอ่อนเพลียกว่าวันทำงานดังคำกล่าวของคนงานดังนี้

"อยู่บ้านเหนื่อย มาทำงานไม่เหนื่อย"

"หยุดจะเพลีย 2 วัน ทำงานไม่เพลีย"

"เหนื่อยง่ายทุกวันหยุด"

"วันหยุดจะเพลียมาก"

"โดยเฉพาะวันหยุดจะเพลียและปวดศีรษะ"

คนงานรู้สึกเช่นนี้อาจเป็นไปได้ว่าเมื่อคนงานทำงานมาหลายปีได้รับสารโทลูอีนเป็นประจำจนร่างกายเกิดความเคยชินที่จะได้รับสารหรือเกิดการติดสารโทลูอีน พอวันหยุดร่างกายจะขับสารโทลูอีนออกจากร่างกายหมด จึงรู้สึกว่าขาดสารโทลูอีน จึงมีอาการเหนื่อยง่าย ไม่มีเรี่ยวแรงในการทำงาน

3.2 ความสัมพันธ์ของไซลีนในสิ่งแวดล้อมการทำงานและปริมาณกรดเมททิลฮิพพิวริกในปัสสาวะคนงาน

โรงงานที่ 1 มีความเข้มข้นของไซลีนสัมพันธ์กับเมททิลฮิพพิวริกในปัสสาวะตั้งแต่วันพุธ พฤหัส และศุกร์ และมีการสะสมของไซลีนในคนงานที่ทำงานติดต่อกันตั้งแต่ 4 และ 5 วัน ส่วนโรงงานที่ 2 มีความเข้มข้นของไซลีนสัมพันธ์กับเมททิลฮิพพิวริกในวันจันทร์ พุธและศุกร์ และมีการสะสมของไซลีนในคนงานที่ทำงานทั้ง 5 วันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับวันอังคารและวันพฤหัสซึ่งปริมาณไซลีนไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณกรดฮิพพิวริกเนื่องจากในวันอังคารและพฤหัส ค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยมีค่าค่อนข้างต่ำ 0.0174 และ 0.0310 ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

1. Budavari, S. (Ed.), The Merck Index, 12 th ed. Merck & Co., Inc., Whitehouse station, NJ, 1996.
2. Lewis, R. J., Hawey's Condense chemical distionary, 12 th ed., Van Nostrand Reinhold Company, New York.,1993.
3. Sullivan, J. B. and Ert, M.V. Alkylbenzene Solvents and Aromatic Compounds. In Sullivan, J. B. and Krieger, G. R. (Eds.):Hazardous Materials Toxicology, Clinical principles of Environmental Health, Williums& Wikins, Sydney, 1991:1086-1104.
4 Rosenberg, N.L., et. al., Toluene Abuse Causes Diffuse Central Nervous System White Matter Changes. Annals of Neurology. 1988;23 (6):611-614.
5 National Institute for Occupational Safety and Health: Manual of Analytical Methods (4th ed.) Washington, D.C., Governmental Printing Office, 1984
6 Carvalho, D. et. al. A New Derivatization Procedure for the Analysis of Hippuric acid and m-Methyl-hippuric acid by Gas Chromatography. Int Arch Occup Environ Health, 1991;63:33-37.
7 Palanuvej C., Urinary Hippuric acid Quantitation by Spectrophotometry. Thai J Hlth Resch, 1998;12(2):75-88.
8 Taemeeyapradit, U., et. al. Mini-Mental State Examination (MMSE): A Screening Test for Organic Brain Syndrome. J Psychiatr Assoc Thailand,1990;35(4):208-216.
9 ACGIH, TLV® and BEIs®, Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents, Biological Exposure Indices, ACGIH, Cincinnati, 1998.
10 Wang,J.D. and Chen,J.D., Acute and Chronic Neurological Symptoms among Paint Workers Exposed to Mixtures of Organic Solvents, Environ Res, 1993;61:107-116.
11 Huang,M.Y. et.al., Exposure of Workers to a Mixture of Toluene and Xylenes. I. Metabolism. Occup Environ Med, 1994;51:42-46.
12 Foo, S.C., et.al., Biological Monitoring for Occupational Exposure to Toluene, Am Ind Hyg Assoc J 1991;52(5):212-217

ภาคผนวก

แบบสอบถาม

ลำดับที่ .....

1) ข้อมูลทั่วไป

1.ชื่อ(นาย/นาง/นางสาว)..... นามสกุล .....

อายุ .....ปี น้ำหนัก .....กก. ส่วนสูง ..... ซม.

2. เพศ [ ] ชาย [ ] หญิง

3. สถานภาพสมรส [ ] โสด [ ] คู่

[ ] หม้าย [ ] หย่า/แยก

4. ภูมิลำเนา บ้านเลขที่ .....หมู่ที่ .....ตำบล .....

อำเภอ ..... จังหวัด .....

ปัจจุบันพักอยู่ที่ .....

5. จบการศึกษาสูงสุด [ ] ประถม [ ] ม. 3

[ ] ม. 6 [ ] ปวช.

[ ] ปวส. [ ] ปริญญาตรี

[ ] อื่นๆ ระบุ .....

6. ในโรงงานปัจจุบันนี้ เคยทำงานที่แผนกใดบ้าง

แผนก	ลักษณะงาน	เวลา(ปี-เดือน)
6.1	.....	.....
6.2	.....	.....
6.3	.....	.....

7. เวลาเริ่มงาน ..... เวลาเลิกงาน .....

8. ก่อนเข้าทำงานในโรงงานนี้ ท่านเคยทำงานในโรงงานอื่นมาก่อนหรือไม่

[ ] ไม่เคย [ ] เคย (ตอบคำถามข้อ 8.1)

8.1 ท่านเคยทำงานในโรงงานเดิม แผนกใดบ้าง

แผนก	ลักษณะงาน	เวลา(ปี-เดือน)
1	.....	.....
2	.....	.....
3	.....	.....

9. สถานภาพการจ้างงานในโรงงานปัจจุบัน

[ ] ลูกจ้างประจำ [ ] ลูกจ้างชั่วคราว

[ ] ลูกจ้างประจำของบริษัทรับเหมา [ ] ลูกจ้างชั่วคราวของบริษัทรับเหมา

10. ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่

[ ] ไม่มี [ ] มี คือ โรค .....

11. ท่านรับประทานยาเป็นประจำหรือไม่

[ ] ไม่ [ ] รับประทาน คือ ยา .....

12. ท่านพักผ่อน นอนหลับ วันละ.....ชั่วโมง

13. ท่านดื่มเหล้าหรือไม่

[ ] ไม่ดื่ม [ ] ดื่ม ปริมาณ...../สัปดาห์

14. ท่านมีงานอดิเรกหรือกิจกรรมยามว่างใด ๆหรือไม่

[ ] ไม่ [ ] มี คือ .....

15. บริเวณบ้านพักอาศัยของท่าน มีโรงงาน อู่พ่นสีรถยนต์หรืองานที่ใช้ทินเนอร์ สี เป็นองค์ประกอบหรือไม่

[ ] ไม่มี [ ] มี คือ .....

ถ้ามี ท่านพักอาศัยอยู่บริเวณนี้มาเป็นเวลา.....ปี .....เดือน

16. ปัจจุบันท่านสูบบุหรี่หรือไม่

[ ] ไม่สูบ [ ] สูบ

ถ้าสูบ ปริมาณที่สูบ .....มวน/วัน

และสูบมานาน .....ปี .....เดือน

2. ท่านเคยได้รับการตรวจสุขภาพประจำปี ดังต่อไปนี้หรือไม่

[ ] การเอกซเรย์ปอด ผล .....

[ ] การตรวจสมรรถภาพการทำงานของปอด ผล .....

[ ] การตรวจเลือด ผล.....

[ ] การตรวจปัสสาวะ ผล .....

[ ] อื่น ๆ ระบุ .....

3. ท่านใช้หน้ากากป้องกันไอระเหยจากทินเนอร์ผสมสีหรือไม่

[ ] ไม่ใช้ (ตอบข้อ 3.1) [ ] ใช้ (ตอบข้อ 3.2,3.3,3.4 และ 3.5)

3.1 ไม่ใช้ เพราะเหตุใด

[ ] อึดอัด รำคาญ [ ] รู้สึกว่าไม่ใช้ก็ได้ เพราะไม่มีอันตราย

[ ] อื่น ๆ ระบุ

3.2 ใช้หน้ากากชนิดใด

[ ] หน้ากากปิดจมูกแบบปิดไส้กรอง ใช้มานานเป็นเวลา.....ปี

[ ] ใช้หน้ากากแบบผ้า ใช้มานานเป็นเวลา.....ปี

[ ] อื่น ๆ ระบุ..... ใช้มานานเป็นเวลา.....ปี

3.3 ใช้ทุกวันหรือไม่

[ ] ไม่ใช้ [ ] ใช้

3.4 ใช้อย่างไร

[ ] น้อยกว่า 2 ชั่วโมง/วัน [ ] 2-4 ชั่วโมง/วัน

[ ] 4-6 ชั่วโมง/วัน [ ] ตลอดระยะเวลาการทำงาน

3.5 ระยะเวลาที่ท่านเปลี่ยนหน้ากากแต่ละครั้ง..... .....วัน

4. คำถามต่อไปนี้จะสอบถามเกี่ยวกับอาการที่เกิดขึ้นภายในเวลา 1 เดือนที่ผ่านมา

หัวข้อ	ไม่เคย	เคย	ถ้าเคย บ่อยเพียงใด
4.1 ท่านเคยมีอาการเหนื่อยง่ายขึ้น ขณะทำงานเท่าเดิมหรือไม่			
4.2 ท่านเคยรู้สึกวิเวียนศีรษะหรือไม่			
4.3 ท่านเคยมีอาการปวดศีรษะอย่างน้อย 1 ครั้ง/สัปดาห์หรือไม่			
4.4 ท่านเคยรู้สึกว่าเป็นการยากที่จะรวบรวมสมาธิในการทำงานหรือไม่			
4.5 ท่านเคยได้รับการบอกกล่าวว่ามีปัญหาเกี่ยวกับความจำหรือไม่			
4.6 ท่านเคยรู้สึกหงุดหงิด โมโหง่ายขึ้นหรือไม่			
4.7 ท่านเคยรู้สึกซึมเศร้าหรือไม่			
4.8 ท่านเคยรู้สึกใจสั่น ถึงแม้จะไม่มีเรื่องตื่นเต้นตกใจใดๆ หรือไม่			
4.9 ท่านเคยรู้สึกว่าต้องการนอนพักผ่อนมากขึ้นกว่าปกติหรือไม่			
4.10 ท่านเคยรู้สึกว่ามีอาการนอนหลับยากหรือไม่			
4.11 ท่านเคยมีอาการเดินเซ หรือรู้สึกสูญเสียการทรงตัวหรือไม่			
4.12 ท่านเคยรู้สึกว่ากล้ามเนื้อขาหรือเท้าอ่อนแรงหรือไม่			
4.13 ท่านเคยรู้สึกว่ากล้ามเนื้อแขนหรือมืออ่อนแรงหรือไม่			
4.14 ท่านเคยมีอาการนิ้วมือชาหรือไม่ค่อยมีความรู้สึกมากกว่า 1 วัน ในครั้งหลังสุดหรือไม่			
4.15 ท่านเคยมีอาการนิ้วท้าชาหรือไม่ค่อยมีความรู้สึกมากกว่า 1 วันในครั้งหลังสุดหรือไม่			
4.16 ท่านเคยรู้สึกได้กลิ่นอย่างรุนแรงของสารเคมีในโรงงานหรือไม่			
4.17 ท่านเคยรู้สึกว่าความต้านทานต่อแอลกอฮอล์ลดลงหรือไม่ (รู้สึกเมาเมื่อดื่มในปริมาณที่น้อยลง)			

5. ในช่วง 1 เดือนที่ผ่านมาท่านเคยมีอาการเหล่านี้ ขณะทำงานอยู่หรือไม่

หัวข้อ	ไม่เคย	เคย	ถ้าเคย บ่อยเพียงใด
5.1 ปวดศีรษะ			
5.2 เหนื่อยง่าย			
5.3 เป็นลม หมดสติ			
5.4 ยากที่จะรวบรวมสมาธิในการทำงาน			
5.5 จดจำสิ่งต่าง ๆ ได้ยากขึ้น			
5.6 หงุดหงิด โมโหง่าย			
5.7 เดินเซ การทำงานของแขนและขาไม่สัมพันธ์กัน			
5.8 กล้ามเนื้อแขนขา อ่อนแรง			

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบทดสอบ Cognitive function

Max. Sc Score Orientation

5 ( ) วัน ..... วันที่ ..... เดือน ..... ปี ..... เวลา .....

5 ( ) โรงงาน ..... แผนก ..... อำเภอ .....

จังหวัด ..... ภาค .....

Registration

3 ( ) แม่น้ำ รถไฟ ดินสอ แม่น้ำ ..... รถไฟ ..... ดินสอ .....

Attention and Calculation

5 ( ) 100-7 (หยุดเมื่อครบ 5 คำตอบ) (93, 86, 79, 72, 65)

[5 ( ) ให้สะกดคำว่า"สะพาน"กลับคำทีละตัว]

Recall

3 ( ) ให้ทวนของ 3 อย่างใน Registration

Language

2 ( ) นาฬิกา.....ปากกา.....

1 ( ) พูดตามให้ชัดเจนที่สุด "ขวนขวายหาความรู้"

1 ( ) ทำตามคำสั่ง "หยิกระดาษด้วยมือขวา พับครึ่ง 1 ครั้ง แล้ววางลงบนพื้นห้อง"

1 ( ) อ่านแล้วทำตาม "จงหลับตา"

1 ( ) เขียน 1 ประโยค

1 ( ) Copy 5 เหลี่ยม 2 รูป

รวม ( )

ประเมินระดับความรู้ตัวตลอดการทดสอบ.....

Alert Drowsy Stupor Coma