หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

ผู้เขียนได้พยายามพัฒนาเทคนิคการตรวจสอบสารระเหยที่เป็นส่วนผสมหลักในทินเนอร์และแลคเกอร์คือโทลูอีน เพื่อประโยชน์ในการศึกษาการใช้สารประเภทนี้ ในทางที่ผิดและเพื่อประโยชน์ในการบ่งชี้ภาวะอันตรายต่อผู้ที่อาจได้รับสารประเภทนี้จากอาชีพ เช่น ผู้ที่ทำงานอยู่ตามโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องใช้สารประเภทนี้เป็นวัตถุดิบ ซึ่งเป็นภาวะหนึ่งที่จะได้รับโทลูอีนเข้าสู่ร่างกายมากกว่าคนปกติ จนอาจก่อให้เกิดพยาธิสภาพขึ้นได้

การศึกษานี้เริ่มด้วยการวิเคราะห์หาส่วนผสมในทินเนอร์และแลคเกอร์ที่มีขายทั่วไปในท้องตลาด และที่ผู้ติดดมสารระเหยใช้กันอยู่ โดยวิธีแก๊สโครมาโตกราฟี ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมในการวิเคราะห์สารระเหยโดยทั่วไปทั้งในทางคุณภาพและปริมาณ (Foerster และ Garriott, 1981) เป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว มีความเชื่อถือได้สูง เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น ๆ (Glendening & Harvey, 1969 ; Foerster และ Garriott, 1981) เครื่องมือที่ใช้คือเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ ซึ่งในปัจจุบันเป็นเครื่องมือที่มีใช้กันอยู่มากในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ สามารถวิเคราะห์สารได้หลายประเภทโดยเลือกใช้ดีเทคเตอร์ (detector) และสารตัวแยก (packing material) ให้เหมาะสมกับสารที่จะวิเคราะห์ สำหรับสารประเภทไฮโดรคาร์บอน นิยมใช้เฟลมไอโอไนเซชันดีเทคเตอร์ (flame ionization detector) และสารตัวแยกที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ไฮโดรคาร์บอนมีหลายชนิด ได้แก่ Porapaks, Carbowax, Silicones, Didecylphthalate และ FFAP เป็นต้น (Jain, 1971 ; Foerster และ Garriott, 1981) ในวิทยานิพนธ์นี้ได้เลือกใช้ Porapak Q ซึ่งเป็น porous polymer adsorbents ชนิดหนึ่งโครงสร้างเป็น polystyrenes ที่เชื่อมต่อกันด้วย divinylbenzene ทนอุณหภูมิได้สูงถึง 250 องศาเซลเซียส

การวิเคราะห์สารใด ๆ ในสารตัวอย่างหรือในของเหลวจากร่างกาย เช่นปัสสาวะด้วยวิธีแก๊สโครมาโตกราฟี การวิเคราะห์อาจทำโดยการฉีดตัวอย่างที่จะวิเคราะห์

โดยตรง (Jain, 1971) วิธีนี้แม้จะรวดเร็วและสะดวกแต่ไม่นิยม เพราะจะทำให้อายุการใช้งานของคอลัมน์สั้นลง (Sato และคณะ , 1975) โดยทั่วไปการวิเคราะห์สารจึงจำเป็นต้องมีขั้นตอนการแยกหรือสกัดสารจากตัวอย่างที่จะวิเคราะห์เสียก่อน เพื่อลดสิ่งแปลกปลอมหรือสิ่งรบกวน ในการศึกษานี้ได้เลือกใช้เทคนิคเฮดสเปซแทนการสกัดสารระเหยจากสารตัวอย่างซึ่งยุ่งยากและสิ้นเปลือง อย่างไรก็ตามการใช้เทคนิคเฮดสเปซต้องคำนึงถึงภาวะในการกลายเป็นไอของสารระเหยนั้นด้วย ทั้งนี้เพราะมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายประการ อาทิ สัมประสิทธิ์การแบ่งการละลาย (partition coefficient) อุณหภูมิและเวลา เป็นต้น สำหรับสัมประสิทธิ์การแบ่งการละลาย ซึ่งหมายถึงอัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของสารในของเหลวต่อความเข้มข้นของสารนั้นในอากาศ เป็นค่าเฉพาะของสารแต่ละชนิด โดยไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของสาร (Chiou และ Niazi, 1983) ส่วนอุณหภูมิ และ เวลาเป็นปัจจัยที่สามารถปรับให้เหมาะสมได้ จากการศึกษาสภาวะการกลายเป็นไอของโทลูอีน พบว่าในช่วงอุณหภูมิ 40 - 60 องศาเซลเซียส ความสามารถในการกลายเป็นไอของโทลูอีนในช่วงเวลา 10 - 60 นาที ใกล้เคียงกันมาก ในการศึกษาต่อไป จึงได้เลือกภาวะในการศึกษา โทลูอีน เป็นที่ 50 องศาเซลเซียส โดยทิ้งเวลาให้โทลูอีนกลายเป็นไอนาน 30 นาที

ในการวิเคราะห์ส่วนผสมของทินเนอร์ และแลคเกอร์ ทั้ง 10 ตัวอย่าง ทางคุณภาพด้วย Porapak Q แม้จะแยกและบอกชนิดของสารบางกลุ่มไม่ชัดเจนนัก โดยเฉพาะกับสารที่มี retention time ใกล้เคียงกัน เช่น กลุ่มของอะซีโตน ไอโซโปรปานอล ไดคลอโรมีเทน กลุ่มของเมทิลเอทิลคีโตน เอทิลอะซีเตท ไอโซบิวทิลแอลกอฮอล์ และกลุ่มของนอร์มัลเฮกเซน เบนซีน เป็นต้น แต่ทั้ง 10 ตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ มีโทลูอีนเป็นส่วนผสมหลัก ซึ่งสามารถแยกออกจากส่วนผสมอื่น ๆ ในทินเนอร์ และแลคเกอร์ โดยใช้ Porapak Q นี้ ได้อย่างชัดเจน และจากการตรวจยืนยัน โดยใช้สารตัวแยกอีกชนิดหนึ่ง คือ Carbopack C/0.2 % Carbowax 1500 ได้ผลการตรวจวิเคราะห์ โดยการเทียบ retention time กับสารมาตรฐานตรงกันว่า สารระเหยที่เป็นส่วนผสมหลักในทินเนอร์ และแลคเกอร์ คือ โทลูอีน และจากลักษณะโครมาโตแกรมที่ได้จากการวิเคราะห์ จะเห็นว่าเมื่อเร่งให้โทลูอีนออกเร็วขึ้น โดยเพิ่มอุณหภูมิคอลัมน์เป็น 190 องศาเซลเซียส สารระเหยตัวอื่น ๆ ที่ retention time น้อย ๆ จะออกมารวมกับพีคของตัวทำละลาย (solvent peak) ทั้งหมด เนื่องจากในงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์หลัก คือ วัดปริมาณโทลูอีน การใช้สภาวะอุณหภูมิสูงจึงเหมาะสมในแง่ของการประหยัด

เวลา อย่างไรก็ดี ถ้าต้องการวิเคราะห์สารระเหยตัวอื่น ๆ พร้อมกับโทลูอีนและเครื่องมือนั้นสามารถตั้งโปรแกรมอุณหภูมิได้ ก็อาจใช้วิธีตั้งอุณหภูมิคอลัมน์ ไว้ที่ประมาณ 170 องศาเซลเซียสในช่วงต้นของการวิเคราะห์ตัวอย่าง เพื่อใช้สารระเหยที่มี retention time ต่ำ ๆ และที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า โทลูอีนถูกแยกออกมาก่อน แล้วจึงเพิ่มอุณหภูมิคอลัมน์ให้สูงขึ้น เพื่อแยกโทลูอีน ในกรณีเช่นนี้จะช่วยให้พีคของโทลูอีนแคบ และคมขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้ ได้ลองเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนความสูงของพีค ของโทลูอีน ต่อไซโคลเฮกเซน และอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีคของโทลูอีนต่อไซโคลเฮกเซน พบว่าไม่แตกต่างกัน ในการรายงานผลต่อไปจึงใช้อัตราส่วนความสูงของพีคแทนอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีค

ในการวิเคราะห์ส่วนผสมของทินเนอร์และแลคเกอร์นี้ นอกจากโทลูอีนแล้ว อาจแบ่งสารระเหยอื่น ๆ ที่พบออกได้เป็น 4 กลุ่ม คือ

ก, แอลกอฮอล์ :- เมทานอล เอทานอล ไอโซบิวทิลแอลกอฮอล์ เป็นต้น

ข. คีโตน :- อะซีโตน เมทิลเอทิลคีโตน

ค. เอสเตอร์ :- เอทิลอะซีเตท

ง. อะโรมาติคไฮโดรคาร์บอน :- โทลูอีน

การหาปริมาณโทลูอีนในตัวอย่างทินเนอร์และแลคเกอร์ ซึ่งมีปริมาณโทลูอีนในตัวอย่างสูงมาก จำเป็นต้องเจือจางตัวอย่างที่จะศึกษาก่อน ในการศึกษานี้ได้เลือกใช้เอทานอลสกัดโทลูอีนออกมาก่อน แล้วเจือจางต่อด้วยน้ำ โดยไม่เลือกใช้สารทำละลายอินทรีย์ตัวอื่น ๆ เนื่องจากในทินเนอร์และแลคเกอร์มีสารทำละลายอินทรีย์ประกอบอยู่หลายชนิด การเลือกใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ที่เหมาะสมจึงขึ้นอยู่มากกับจุดประสงค์ในการวิเคราะห์ว่าจะให้ความสำคัญกับสารกลุ่มใด การเลือกใช้เอทานอลมีความเหมาะสมเนื่องจากโทลูอีนละลายได้ดีในเอทานอล นอกจากนี้เอทานอลเป็นสารที่หาง่าย และไม่รบกวนการวิเคราะห์โทลูอีน จากการวิเคราะห์โทลูอีนเชิงปริมาณโดยการอ่านค่าโทลูอีนจากกราฟมาตรฐาน ซึ่งสร้างจากความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโทลูอีนกับอัตราส่วนความสูงของพีคของโทลูอีนต่อไซโคลเฮกเซนที่เป็น internal standard พบว่ามีโทลูอีนเป็นส่วนผสมในปริมาณต่าง ๆ กันตั้งแต่ 133 ถึง 826 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งปริมาณโทลูอีนที่พบนี้มีค่าแตกต่างกันมาก ทั้งนี้คงเนื่องจากยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานส่วนผสมที่แน่นอนของทินเนอร์ หรือแลคเกอร์ การผลิตของแต่ละบริษัทจึงอาจ

จะคำนึงถึงผลทางการค้าเป็นหลัก และการผลิตของแต่ละบริษัทอาจยังไม่ได้มาตรฐาน เห็นได้จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างที่ผลิตจากบริษัทเดียวกัน เช่น ทินเนอร์ตราปลาเป็ด ซึ่งต่างกันที่ขนาดของขวด บรรจุเท่านั้นมีปริมาณโทลูอีนต่างกันถึงประมาณ 4 เท่า อาจเป็นไปได้ว่าความแตกต่างนี้ยังเนื่องมาจากการบรรจุ กล่าวคือทินเนอร์ตรานี้ ถ้าเป็นขวดเล็กจุกปิดจะเป็นจุกเกลียว แต่ถ้าเป็นขวดใหญ่จะเป็นจุกอุดทำด้วยพลาสติกธรรมดา จุกแต่ละชนิดอาจป้องกันการระเหยของสารในขวดได้ไม่เท่ากัน ทำให้ปริมาณสารระเหยที่เหลือในขวดไม่เท่ากัน และอีกประการหนึ่ง คือ การตรวจวิเคราะห์นี้ต้องผ่านขั้นตอนการเจือจางก่อน จึงอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการสูญเสียโทลูอีนไปบ้าง แม้ว่าในการทดลองจะได้ทำด้วยความระมัดระวัง เช่น การเตรียมสารเคมี เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต้องใช้ในขั้นตอนของการเจือจางให้พร้อม และเมื่อเตรียมสารละลายเจือจางเรียบร้อยแล้ว ได้ปิดจุกภาชนะที่ใส่ให้แน่นกันการระเหยทันที เป็นต้น

จากการศึกษาความเชื่อถือได้ของวิธีที่พัฒนาขึ้นพบว่า นอกจากจะเป็นวิธีที่สะดวกในการวิเคราะห์สารที่กลายเป็นไอได้แล้ว ยังเป็นวิธีที่เชื่อถือได้สูง คือ มีความไว 1.08 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรซีรัม เป็นความไวที่ใช้วัดปริมาณโทลูอีนในตัวอย่างซีรัมของคนที่สนใจศึกษาได้ ความไวระดับนี้เทียบได้กับความสูงของพีคของโทลูอีนประมาณ 2 เซนติเมตร ซึ่งถ้าพิจารณาแล้วจะเห็นว่าหากต้องการก็สามารถจะเพิ่มความไวของการวัดนี้ได้อีก แต่ความไวที่สูงขึ้นอาจไม่เป็นประโยชน์เสมอไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการวิเคราะห์ตัวอย่างสารที่มีความเข้มข้นสูง เช่นตัวอย่างทินเนอร์, แลคเกอร์ สำหรับการวิเคราะห์ซีรัมนั้น ความไวในระดับนี้สามารถใช้ประโยชน์ในการศึกษานี้ได้อยู่แล้ว และในกรณีที่สารตัวอย่างมีปริมาณโทลูอีนน้อย ก็ได้ใช้วิธีเพิ่มปริมาณซีรัม ซึ่งจากผลการศึกษาเมื่อใช้ประโยชน์ในการศึกษานี้ได้อยู่แล้ว และในกรณีที่สารตัวอย่างมีปริมาณโทลูอีนน้อยก็ได้ใช้วิธีเพิ่มปริมาณซีรัมซึ่งจากผลการศึกษาเมื่อใช้ปริมาณซีรัมระหว่าง 250 ถึง 950 ไมโครลิตรมีอิทธิพลต่อผลการวิเคราะห์ดังแสดงไว้ในรูปที่ 10 ส่วนความแม่นยำของวิธีวิเคราะห์มีค่าร้อยละของสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนภายในการทดลองเดียวกันเป็น 2.90 และ 8.29 ที่ความเข้มข้นของโทลูอีน 2.16 และ 4.32 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรซีรัมตามลำดับ และได้ค่าร้อยละของสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในต่างการทดลองกันเป็น 3.94 และ 6.88 ที่ความเข้มข้นของโทลูอีน 2.16 และ 4.32 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรซีรัมตามลำดับ และจากการศึกษาความถูกต้องของวิธีโดยดู % รีคอบเวอรี่ของปริมาณโทลูอีนมาตรฐานที่เติมลงในตัวอย่างที่วิเคราะห์ ปรากฏว่าได้ค่า % รีคอบเวอรี่อยู่ในช่วง 104.4 ถึง 114.4

ในการศึกษาความถูกต้องของการวิเคราะห์โทลูอีนนี้ มีปัจจัยที่ควรคำนึงหลายประการ อาทิการระเหยของโทลูอีนในสภาวะที่ใช้ศึกษา นอกจากนี้โทลูอีนยังอาจจะถูกดูดซึมด้วยจุกปิดขวดระหว่างเวลาที่เก็บ หรืออินคิวเบท หากใช้จุกยางจะเห็นได้ชัดเจนว่าจุกยางจะบวม จึงควรใช้จุกที่ไม่ดูดซึมสารละลายอินทรีย์ ในการศึกษานี้ได้เลือกใช้จุกไฮคาร์ (hycar) ระหว่างอินคิวเบท จุกชนิดนี้เป็นจุกที่มีคุณสมบัติพิเศษ คือ ทนต่อสารทำละลายอินทรีย์ และสารประกอบประเภทคลอริเนท (chlorimated compounds) อย่างไรก็ดี ได้กล่าวแล้วว่า จุดประสงค์ของการพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์โทลูอีนนี้ขึ้นก็เพื่อจะใช้ศึกษาความเป็นไปได้ในการบ่งชี้การได้รับ และอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการได้รับสารประเภทที่มีโทลูอีนเป็นส่วนผสมอยู่ ระดับความถูกต้องจึงอาจมิใช่ปัจจัยที่วิกฤตสูงสุด แต่สิ่งที่ควรคำนึงในการแปลผลก็คือ ปริมาณโทลูอีนจริงจะสูงกว่าปริมาณที่วิเคราะห์ได้ หากจะใช้ผลการวิเคราะห์เป็นตัวบ่งชี้ การได้รับ หรืออันตรายก็จะต้องระลึกไว้ว่า ระดับความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้เป็นระดับที่อาจต่ำกว่าความเป็นจริงเล็กน้อย

ในการศึกษานี้จำเป็นต้องเก็บตัวอย่างชีรัมที่จะวิเคราะห์ไว้เป็นระยะเวลาหนึ่ง โดยที่ไม่ทราบว่าตัวอย่างที่เก็บไว้มีการสูญเสียปริมาณโทลูอีนไปบ้างหรือไม่ จึงได้ศึกษาเสถียรภาพของโทลูอีนในชีรัมที่เก็บแช่แข็งที่ - 20 องศาเซลเซียส พบว่าภายในระยะเวลา 2 เดือน โทลูอีนที่ความเข้มข้น 3.24 และ 5.40 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรชีรัม มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ดังแสดงไว้ในรูปที่ 11 และจากการทดสอบทางสถิติ (F - test) พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่จากผลการทดลองที่แสดงไว้ในรูปที่ 11 จะเห็นว่า โทลูอีนความเข้มข้นต่ำจะเห็นการเปลี่ยนแปลงมากกว่าโทลูอีนที่ความเข้มข้นสูงกว่า ทั้งนี้คงเป็นเพราะโทลูอีนที่ความเข้มข้นสูงแม้มีการสูญเสียไปบ้าง แต่เมื่อเทียบปริมาณที่หายไป กับปริมาณเดิมที่มีอยู่มาก จึงไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน ส่วนโทลูอีนที่ความเข้มข้นต่ำจะเห็นความเปลี่ยนแปลงชัดเจนกว่า แต่อย่างไรก็ตามพบว่าช่วงการเปลี่ยนแปลงที่สูงที่สุดของโทลูอีนที่ระดับความเข้มข้น 3.24 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรชีรัมในสัปดาห์ที่ 4 และ 5 เมื่อคิดเป็นค่าความเข้มข้นที่แตกต่างกัน จะมีค่าเท่ากับ 0.64 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรชีรัม ซึ่งก็ยังน้อยกว่าค่า 1.08 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ที่ใช้เป็นค่ากำหนดความไวของวิธีการทดลองในการศึกษานี้ ดังนั้นการเก็บรักษาตัวอย่างชีรัมไว้ที่ - 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลาถึง 2 เดือน จึงไม่น่าจะมีอิทธิพลต่อการแปลผลการศึกษาแต่อย่างใด

การวิเคราะห์หาปริมาณโทลูอีนในกลุ่มที่ศึกษา ได้วิเคราะห์ชีรัมคนปกติ หรือคนที่ไม่ได้มีประวัติการได้รับโทลูอีนอย่างน้อย 2 สัปดาห์ ก่อนการตรวจวิเคราะห์ ปรากฏว่าตรวจไม่พบ

โทลูอีนในซีรัมของคนกลุ่มนี้ และในกลุ่มที่ 2 คือ นักวิทยาศาสตร์ หรือเจ้าหน้าที่ที่ทำงานในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับโทลูอีนจากการปฏิบัติงานจำนวน 7 คน ก็ตรวจไม่พบโทลูอีนในซีรัมเช่นเดียวกัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากโทลูอีนที่ได้รับมีปริมาณน้อย ร่างกายสามารถขจัดออกได้หมด ไม่มีเหลือสะสมอยู่ในร่างกาย เพราะโดยปกติแล้วโทลูอีนจะถูกขจัดออกจากร่างกายอย่างรวดเร็วมาก เช่นหลังการสูดดมโทลูอีน 100 ppm นาน 2 ชั่วโมงตรวจพบระดับโทลูอีนในเลือดเท่ากับ 0.1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรในเลือด และภายใน 5 ชั่วโมงจะลดลงเหลือเพียง 0.05 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรของเลือดเท่านั้น (Sato และคณะ, 1975) ลักษณะเช่นนี้จึงไม่น่าจะมีพยาธิสภาพเกิดขึ้นจากพิษของโทลูอีน ส่วนบุคคลอีกกลุ่มหนึ่งซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มที่ได้รับโทลูอีนเข้าสู่ร่างกายโดยไม่เจตนาเช่นเดียวกัน คือ กลุ่มคนงานในโรงงานผลิตสี ทั้งสีบ้าน และสีพ่นรถยนต์ ทั้งสองโรงงานใช้ทินเนอร์เป็นตัวผสม และเฉือกางสี ภายในโรงงานแห่งแรกที่ทำการศึกษา เป็นโรงงานผลิตสีทาบ้านขนาดเล็ก คนงานประมาณ 70-80 คน ระบบระบายอากาศภายในโรงงานไม่สมบูรณ์นัก คนงานโดยปกติมีหน้าที่ประจำ แต่จะมีการเปลี่ยนหน้าที่บ้างตามความจำเป็น เมื่อวิเคราะห์หาปริมาณโทลูอีนในซีรัมของคนงานในโรงงานทั้งหมด 23 คน พบว่ามีซีรัม 4 ตัวอย่างที่สามารถวิเคราะห์ปริมาณโทลูอีนได้คือ พบโทลูอีนในระดับ 1.08 ถึง 27.3 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรซีรัม ส่วนซีรัมอีก 19 ตัวอย่าง ตรวจพบโทลูอีนเช่นเดียวกัน แต่ปริมาณน้อย คือน้อยกว่า 1.08 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรซีรัม สำหรับโรงงานที่สอง เป็นโรงงานผลิตสีพ่นรถยนต์ เป็นโรงงานขนาดใหญ่พอสมควร คนงานทุกคนมีหน้าที่ประจำ ระบบระบายอากาศ และแผนผังบริเวณทำงานในโรงงานแห่งนี้ดีกว่าโรงงานแรก ผลการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณโทลูอีนในซีรัมของคนงานทั้งหมด 73 คน พบว่ามีซีรัมที่วิเคราะห์โทลูอีนได้อยู่ถึง 27 ตัวอย่าง คือ มีค่าตั้งแต่ 1.08 ถึง 21.87 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และจากการวิเคราะห์ซีรัมของผู้ติดสมทินเนอร์ และ/หรือ แลคเกอร์ จำนวน 27 คน พบว่ามีซีรัมถึง 25 ตัวอย่าง ที่ตรวจพบโทลูอีนในระดับตั้งแต่ 1.08 ถึง 16.8 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรซีรัม อีก 2 ตัวอย่างพบโทลูอีนต่ำกว่า 1.08 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรซีรัม

และจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของระดับโทลูอีนในซีรัมกับปัจจัยอื่น ๆ พบว่าเพศไม่ได้เป็นปัจจัยที่มีผลต่อระดับโทลูอีนในซีรัม กล่าวคือในโรงงานสีทาบ้าน ทั้งคนงานหญิง และชายที่ทำงานในแผนกเดียวกัน ระดับโทลูอีนในซีรัมจะใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 8 และ 9) แต่พบว่าลักษณะของงานอาจมีผลต่อระดับโทลูอีนในซีรัม เห็นได้จากระดับโทลูอีนของผู้ที่ทำงานในแผนก

ผสมสี และบรรจุ ซึ่งสูงกว่าระดับของคนงานในแผนกอื่น ๆ ทั้งนี้เพราะคนงานในทั้ง 2 แผนกดังกล่าวจะต้องสัมผัสกับโทลูอีน ซึ่งใช้เป็นส่วนผสมหลักในทินเนอร์ที่ใช้ในการผสม และเจือจางสีมากกว่าแผนกอื่น ๆ

ในการศึกษาด้านระบาดวิทยา พบว่าผู้ติดดมสารระเหยกลุ่มที่ศึกษานี้ ส่วนใหญ่จะเป็นชายมากกว่าหญิง ซึ่งเป็นลักษณะปกติของปัญหาการระบาดของยาเสพติด และผู้ติดดมส่วนใหญ่จะเป็นวัยรุ่นที่มีอายุต่ำกว่า 25 ปี (ตารางที่ 12) โดยพบระดับโทลูอีนในยูรีนของผู้ติดดมที่มีอายุระหว่าง 16 ถึง 20 ปี และมีจำนวนถึง 17 คน สูงกว่าผู้ติดดมกลุ่มอื่น คือ พบระดับโทลูอีนตั้งแต่ 1.08 ถึง 16.8 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรยูรีน และถ้าพิจารณาอาชีพของผู้ติดดมพบว่า มีคนว่างงานถึง 11 คน จากจำนวนที่ศึกษาทั้งหมด 27 คน และผู้ว่างงานทั้ง 11 คนนี้ อายุต่ำกว่า 25 ปี (ตารางที่ 13) จึงเป็นการแสดงให้เห็นว่า ผู้ติดดมส่วนใหญ่เป็นวัยรุ่น และว่างงาน ซึ่งเป็นกรณีที่ไม่น่ามองผ่าน เพราะอาจก่อให้เกิดปัญหาสังคมที่ซับซ้อนตามมา

จากการวิเคราะห์คนทั้ง 3 กลุ่มดังกล่าว พอสรุปได้ว่า วิธีเฮดสเปซแก๊สโครมาโตกราฟีที่พัฒนาขึ้นมาใช้นี้ สามารถนำมาใช้งานในด้านการวินิจฉัย การได้รับโทลูอีนเข้าสู่ร่างกายมากกว่าปกติได้ เพราะสามารถใช้บ่งชี้การได้รับโทลูอีนได้อย่างชัดเจน ซึ่งจะมีประโยชน์ในงานด้านนิติเวช และงานด้านยาเสพติดเพื่อตรวจหา หรือตรวจพิสูจน์ผู้ติดดมสารระเหย อย่างไรก็ดีไม่สามารถใช้ระดับโทลูอีนในยูรีนบอกถึงที่มาของโทลูอีนในร่างกายได้ว่า มาจากการสูดดมโดยเจตนา หรือจากอาชีพ เช่นผลการศึกษาที่แสดงว่าคนงานโรงงานผลิตสีส่วนใหญ่มีระดับโทลูอีนในยูรีนอยู่ระหว่างน้อยกว่า 1.08 ถึง 10.0 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นเดียวกันกับที่พบในคนติดดมทินเนอร์ และ/หรือ แลคเกอร์ (รูปที่12 และ13) สำหรับคนติดดม 2 คนที่พบโทลูอีนในยูรีนน้อยกว่า 1.08 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรยูรีน อาจอธิบายได้ว่าสูดดมทินเนอร์ และ/หรือ แลคเกอร์น้อย ระดับโทลูอีนในเลือดจึงต่ำ และเนื่องจากโทลูอีนเป็นสารระเหยซึ่งจะถูกร่างกายขจัดออกทางลมหายใจตลอดเวลา ส่วนที่เหลือในร่างกายก็จะผ่านขบวนการเมตาโบลิสมที่ตับเป็นกรดฮิพพิวริค และถูกร่างกายขจัดออกทางปัสสาวะ ในกรณีเช่นนี้จึงอาจตรวจไม่พบโทลูอีนในยูรีนหรือพบปริมาณน้อย อาจเป็นไปได้ว่าใช้วิธีตรวจหาระดับกรดฮิพพิวริคในปัสสาวะอาจจะเป็นตัวบ่งชี้การได้รับโทลูอีนได้ ดังรายงานของ Congpuong (1981) ในการวัดระดับกรดฮิพพิวริคในปัสสาวะของผู้ติดดมสารระเหยทินเนอร์ และ/หรือ แลคเกอร์ 12 คน เปรียบเทียบกับคนปกติ 35 คน ได้ผลการศึกษาว่าระดับกรดฮิพพิวริคในปัสสาวะของคนทั้ง 2 กลุ่ม แตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตาม การวัดระดับกรดฮิพพิวริคในปัสสาวะจะต้องระวังถึงการได้ผลบวกที่ผิดจากที่เป็นจริงด้วย เพราะกรดฮิพพิวริคในปัสสาวะอาจมิได้แปรสภาพมาจากโทลูอีนเท่านั้น แต่อาจมาจากอาหารต่าง ๆ ที่มีกรดควินิก หรือมีเบนโซเอทประกอบอยู่ เป็นต้น การศึกษาระดับโทลูอีนในซีรัมพร้อมกับระดับกรดฮิพพิวริคในปัสสาวะน่าจะได้ข้อมูลที่มีความหมายเพิ่มขึ้น

เทคนิคที่ใช้ตรวจวิเคราะห์โทลูอีนในซีรัมนี้ยังอาจนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการเตือนถึงอันตรายจากการได้รับโทลูอีนเข้าสู่ร่างกายมากกว่าปกติได้ กล่าวคือ จากการสอบถาม และตรวจสุขภาพของคนงานในโรงงานผลิตสี และผู้ติดดมทินเนอร์ และ/หรือ แลคเกอร์ พร้อมกับการตรวจหาระดับโทลูอีนในซีรัม พบว่าคนงานจากโรงงานสีทั้ง 2 โรงงาน ให้ข้อมูลว่า มีอาการอ่อนเพลีย เหนื่อยง่าย และปวดศีรษะ (ตารางที่ 10 และ 11) ซึ่งเป็นอาการกลุ่มหนึ่งที่เกิดจากพิษของโทลูอีน ลักษณะเช่นนี้ปรากฏในรายงานของ Wilson (1943) ซึ่งรายงานว่า 60 % ของคนงานที่ทำการศึกษา ได้รับโทลูอีนในบรรยากาศในระดับที่น้อยกว่า หรือเท่ากับ 200 ppm ถึงมากกว่า 500 ppm จะมีอาการปวดศีรษะ อ่อนเพลีย เหนื่อยง่าย เบื่ออาหาร คลื่นไส้ ความจำเสื่อม และผู้ที่ได้รับโทลูอีนมากกว่า 500 ppm ซึ่งมีอยู่ 10 % ของคนงานที่ทำการศึกษา มีร่างกายอ่อนแอมาก เม็ดเลือดแดง และเกล็ดเลือด (platelet น้อยลง โมโนไซท์ (monocyte) มากขึ้น เป็นต้น

จากการศึกษาเพื่อหาข้อมูลเสริมการบ่งถึงอันตรายจากการได้รับโทลูอีนโดยการตรวจวิเคราะห์ทางชีวเคมี คือ การตรวจลักษณะของเม็ดเลือด ฮีโมโกลบิน เกล็ดเลือด ตรวจการทำงานของไต (BUN) การทำงานของตับ (AST, ALT, ALP) และเอ็กซเรย์ พบว่ามีความผิดปกติเกิดขึ้นในผู้ติดดมจำนวนหนึ่ง (ตารางที่ 14) แม้จะไม่เด่นชัดนัก เนื่องจากจำนวนตัวอย่างที่ศึกษาน้อย และไม่มีประวัติเกี่ยวกับสุขภาพของผู้ติดดมเหล่านี้มาศึกษาเปรียบเทียบ แต่ก็เป็นที่ทราบกันดีว่า ถ้าตรวจพบความผิดปกติของปัจจัยต่าง ๆ ข้างต้น อาจเนื่องมาจากหลายสาเหตุ เช่น ถ้าพบความผิดปกติของระดับเอนไซม์ AST, ALT อาจเนื่องมาจากความผิดปกติของเซลตับ หัวใจ ซึ่งเป็นแหล่งที่มีเอนไซม์เหล่านี้สูง นอกจากนี้เอนไซม์ ALP ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่จะพบได้ที่เซลบุทางเดินน้ำดี เซลตับ ดังนั้นถ้าตรวจพบความผิดปกติของปริมาณเอนไซม์ ALP ก็อาจเนื่องจากเซลตับถูกทำลายจากตับอักเสบด้วยสาเหตุใดสาเหตุหนึ่ง หรือถ้ามีอาการตัวเหลือง (jaundice) ร่วมด้วย ก็แสดงว่าเกิดภาวะการอุดตันของทางเดินน้ำดี (cholestasis) นอกจากนี้การตรวจ

เลือด เช่น ถ้าพบระดับฮีโมโกลบินต่ำ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ปกติใช้บอกภาวะโลหิตจาง แต่ก็ไม่สามารถบอกได้ทันทีว่าภาวะโลหิตจางนั้นมาจากสาเหตุใด เช่นเดียวกับการตรวจปริมาตรเม็ดโลหิตอัดแน่น (hematocrit) และการตรวจลักษณะเม็ดเลือดแดงบนแผ่นฟิลม์ เป็นต้น อย่างไรก็ตามผลการตรวจสุขภาพที่แสดงไว้นี้ก็พอจะบอกได้ว่ามีพยาธิสภาพเกิดขึ้นกับคนส่วนหนึ่งที่ติดดมสารระเหยประเภททินเนอร์ และ/หรือ แลคเกอร์ แต่จะมีสาเหตุใดเป็นหลักนั้นเป็นสิ่งที่ต้องใช้ปัจจัยหลายปัจจัยมาพิจารณาร่วมกัน

จากการศึกษาที่กล่าวมาพอสรุปได้ว่า เทคนิคเฮดสเปซแก๊สโครมาโตกราฟีที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อให้เหมาะสมในการตรวจวิเคราะห์โทลูอีนในฮีรัมนี้ สามารถใช้ประโยชน์ในการบ่งชี้ถึงการได้รับโทลูอีนเข้าสู่ร่างกายมากกว่าปกติ ซึ่งจะช่วยการวินิจฉัยงานทางด้านยาเสพติด และนิติเวชวิทยาได้อย่างดี และยังใช้เป็นเครื่องช่วยเตือนให้ระวังถึงอันตรายที่อาจเกิดจากพิษของโทลูอีนอันจะเป็นประโยชน์อย่างมากในงานด้านเกี่ยวกับอาชีวะอนามัยของผู้ที่ทำงานในโรงงานต่าง ๆ ที่ต้องใช้โทลูอีน แต่อย่างไรก็ตามการตรวจหาโทลูอีนในฮีรัมเพียงอย่างเดียวอาจแปลผลลบที่ผิดจากที่เป็นจริง ในกรณีที่ได้รับโทลูอีนปริมาณน้อย การตรวจเมตาโบไลท์ของโทลูอีนในปัสสาวะหรือตรวจหาโทลูอีนในลมหายใจ ร่วมกับการวัดปริมาณโทลูอีนในบรรยากาศ น่าจะช่วยให้การแปลผลถูกต้องยิ่งขึ้น ซึ่งน่าจะได้ศึกษาต่อไป

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย