

## บทที่ 2

### วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยเรื่อง ระดับกรดฮิพพิวริกในปัสสาวะของผู้ปฏิบัติงานเคาะพ่นสีรถยนต์ในสถานประกอบการซ่อมและเคาะพ่นสีรถยนต์ เขตเทศบาลนครนครราชสีมา ได้ค้นคว้าจากแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมากำหนดเป็นกรอบในการศึกษาวิจัยตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. สี (Painting)
2. หน้าที่และส่วนประกอบของสี
3. สีพ่นรถยนต์
4. ห้องพ่นสีรถยนต์
5. กระบวนการแห้งตัวของสีพ่นรถยนต์
6. การอบชิ้นงานที่พ่นสี
7. อันตรายที่เกิดจากการใช้สี
8. โทลูอีน (Toluene)
9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
10. กรอบแนวคิดในการวิจัย
11. สรุปแนวคิดจากการทบทวนวรรณกรรม

### แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 1. สี (Painting)

สี (Painting) คือ ของผสมที่อยู่ในสภาพเป็นเนื้อเดียวกัน โดยประกอบด้วยผงสี สารเคลือบตัวทำละลาย และสารปรุงแต่งและตัวปรับคุณสมบัติ ซึ่งถูกบดให้ผงสีละเอียด และลอยอยู่ในสารเคลือบ เมื่อนำไปใช้งานจะสามารถเปลี่ยนสถานะเป็นฟิล์มแข็งได้ (อำพล ชี้อตรง, ชาญวุฒิพนธ์ชีพ, 2546)

สีแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ดังนี้ (สมศักดิ์ ทองประไพ, 2544)

1.1 สีน้ำมัน (Oil Paint) ประกอบด้วย Pigment ที่ให้สีต่างๆ ผสมกับน้ำมันชักแห้ง ซึ่งเป็นชนิดที่มีการพัฒนาให้แห้งเร็วขึ้น คือ น้ำมันตั้งอ้วผสมสารเชิงพลาสติกที่เรียกว่า สีน้ำมัน เป็นสีที่แห้งได้ช้าต้องใช้เวลา 4-5 ชั่วโมง น้ำมันที่ผสมให้เจือจางเพื่อสะดวกในการทำงานใช้น้ำมันสน (Turpentine) หรือน้ำมันแร่ที่ไม่มีกลิ่น มีจุดเดือดระหว่าง 130-160 องศาเซลเซียส สีน้ำมันถ้าใช้ทินเนอร์ผสมจะไม่ดี เนื่องจากทินเนอร์ระเหยเร็วเกินไป ทำให้สีไม่เกาะชิ้นงาน

ส่วนผสมอีกอย่างก็คือน้ำยาชักแห้ง คือ น้ำยาที่ช่วยให้น้ำยาละลายสีแห้งเร็วขึ้น เพราะน้ำมันที่ใช้ละลายสีนั้นแห้งช้ามากบางที่ใช้เวลาสามวันถึงจะแห้ง น้ำยาชักแห้งนี้จะทำจากสารละลายผสมตะกั่วแดง แมงกานีสไดออกไซด์ หรือสังกะสีซัลเฟต สีนํ้ามันมีหลายชนิด เช่น สีPrimer, สีอลูมิเนียม, สียาง, สีทาเรือ เป็นต้น

1.2 สีเคลือบ (Enamel) ประกอบด้วย Pigment ผสมกับน้ำมันวารินิชเป็นตัวทำละลาย น้ำมันวารินิชแห้งได้โดยการระเหยของสารละลาย น้ำมันวารินิชที่ได้จากธรรมชาติที่กระป๋องจะพิมพ์คำว่า Enamel เอาไว้ จะทำให้เจือจางได้โดยการผสมน้ำมันสน (turpentine) สารวารินิชที่ได้จากการสังเคราะห์จากพลาสติกชนิด Urea-formaldehyde ข้างกระป๋องจะเขียนคำว่า ทำให้เจือจางได้ด้วยทินเนอร์ ซึ่งจะต้องระวังมากที่จะต้องผสมให้ถูกต้อง สีเคลือบใช้ได้ดีทั้งทา และพ่น สี Enamel จัดเป็นสีแห้งช้าในการทำสีโดยทั่วไป

สีเคลือบที่ใช้ทั่วไปไม่มากนัก นอกจากสีเคลือบสีขาว และสีเทา สีเคลือบที่ใช้มากทุกวันนี้ส่วนมากเป็นสีเคลือบที่ต้องอบความร้อนทั้งนั้น

1.3 สีแลคเกอร์ (Lacquer) เป็นสีที่แห้งเร็วใช้งานพ่นได้ดีมากกว่า การผลิตสีประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ คือ Pigment ส่วนตัวทำละลาย คือ สารเชิงพลาสติกชนิดไนโตรเซลลูโลส ซึ่งเป็นตัวทำให้เกิดฟิล์ม ฟิล์มของสีแลคเกอร์จะมีความแข็งน้อยกว่าฟิล์มของสี Enamel

การแก้ไขปัญหาคือ สี Enamel แห้งช้าแต่มีคุณสมบัติในเรื่องของการเกาะยึดผิวงานฟิล์มมีความแข็งทนทาน สีสดใส แต่สีแลคเกอร์แก้ไขได้ในเรื่องของการแห้งเร็วมาก ดังนั้นในปัจจุบันได้นำเอาสีทั้งสองชนิดมารวมกัน เรียกสีนี้ว่า Lacquer Enamel ซึ่งใช้ในการพ่นสีรถยนต์

1.4 สีนํ้ามัน หรือสีพลาสติก (Emulsion paint) มีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ Resin ที่เรียกว่า Polyvinyl acetate (PVA) ซึ่งละลายได้ในน้ำ มีคุณสมบัติเหมือนกาว คือ เหนียว เกาะผิววัสดุต่างๆ ได้ดีนอกจากเหล็ก สีนี้ PVA สามารถทำเป็นสีต่างๆ ได้โดยผสมแม่สีลงไป ตัวที่ใช้ผสมเพื่อให้เจือจาง คือ น้ำ ห้ามใช้นํ้ามันโดยเด็ดขาด เป็นสีที่นิยมใช้ทาสีผนังต่างๆ ไป

นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งตามคุณสมบัติของการแห้งได้ คือ

1) สีแห้งเร็ว (Lacquer paint) สีแห้งเร็วเป็นสีที่มีส่วนประกอบที่สำคัญเรียกว่า Pigment เป็นส่วนประกอบที่ทำให้แห้งเร็วมาก และยังมีส่วนที่ช่วยเร่งให้สีแห้งได้เร็วยิ่งขึ้นโดยการระเหยของทินเนอร์ หรือนํ้ามัน

2) สีแห้งช้า (Enamel paint) สีแห้งช้าเป็นสีที่แห้งโดยการระเหยของตัวทำละลาย (Solvent) ในขั้นแรก และจะแห้งในขั้นต่อไป โดยปฏิกิริยาโดยการรวมตัวของออกซิเจน หรือโดยการ Oxidation หรือปฏิกิริยา Polymerization ของการยึดเหนี่ยวปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนั้นเป็นผลสืบเนื่องมาจากการยึดเหนี่ยวในสีทำปฏิกิริยารวมตัวกับออกซิเจนหรืออากาศ ปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นเร็วต้องใช้ความร้อนเข้าช่วย (การอบสี) สีแห้งช้าเมื่อแห้งจะไม่สามารถทำให้ละลายได้ยากยิ่งขึ้น

และไม่สามารถละลายได้อีก สีแห้งช้าเมื่อนำมาพ่นแล้วจะต้องใช้เวลาในการทำให้แห้ง โดยจะให้แห้งสนิทต้องใช้เวลาประมาณ 18-24 ชั่วโมง ดังนั้นการพ่นสีแห้งช้าจึงมักจะมีปัญหาสำคัญ คือ ปัญหาเกี่ยวกับฝุ่นละออง การพ่นสีแห้งช้าเมื่อพ่นแล้วสีจะเป็นเงามันโดยไม่ต้องขัด

## 2. หน้าที่และส่วนประกอบของสี

สีเป็นของเหลวที่มีความหนืดสูงประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆ ซึ่งเมื่อผสมเข้าด้วยกันแล้วจะมีลักษณะเหนียวใสและมีความหนืดเป็นปกติ สีจะเจือจางด้วยทินเนอร์ เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้งาน โดยทั่วไปสีที่บรรจุในกระป๋องมีส่วนประกอบดังนี้ (อร่าม เริงฤทธิ์, 2522)

### 2.1 เนื้อสี (Pigment)

เนื้อสีมีลักษณะเป็นผงละเอียดมีคุณสมบัติในการให้สีทำให้มองเห็นเป็นสีต่างๆตามต้องการ มีอำนาจในการที่ปิดบัง และปกคลุมพื้นผิวเบื้องล่าง (Hiding Power) ที่อยู่ใต้สีจะมีความสามารถในการทนทาน (Durability) แก่สีที่พ่นลงไป เนื้อสีจะมีลักษณะเป็นผงละเอียด ถ้าจะเปรียบเทียบกับคล้ายกับแป้งที่ใช้ทำครีว หรือคล้ายกับแป้งฝุ่นโรยตัวเด็ก แต่มีสีที่แตกต่างๆกัน สำหรับเนื้อสีที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัว เช่น สีทับหน้า (Top Coats or Color Coat) จะให้สีและความทนทานเท่านั้น (มีเนื้อสีน้อย) และสีพื้น (Under Coat) มีคุณสมบัติเฉพาะตัว คือ ช่วยเติมรอยขีดข่วนต่างๆ ที่เกิดจากกระดาดทราย และเนื้อสีจะขัดได้ง่ายเพราะมีเนื้อสีมาก

### 2.2 กาว (Binder) หรือบางที่เรียกว่า Fixed Vehicle

กาวที่ใช้ผสมในสีมีมากมายหลายชนิด ซึ่งกาวมีคุณสมบัติในการจับตัวกับสี และเกาะตัวกับงานโลหะที่ต้องการพ่นสีได้ดี กาวมีลักษณะเป็นของเหลวใสคล้ายกับน้ำ และกาวที่ใช้ในงานสีมีสีต่างๆ กัน ตั้งแต่ของเหลวใสจนถึงสีเหลืองแก่เป็นยางเหนียว กาวที่ใช้จะมีทั้งชนิดความเข้มข้นน้อยๆ จนถึงชนิดที่มีความเข้มข้นคล้ายน้ำผึ้ง ถ้าปราศจากเนื้อสีเมื่อกาวแห้งจะมีลักษณะเป็นของแข็งโปร่งแสง และให้ความมันแวววาว ถ้าอยู่ในสีก็จะเพิ่มความมันให้แก่เนื้อสี

### 2.3 ทินเนอร์ หรือตัวทำละลาย (Thinner or Solvent)

ทินเนอร์ หรือตัวทำละลาย เป็นสารละลายใสๆ ช่วยให้เนื้อสี และกาวผสมกันได้ดี เป็นตัวทำให้เนื้อสี และกาวเจือจางเป็นของเหลว จึงสามารถทำการพ่นสีหรือทาสีได้ด้วยแปรง หากผสมทินเนอร์ให้ถูกต้องตามอัตราส่วนผสมแล้ว เมื่อพ่นสีเสร็จทินเนอร์จะระเหยกลายเป็นไอทิ้ง เนื้อสีและกาวเกาะแข็งตัวกับชิ้นงาน กลายเป็นชั้นสีแห้ง โดยตัวทำละลายที่ใช้ผสมสีแบ่งออกได้ดังนี้ (อำพล ชื่อดตรง,ชาญวุฒิ พณชีพ, 2546)

1) ตัวทำละลายที่ใช้ผสมสีแลคเกอร์ เรียกว่า ทินเนอร์ (Thinner) สีในกระป๋องจะมีเนื้อสีเป็นส่วนมาก ทำให้มีลักษณะหนืดข้นไม่สามารถที่จะพ่นได้โดยสะดวก จำเป็นต้องใช้สารทำละลายผสมลงไปให้เจือจางลงก่อนเพื่อให้ง่ายต่อการพ่น สารละลายหรือตัวที่ทำให้ความหนืดของสีแห้งเร็วลดลง คือ ทินเนอร์

ทินเนอร์ มีลักษณะเป็นน้ำใสบริสุทธิ์มีกลิ่นฉุน ติดไฟได้ง่าย ระเหยง่าย เมื่อผสมให้สีเจือจางลงแล้วใช้พ่นผิวงาน ทินเนอร์จะระเหยหายไปเหลือไว้แต่เนื้อสี และสารเคลือบที่ยึดเนื้อสีให้เกาะกันเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ เกาะยึด และแห้งติดแน่นอยู่กับผิวงาน

2) ตัวทำละลายที่ใช้ผสมสีอีนาเมล (Enamel) คือ รีตีวเซอร์หรือน้ำมันสนเป็นตัวละลายหรือเจือจางที่ใช้กับสีแห้งช้า บางครั้งจึงเรียกว่า อีนาเมลรีตีวเซอร์ ซึ่งมีหลายสูตรให้เลือกตามความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์สีชนิดต่างๆ การใช้งานควรเป็นไปตามคำแนะนำที่บ่งชี้ไว้บนฉลากของกระป๋องอย่างเคร่งครัดและที่สำคัญ คือ ห้ามใช้รีตีวเซอร์กับสีแห้งเร็ว เพราะไม่สามารถละลายกาวในสีแห้งเร็วได้ นอกจากนี้ยังทำให้สีเกาะกันเป็นเม็ดๆ ไม่เหมาะที่จะใช้งาน

ตารางที่ 1 องค์ประกอบหลักของทินเนอร์ (Thinner's Main Components)

ชนิดของทินเนอร์	สารละลายหลัก	สารละลายผสม	สารเจือจาง
แล็กเกอร์ทินเนอร์ (Lacquer Thinner)	เอทิล อะซีเตต (Ethyl Acetate) บัททิล อะซีเตต (Butyl Acetate) บัททิล เซลลูโลสโซฟ (Butyl Cellosolve)	บูทานอล (Butanol) ไอโซพรอปานอล (Isopropanol)	โทลูอีน
อะคริลิก ยูรีเทน ทินเนอร์ (Acrylic Urethane Thinner)	เอทิล อะซีเตต (Ethyl Acetate) บัททิล อะซีเตต (Butyl Acetate)	-	ไซลีน โทลูอีน
เทอร์โมเซตติง อะคริลิก ทินเนอร์ (Thermosetting Acrylic Thinner)	เอทิล อะซีเตต (Ethyl Acetate) บัททิล เซลลูโลสโซฟ (Butyl Cellosolve)	บูทานอล	-

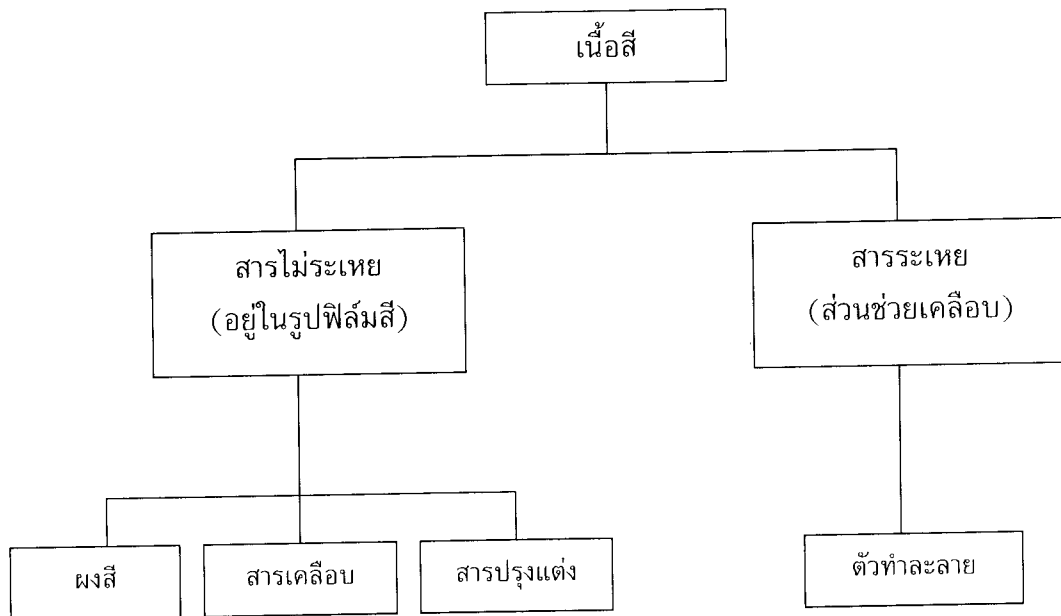
แหล่งที่มา หนังสืองานสี (อำพล ชื่อดรง, ชาญวุฒิ พณิชีพ, 2546)

#### 2.4 สารปรุงแต่ง (Additives)

สารปรุงแต่งที่เติมลงในสีเพื่อคุณสมบัติของสีเช่น การเรียงตัวของฟิล์ม ใต้แก่ น้ำยายืดหยุ่น สารป้องกันการตกตะกอน สารป้องกันสีแยกตัว สารปรับความเรียบ สารป้องกันการเกิดฟอง สารดูดซับแสง เป็นต้น

## 2.5 ฮาร์ดเดนเนอร์ (Hardener)

เมื่อมีการใช้สี 2 องค์ประกอบจะต้องเติมฮาร์ดเดนเนอร์ลงไป ซึ่งฮาร์ดเดนเนอร์จะทำปฏิกิริยาทางเคมีกับโมเลกุลของเนื้อสี และก่อให้เกิดโมเลกุลที่ใหญ่ขึ้นหรือที่เรียกว่า ไฮโพลีเมอร์ (Highpolymer) ซึ่งสารไอโซไซยาเนตที่ใช้ในสียูรีเทนก็จัดอยู่ในประเภทเดียวกับ ฮาร์ดเดนเนอร์



ภาพที่ 1 แผนภูมิส่วนประกอบทั่วไปของสี

## 3. สีพ่นรถยนต์

อุตสาหกรรมสีที่ใช้สำหรับพ่นซ่อมสีรถยนต์ และเคลือบชิ้นส่วนรถยนต์ (Automotive refinish paint) เป็นสีที่มีคุณสมบัติเป็นตัวป้องกันการทำลาย หรือป้องกันการกัดกร่อนต่างๆ และทำให้เกิดความสวยงาม โดยเฉพาะพื้นผิวด้านนอกของตัวถังรถยนต์ที่มีพื้นที่ตั้งแต่ 10 ตารางเมตร ถึง 30 ตารางเมตร ซึ่งจะใช้สีประเภทใด หรือชนิดใดนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ประเภท และคุณภาพของชิ้นงาน งบประมาณ ระยะเวลา ความประสงค์ของเจ้าของชิ้นงาน (อร่าม เรืองฤทธิ์ , 2522)

### 3.1 ประเภทของสีพ่นรถยนต์

ประเภทของสี (Types of Paints) ตามทฤษฎีจำแนกสีออกได้หลายประเภท และมีชื่อทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันไป และมีการพัฒนาขึ้นต่อเนื่อง สีบางตัวเลิกใช้งานไปนานแล้ว สีซ่อมรถยนต์ในท้องตลาดที่ใช้กันแพร่หลาย มีดังต่อไปนี้ (พงษ์ศักดิ์ บุญธรรมกุล, 2544)

3.1.1 สีพื้น (Primer) คือ สีที่ทำหน้าที่พ่นครั้งแรกกับงานโลหะ เพื่อป้องกันสนิม และเป็นตัวยึดเกาะระหว่างผิวโลหะกับสีทับหน้า มีคุณสมบัติในการยึดเกาะกับโลหะ (แผ่นเหล็กได้ดี)

เป็นตัวเชื่อมกับสีชั้นนอกสร้างความทนทานต่อการกระแทก เพิ่มความเงา และทำให้สีทับหน้า สดใส มีความเข้มข้น ของสีสม่ำเสมอ พบว่าคุณสมบัติเหล่านี้จะมีอยู่ในสีพื้นแต่ละประเภทที่ผู้ใช้ จะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์และชนิดของชิ้นงาน

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาสีพื้นพื้น (Primer Surface) มาใช้แทนสีพื้นรองพื้น สีพื้นรอง พื้นที่นิยมใช้ ได้แก่ สีพื้นเกาะโลหะ (Wash Primer), สีพื้นรองพื้นแบบแห้งเร็ว (Lacquer Primer), สีพื้นรองพื้นกึ่งแห้งช้า (Urethane Primer), สีพื้นอีพ็อกซี่ (Epoxy Primer)

ตารางที่ 2 ส่วนผสมของทินเนอร์มาตรฐานสีพื้นรถยนต์แห้งเร็วในโตรเซลลูโลส: สีรองทับหน้า (สีพื้น)

ส่วนผสม	ร้อยละโดยปริมาตร
โทลูอีน	60
บิวทิลอะซีเตต	10
2-เมทิล-1-โพรพานอล หรือเรียกกันทั่วไปว่าไอโซบิวทานอล	5
4-เมทิล-2-เพนทาโนน หรือเรียกกันทั่วไปว่าเมทิลไอโซบิวทิลคีโตน	10
2-นอร์มัล-บิวทอกซี-1-เอทานอล	5
2-โพรพานอล หรือเรียกกันทั่วไปว่าไอโซโพรพานอล	5
2-บิวทาโนน หรือเรียกกันทั่วไปว่าเมทิลเอทิลคีโตน	5

แหล่งที่มา สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2535

3.1.2 สีโป้ว (Putty) คือ สีที่ใช้เพื่อปรับผิวของตัวถังรถให้ราบเรียบ และเข้ารูปตามต้องการ ปกปิดหรืออุดรอยบุบ รอยขีดข่วนเล็กๆ ที่เกิดขึ้นบนชิ้นงาน ทำให้ผิวงานดูเรียบไม่เป็นคลื่น หากแบ่งตามลักษณะการใช้งาน สีโป้วรถยนต์จะแบ่งเป็น 3 ชนิด คือ

1) สีโป้วพลาสติก (Plastic fillers) เป็นสีโป้วที่ใช้สำหรับพ่นรอยย่นหรือรอยบุบให้เรียบสม่ำเสมอในงานผิวโลหะตัวถังรถยนต์ สามารถโป้วทับบนเหล็กเปลือกซิงค์-กัลวาไนท์ และพื้นอื่นๆ ทำให้การเกาะติดยึดได้แน่นไม่ยุบตัว กลบรอยบุบได้เต็ม และเรียบ แห้งเร็ว ชัดง่าย ประหยัดเวลา อัตราส่วนผสมที่ ฮาร์ดเดนเนอร์ (100: 2-3 ส่วน) แห้งตัวสัมผัสภายใน 3-9 นาที ที่ 30°C ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ และการใช้น้ำยาขัดน้ำได้ภายใน 10-15 นาที

2) สีโป้วบาง (Polyester putty) สีโป้วประเภท Poly putty มีเนื้อละเอียด ใช้สำหรับเก็บรอยผิวงานที่ขัดกลิ้งได้ยาก เช่น รอยลึกยี่ม รอยรูเข็ม และตามด อาจใช้สีโป้วแห้งเร็วได้ ไม่ควรโป้วหนามากกว่า 2 มม. ไม่ควรโป้วสีประเภทนี้บนผิวเหล็กโดยตรง เพราะมีสภาพ

การเกาะยึดผิวเหล็กต่ำ สีโปวบางเป็นสีโปวที่มีส่วนผสม 2 อย่าง นั่นคือ สี (โพลีเอสเตอร์เรซิน) กับฮาร์ดเดนเนอร์ ในอัตราส่วน 100:2 แห่งภายในเวลา 3-5 นาที ที่อุณหภูมิ 30°C ชัดน้ำได้ภายใน 15-20 นาที

3) สีโปวแห้งเร็ว (Lacquer putty) ประกอบด้วยไนโตรเซลลูโลส และอะคริลิกเรซิน ใช้โปวรอยขรุขระเพื่อเก็บรอยกระดาดทราย หลังจากพ่นสีรองพื้นแล้ว ถ้าพบรอยหลุมตื้นๆ ให้แก้ไขด้วยการใช้สีโปวแห้งเร็วทับรอยให้เรียบ จากนั้นใช้แท่งขัดพ่นกระดาดทรายขัดน้ำอีกครั้ง คุณสมบัติของสีโปวแห้งเร็วนี้ เป็นสีชนิดฟร็อกซีลิน เหมาะสำหรับการใช้งานซ่อมสีแห้งเร็วทุกชนิด เป็นสีที่ติดแน่นแห้งเร็ว ป้องกันสนิม มีสองชนิด คือ High Solid putty (Brown) มีเนื้อสีน้ำตาลแดง และ High Solid putty (Gray) มีเนื้อสีเทา

3.1.3 สีรองพื้น (Primer Surface) สีรองพื้นคือสีชั้นที่ 2 ที่พ่นทับบนผิวสีพื้นสีโปวหรือชั้นล่าง (Under Coat) เพื่อเติมรอยขรุขระเล็กน้อยหรือรอยขีดกระดาดทราย, กันการซึมจากชั้นสีทับหน้า, เสริมความแข็งแรงระหว่างสีชั้นล่างและสีทับหน้า สีรองพื้นสามารถแบ่งตามลักษณะการผลิตได้ 3 ชนิด คือ สีรองพื้นแห้งเร็ว (Lacquer Surfacer), สีรองพื้นกึ่งแห้งช้า (Urethane Surfacer), สีรองพื้นแห้งช้า (Thermosetting Surfacer)

3.1.4 สีพ่นรยนต์หรือสีทับหน้า (top coat or color coat) เป็นวัสดุที่นำมาเคลือบงานครั้งสุดท้าย เพื่อเพิ่มความสวยงาม ความทนทานให้แก่งานที่ทำการพ่นนั้น สีพ่นรยนต์สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ สีพ่นรยนต์แห้งเร็ว หรือสีแล็กเกอร์, สีพ่นรยนต์แห้งช้าหรือสีอีนาเมล และสีพ่นรยนต์กึ่งแห้งช้า (Urethane)

3.1.4.1 สีรยนต์แห้งเร็ว หรือสีแล็กเกอร์ (lacquer) เป็นสีพ่นรยนต์ทับหน้าครั้งสุดท้าย ทำให้เกิดความสวยงาม ความทนทานในการพ่นผสมด้วยทินเนอร์ เมื่อพ่นเสร็จแล้วจะต้องขัดให้ละอองสีออก จนกระทั่งสีเรียบแล้วจึงขัดเงาภายหลังพ่นเสร็จแล้ว สีแบบนี้ไม่นิยมพ่นในอุตสาหกรรมรยนต์ แต่นิยมใช้ในอู่ซ่อมสีหรืออู่พ่นสีรถทั่วไป สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1) สีพ่นไนโตรเซลลูโลสแล็กเกอร์ (Nitrocellulose lacquer) เป็นสีที่ให้ความงาม และมีความแข็งแรงทนทานสูง ทนความร้อน ทนกรดได้ดี เป็นที่นิยมใช้กันมาก จุดอ่อนของสีประเภทนี้ คือ ไม่สามารถสร้างฟิล์มหนาๆ ได้ ดังนั้นจึงต้องพ่นสีหลายชั้นอย่างต่ำ 6 ชั้น 10 ชั้น หรือ 25 ชั้น และต้องทาเคลือบคลุมผิวในชั้นสุดท้าย ทำให้เสียเวลา และสิ้นเปลืองวัสดุในการขัดเพื่อให้ได้ความเงา สีจะแห้งภายหลังการพ่นสี 2-3 ชั่วโมง ชิ้นงานที่พ่นด้วยสีประเภทนี้จะเป็นรอยขีดข่วนได้ง่าย ไม่ทนต่อแสงอุลตราไวโอเลตจึงทำให้สีอ่อนตัวเมื่อถูกความร้อน

2) สีพ่นอะคริลิคแล็กเกอร์ (acrylic lacquer) เป็นสีที่เมื่อแห้งแล้วจะให้เงาแวววาว แห้งเร็วกว่าสีประเภทแรก มีความแข็งแรงพอควร ทนแสงอุลตราไวโอเลตได้ดี ทนต่อความชื้น ทำให้มีอายุการใช้งานยาวนานกว่า ทนสารเคมีได้พอสมควร สีประเภทนี้ที่มี

ชื่อทางการค้า เช่น เพลคซิกลาส (plexiglas) ลูไซต์ (Lucite) โพลีกลาส (polyglas) เดียวอะครีค (duracryl) เป็นต้น สีประเภทนี้พ่น และใช้งานได้ง่าย หากต้องการได้ชิ้นงานที่มีความเงามาก ต้องพ่นสีหลายเที่ยว

ไนโตรเซลลูโลสแลกเกอร์ และอะคริลิคแลกเกอร์ ไม่มีความสัมพันธ์ทางเคมีกันเลย ซึ่งทั้ง 2 อย่างเป็นสารประกอบคนละชนิด การที่อะคริลิคมีคำว่าแลกเกอร์ต่อท้าย ก็เพราะ คุณสมบัติทางกายภาพเมื่อพ่นสีแล้วคล้ายกับกรรมวิธีแห้งเร็วแบบเดียวกัน คือ ทินเนอร์ ระเหยไปจากสี จึงทิ้งฟิล์มสีแข็งเกาะติดบนชิ้นงาน

ตารางที่ 3 ส่วนผสมของทินเนอร์มาตรฐานสีพ่นรถยนต์แห้งเร็วไนโตรเซลลูโลส (สีทับหน้า)

ส่วนผสม	ร้อยละโดยปริมาตร
โทลูอีน	60
บิวทิลอะซีเตต	10
2-เมทิล-1-โพรพานอล หรือเรียกกันทั่วไปว่าไอโซบิวทานอล	5
4-เมทิล-2-เพนตะโนน หรือเรียกกันทั่วไปว่าเมทิลไอโซบิวทิลคีโตน	10
2-นอร์มัล-บิวทอกซี-1-เอทานอล	5
2-โพรพานอล หรือเรียกกันทั่วไปว่าไอโซโพรพานอล	5
2-บิวทานโนน หรือเรียกกันทั่วไปว่าเมทิลเอทิลคีโตน	5

แหล่งที่มา สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2535

3.1.4.2 สีพ่นรถยนต์ชนิดแห้งช้าหรือสีอีนาเมล (enamel) เป็นสีที่ทำมาจากยางสังเคราะห์ (resin synthetic) แห้งช้าในบรรยากาศ จึงจำเป็นต้องอบแห้ง ลักษณะการแห้งของสีจะใช้ปฏิกิริยาของตัวเร่ง หรือฮาร์ดเดนเนอร์ ซึ่งมีอยู่ 2 ขั้นตอน คือ ขั้นแรก ตัวทำละลายหรือสารที่ลตรูปออกซิเจนจะระเหยออกจากเนื้อสี ขั้นตอนที่ต่อมาสีที่เหลืออยู่จะเกิดการเพิ่มรูปออกซิเจน โดยการดูดซับออกซิเจนในอากาศเข้าไปในเนื้อสีทำให้เกิดเป็นฟิล์มสีเกาะติด และเคลือบชิ้นงาน สีชนิดนี้เมื่อพ่นเสร็จไม่มีละอองสีเกาะจึงเป็นมันเงาทันที และมีความแข็งแรงทนทานดีด้วย เป็นคุณสมบัติที่ต้องการของการเคลือบผิวตัวถังรถ ดังนั้นในอุตสาหกรรมรถยนต์จึงพ่นเคลือบด้วยสีแบบนี้ ส่วนอุณหภูมิตั้งการพ่นสีแบบนี้ต้องมีโรงอบสีรถยนต์ด้วย สีจะแห้งหลังจากการพ่นประมาณ 24 ชั่วโมง แต่จะแห้งสนิทภายใน 3 เดือน หากอบในโรงอบสีรถยนต์จะต้องอบด้วยความร้อนนาน 30 นาที สีประเภทนี้ ได้แก่



1) สีแห้งช้าแอลคิต (alkyd enamel) เมื่อพ่นเสร็จแล้วจะเกิดความเงางาม (gloss) ขึ้นเอง จะมีความทนทานอยู่ช่วงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น คือ ประมาณ 2-4 ปี ดังนั้นสีแอลคิต จึงเป็น Non-oxidizing ที่จัดอยู่ในประเภทเทอร์โมเซตติ้ง (Thermosetting) การพ่นสีประเภทนี้จะต้องพ่นในห้องที่ปราศจากฝุ่นละอองต่างๆ

2) สีแห้งช้าอะคริลิก (acrylic enamel) เป็นสีที่เติมอะคริลิก ซึ่งเป็นโพลิเมอร์สังเคราะห์หลังไปในสีอีนาเมลกลายเป็นอะคริลิกอีนาเมล เมื่อทำการพ่นเสร็จแล้วจะเกิดความเงามัน มีความทนทานสูงและทนต่อกรด แอลกอฮอล์ น้ำมันและละอองสารเคมี ไม่มีโคลสีจับบริเวณชิ้นงานเหมือนสีอะคริลิกแล็กเกอร์ นอกจากนี้สีแห้งช้าอะคริลิก สามารถซ่อมชิ้นงานเฉพาะจุดได้ และพ่นเป็นจำนวนชั้นที่น้อยกว่าสีอะคริลิกแล็กเกอร์ ซึ่งจะพ่นประมาณ 2 - 3 ชั้นเท่านั้น แต่มีข้อยุ่งยากเกี่ยวกับการพ่นสี คือ บริเวณห้องพ่นสีจะต้องปราศจากฝุ่น และจะต้องพ่นแล็กเกอร์เพื่อเป็นการเคลือบเงาในชั้นสุดท้าย

3) สีแห้งช้าโพลียูรีเทน (polyurethane enamel) เป็นสีที่มีส่วนผสมของแล็กเกอร์ ทำให้ไม่ต้องพ่นแล็กเกอร์เพื่อเคลือบเงาในชั้นสุดท้าย สีประเภทนี้นิยมใช้กับงานพ่นสีที่ต้องการฟิล์มสีที่แข็งแรงทนทาน มีความเงาสูง ชัดจางยาก ทนสารเคมี ทนน้ำมัน เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี ทนการสึกกร่อน เหนียว ทนความร้อน เนื่องจากสีชนิดนี้มีเนื้อสีมาก การยึดเกาะดี จึงเป็นที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เช่น ใช้พ่นสีรถบรรทุก และตู้คอนเทนเนอร์ ส่วนการพ่นสีต้องพ่นในห้องที่ปราศจากฝุ่น ข้อเสีย คือ การซ่อมชิ้นงานจะต้องซ่อมทั้งชิ้นงาน ไม่สามารถซ่อมเฉพาะจุดได้ และมีราคาแพงกว่าสีพ่นรถยนต์แห้งช้าประเภทอะคริลิก

3.1.4.3 สีพ่นรถยนต์แห้งช้า (Urethane) สีพ่นรถยนต์ประเภทอะคริลิกโพลียูรีเทนชนิดผสมตัวสีแห้งช้าผสม 2 ตัว (2K) คือ สีอะคริลิกที่ผสมด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาเคียวรีโอพอกซี เป็นสีซ่อมแผลสีรถยนต์หรือพ่นทั้งคัน จะให้คุณสมบัติในเรื่องแห้งเร็วเหมือนสีแห้งเร็วอะคริลิกรวมกับความคงทนของผิวสี และความเงางามเหมือนสีแห้งช้าโพลียูรีเทน

#### 4. ห้องพ่นสีรถยนต์

การพ่นสีมักทำในห้องพ่นสีโดยเฉพาะ เพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นเกาะที่ชิ้นงาน หรือไปยุ่งเกี่ยวกับงานอื่นๆ ในขณะที่สียังไม่แห้ง มักเป็นห้องที่ปิดมิดชิดโดยรอบ และแยกจากงานส่วนอื่น โครงสร้างจะประกอบด้วยวัสดุที่สามารถป้องกันอันตรายจากไฟไหม้ได้ เช่น เหล็กชุบสังกะสี เนื่องจากอุณหภูมิขณะพ่นสีประมาณ 32 °C ไอรอะเหยที่ติดมักจะติดไฟได้ดี ส่วนในห้องพ่นสีจะต้องมีระบบควบคุมอากาศเสีย ได้แก่ พัดลมระบายอากาศ และชุดกรองอากาศ เพื่อลดระดับกลิ่น และไอรอะเหยที่เกิดจากการพ่นสี การพ่นสีในที่โล่งอาจก่อให้เกิดไฟลุกไหม้ได้ง่าย ดังนั้นควรทำการพ่นสีในห้องพ่นสีเท่านั้น เพื่อเป็นการลดอันตรายที่เกิดจากไฟไหม้ ทำให้บรรยากาศในห้องพ่นสีดี ลดการเจ็บป่วยเนื่องจากการสูดหายใจเอาฝุ่น หรือไอรอะเหยของโลหะอื่น และโซลิน

เข้าสู่ร่างกาย การพ่นสีในห้องพ่นสีนอกจากจะช่วยให้สุขภาพของคนงานดีแล้ว ยังทำให้การทำงาน และชิ้นงานมีคุณภาพอีกด้วย (พงษ์ศักดิ์ บุญธรรมกุล, 2544)

ห้องพ่นสีอาจแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

#### 4.1 Water-wash Spray Booths

อากาศที่ปนเปื้อนฝุ่น และละอองสีจะถูกดูดผ่านม่านน้ำก่อนปล่อยอากาศออกจากห้องพ่นสี โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดฝุ่น (Particulate) ประมาณ 99% แม้ว่าห้องพ่นสีประเภทนี้จะมีความเสี่ยงต่อการเกิดไฟไหม้น้อย แต่จะต้องติดตั้งระบบ sprinkler เพื่อป้องกันการเกิดไฟไหม้ และหลังจากใช้ห้องพ่นสีไประยะหนึ่ง จะต้องมีการกำจัดน้ำ และ paint sludge ออกจากน้ำที่ผ่านการใช้แล้ว เพื่อเป็นการป้องกันท่อน้ำอุดตัน ทำให้ห้องพ่นสีประเภทนี้มีค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง และเดินระบบสูง

#### 4.2 Dry Filter Spray Booths

อากาศภายนอกจะถูกดูดเข้ามาในห้องพ่นสี โดยผ่านกระบวนการระบบกรองอากาศที่ชุดกรองอากาศที่ถูกดูดเข้ามา ส่วนอากาศที่ปนเปื้อนมลสาร เช่น ฝุ่น โทลูอิน และไซลีน จะถูกระบายผ่านชุดกรองอากาศที่ถูกดูดออก ก่อนปล่อยออกสู่ภายนอกห้องพ่นสี ทำให้มีความเสี่ยงต่อการเกิดไฟไหม้น้อย สำหรับสารตัวกรองนั้นโดยทั่วไปจะเป็นพวกใยแก้ว กระจาด หรือถ่านกรอง (Active charcoal filter) ประมาณ 80% ของสถานประกอบการเกี่ยวกับการพ่นสีรถยนต์จะเป็นห้องพ่นสีประเภทนี้ เพราะในช่วงหลายปีที่ผ่านมา สถานประกอบการจำนวนมากได้เปลี่ยนมาใช้ห้องพ่นสีประเภทนี้แทนห้องพ่นสีประเภท Water-wash Spray Booths เนื่องจาก ห้องพ่นสีประเภท Water-wash Spray Booths มีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา และการจัดการของเสียอันตรายมากกว่าสำหรับห้องพ่นสีประเภท Dry Filter Booths นี้จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดฝุ่น (particulate) ประมาณ 95 - 99%

#### 4.3 Baffle Booths

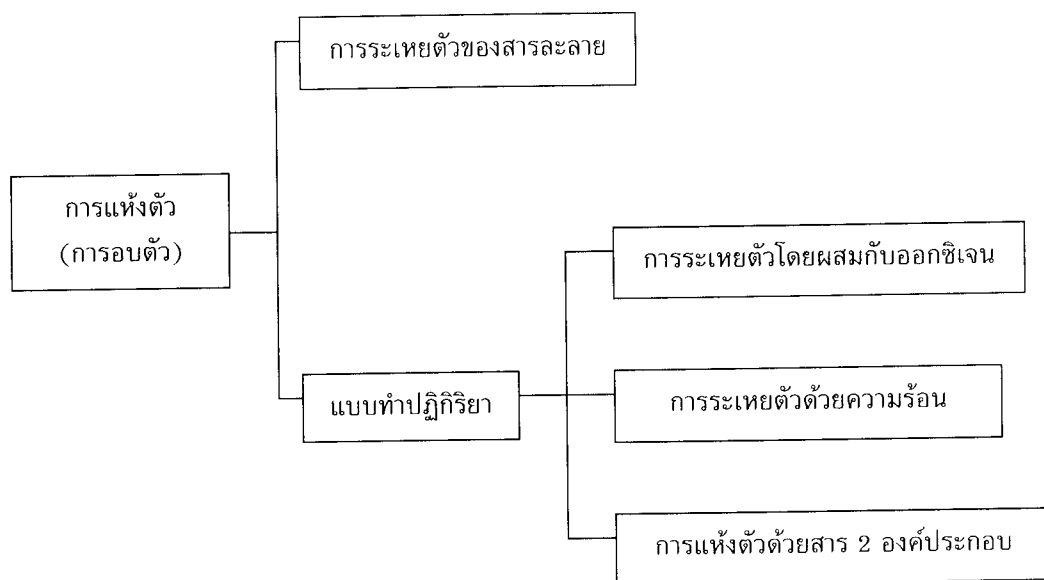
บริเวณส่วนหลังของห้องพ่นสีประเภทนี้ จะมีแผ่นเหล็กขนาดความกว้างหลายนิ้ว วางซ้อนเหลื่อมกันตลอดความสูงของห้องพ่นสี เมื่ออากาศถูกดูดผ่านเข้ามาห้องพ่นสีจนกระทั่งไปถึงบริเวณส่วนหลังสุดของห้องพ่นสี ฝุ่น และละอองสีก็จะตกใส่รางเก็บ ซึ่งทางสถานประกอบการสามารถรวบรวมละอองสีเหล่านี้กลับไปใช้ใหม่ได้สถานประกอบการต่างๆ จะมีการใช้ห้องพ่นสีประเภทนี้น้อยกว่าสองประเภทแรก เพราะหากว่าสถานประกอบการไม่ต้องการนำสีกลับไปใช้ใหม่ การใช้ห้องพ่นสีประเภทนี้ก็ไม่มีประโยชน์

โดยทั่วไปห้องพ่นสีควรมีขนาดที่เหมาะสม มีระบบระบายอากาศ แสงสว่าง และประตูทางเข้าออกเพียงพอ ควรมีพื้น ผนัง และเพดานที่เรียบร้อย และเลือกใช้วัสดุที่ป้องกันไม่ให้ฝุ่นเกาะติด ป้องกันการลุกติดไฟ เช่น ไฟเบอร์กลาสกันความร้อน นอกจากนี้อากาศในห้องพ่นสีควรผ่านชุดกรองอากาศ หรืออุปกรณ์ฟอกอากาศก่อนระบายออกสู่ภายนอก หรือหมุนเวียนเข้าสู่ห้องพ่นสี ชุดกรองอากาศควรทำความสะอาด และเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ เพราะ

หากอดตันจะ ทำให้พัดลมดูดอากาศทำงานหนักขึ้นอาจเป็นอันตรายจากไฟไหม้ พัดลมที่ใช้ควรทำความสะอาด และซ่อมบำรุงอยู่เสมอ ระบบแสงสว่างควรใช้อุปกรณ์ที่ไม่ก่อให้เกิดการติดไฟหรือการระเบิด เช่น ระบบไฟฟ้า และหลอดประหยัดไฟ

## 5. กระบวนการแห้งตัวของสี

ขั้นตอนการแห้งตัวของสี หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสถานะของผิวสีจากของเหลวเป็นชั้นฟิล์มแข็งเกิดเป็นชั้นสี เรียกว่า การแห้งตัวหรือการอบตัว ขั้นตอนของการแห้งตัว และการอบตัวจำแนกได้ดังนี้



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการแห้งตัวของสี

### 5.1 การระเหยตัวของสารละลาย (Solvent Evaporation Type)

เมื่อสารละลายในสีระเหยตัวออกไป แต่โมเลกุลสารเคลือบมิได้เปลี่ยนแปลงโดยทินเนอร์ คุณสมบัติการระเหยตัวของสารละลายในสีเป็นการแห้งตัวได้เร็ว และง่ายต่อการใช้งาน อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพในการเกาะตัวของชั้นสีจะต่ำ และการทนต่อสภาพแวดล้อมต่ำ การระเหยตัวของสารชนิดนี้ เช่น ไนโตรเซลลูโลส (NC) แล็กเกอร์, ไนโตรเซลลูโลส, อะคริลิกแล็กเกอร์ และ CAB เซลลูโลสอะซีเตต บูทีเลท (CAB) อะคริลิกแล็กเกอร์

### 5.2 การทำปฏิกิริยา

การทำปฏิกิริยาของสี สารละลาย และทินเนอร์ในสีจะระเหยตัว และทำปฏิกิริยาทางเคมีกับสารเคลือบที่เหลืออยู่ เรียกว่า โพลีเมอร์ไรเซชัน (Polymerization) สีชนิดแห้งตัว

ด้วยปฏิกิริยาทางเคมีจะไม่แห้งติดจนกว่าจะเติมสารที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี ส่วนที่สำคัญที่เป็นเหตุให้สีแข็งตัว คือ ความร้อนแสงสว่าง, ออกซิเจน, น้ำ และสิ่งที่ทำปฏิกิริยาทางเคมี (ฮาร์ดเดนเนอร์) การทำให้สีแห้งตัวที่ดีที่สุดของสีพ่นรถยนต์ คือ การให้ความร้อน (การอบสี) หรือสิ่งที่ทำปฏิกิริยาทางเคมี

5.2.1 การระเหยตัวโดยผสมกับออกซิเจน (Reaction Drying/Oxidative Dry) เป็นการแห้งตัวโดยปฏิกิริยาทางเคมี โดยโมเลกุลของสารเคลือบจะดูดซับออกซิเจนจากอากาศเป็นสภาพโครงสร้างที่ประสานกันการระเหยนี้ไม่ค่อยใช้กับสีพ่นซ่อมรถยนต์ เพราะใช้เวลานานในการสร้างโครงสร้าง และสภาพของโครงสร้างของชั้นสีไม่ดี สีชนิดระเหยตัวโดยผสมกับออกซิเจน คือ สีอีนาเมล เพททาเลท และชายเทคเรซินที่ผสมกับสี

5.2.2 การระเหยตัวด้วยความร้อน (Heat Polymerization) การระเหยตัวของสีประเภทนี้ คือ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิคงที่แน่นอน (โดยทั่วไปสูงกว่า 120 °C หรือ 248 °F) เป็นการทำปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในสารเคลือบตามสภาพที่ดีของสี เป็นผลการประสานโครงสร้างที่หนาแน่นหลังจากที่สีอยู่ในสภาพที่ติดตลอด ทินเนอร์จะไม่สามารถละลายได้ การระเหยตัวของสีประเภทนี้ส่วนมากใช้ในการประกอบรถยนต์จากโรงงานประกอบ ไม่ใช้ในการซ่อมสี เพราะต้องป้องกันส่วนที่เป็นพลาสติก และส่วนประกอบที่เป็นไฟฟ้าไม่ให้เกิดความเสียหายจากความร้อนสูงที่อบแห้ง หรือจะต้องถอดสายไฟ และอุปกรณ์อื่นเพื่อป้องกันความร้อน สีชนิดระเหยตัวด้วยความร้อน คือ สีเทอร์โมเซตติง, อะมิโนแอลโคด์ และเทอร์โมเซตติงอะคริลิก

5.2.3 การแห้งตัวด้วย 2 ส่วนผสมกัน (Component Polymerization) การแห้งตัวของสีประเภทนี้ คือ ส่วนประกอบหลักจะผสมกับฮาร์ดเดนเนอร์ เกิดการทำปฏิกิริยาทางเคมีในสารเคลือบทำให้สีอยู่ในสภาพดี การทำปฏิกิริยาอีกวิธีหนึ่ง คือ ทำในห้องที่มีลมร้อน (ห้องอบ) อุณหภูมิ 60-70 °C หรือ 140-158 °F เป็นการทำให้แห้งเร็วขึ้น การแห้งตัวแบบที่ดีที่สุดของการซ่อมสีรถยนต์ คือ การแห้งตัวด้วย 2 ส่วนผสมกัน และสภาพของสีจะเหมือนกับการระเหยตัวด้วยความร้อน

## 6. การอบชิ้นงานที่พ่นสี

ก่อนจะนำชิ้นงานไปอบ ควรจะปล่อยให้ชิ้นงานที่ผ่านการพ่นสีพักตัวสักกระยะหนึ่งประมาณ 10-15 นาที เพื่อช่วยให้ตัวทำละลายบางส่วนระเหยออกมา และช่วยให้การแห้งของสีเป็นไปอย่างรวดเร็ว

อุปกรณ์ที่ใช้ในการอบมีหลายชนิด ตั้งแต่การใช้หลอดไฟอินฟราเรดที่เป็นหลอดเดี่ยวๆ หรือแผงหลอดไฟเป็นชุดๆ การอบอาจจะทำในห้องพ่นสีโดยใช้อุณหภูมิประมาณ 60 °C หรือจะแยกไปทำในห้องที่ทำไว้เพื่อการอบสีโดยเฉพาะ ในบริเวณใกล้เคียงกัน เพื่อจะได้ทำงานอย่างต่อเนื่องกัน เวลาที่ใช้ในการอบขึ้นอยู่กับชนิดของสีที่ใช้พ่น สัดส่วนในการผสมสี และขนาดของชิ้นงาน ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้เวลาในการอบสีประมาณ 30-60 นาที

สีที่ใช้ในการพ่น เช่น สีแล็กเกอร์ มักจะอบแห้งโดยการระเหยของตัวทำละลายต่างๆ อุปกรณ์ที่ใช้ในการอบดังกล่าวมักจะใช้การแผ่รังสีความร้อนโดยใช้ระบบไฟฟ้า เช่น หลอดไฟอินฟราเรด หรือการทำความร้อนโดยการหมุนเวียนอากาศที่มีความร้อนขณะอบสี เพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน ในขั้นตอนนี้ผู้ปฏิบัติงานจะได้รับอันตรายจากโพลีเมอร์ที่ระเหยออกมา เนื่องจากขบวนการแห้งตัวของสี หากไม่มีการป้องกันหรือสุขปฏิบัติที่ดี

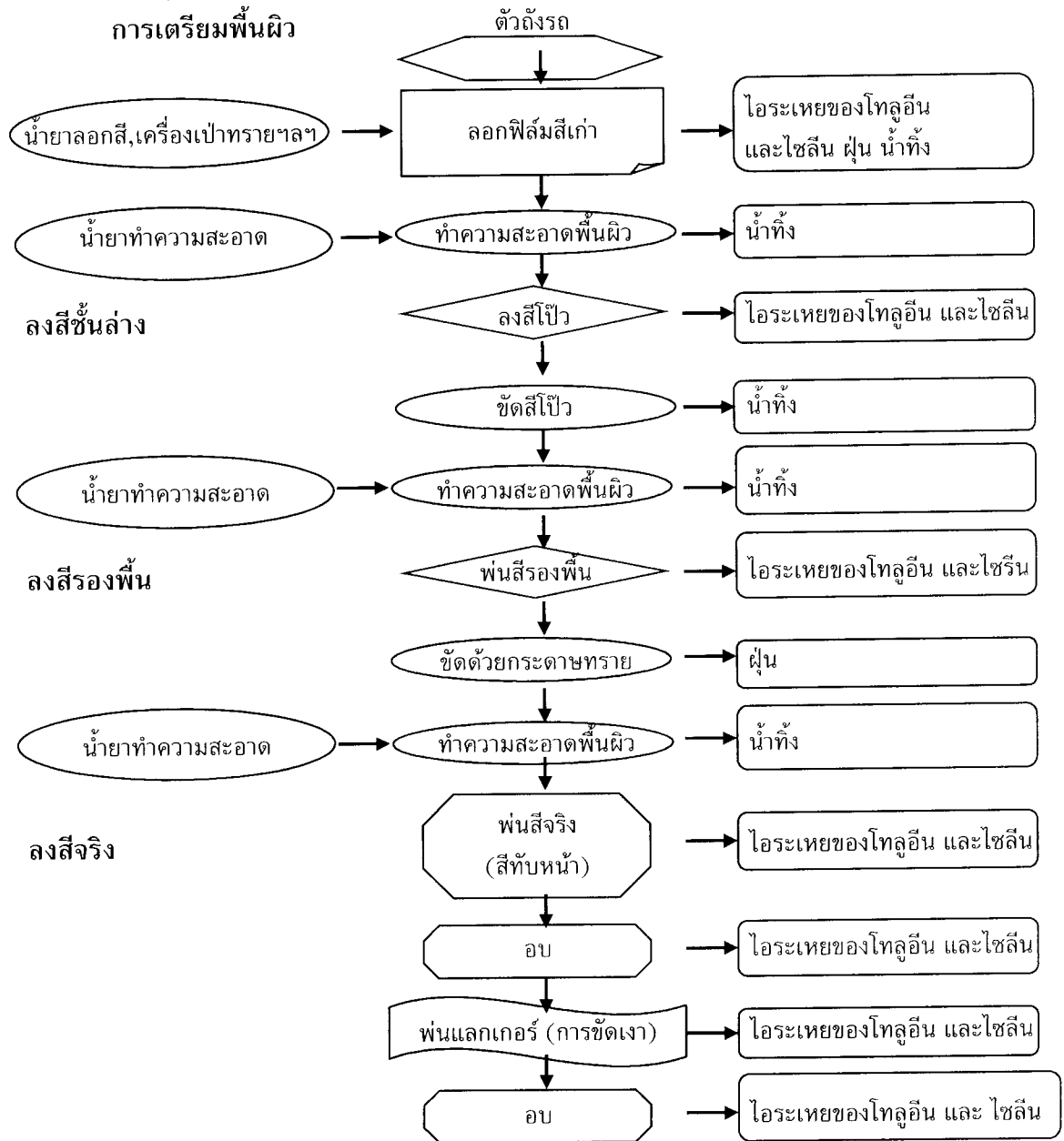
## 7. อันตรายที่เกิดจากการใช้สี

เนื่องจากส่วนประกอบต่างๆ ที่มีอยู่ในสี ล้วนแล้วแต่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายมนุษย์ทั้งสิ้น โดยเฉพาะอันตรายจากสารตัวทำละลาย (Solvent) ซึ่งพบว่ามีสารตัวทำละลายที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรม และงานพ่นสี เช่น ทินเนอร์ สารละลายไขมัน น้ำมัน สีพลาสติก และสารประกอบประเภทเดียวกันอื่นๆ สารเหล่านี้จะใช้เพื่อการล้างทำความสะอาดและขจัดไขมันออกจากผิวโลหะต่างๆ ละลายสี และกาว สารตัวทำละลายระเหยได้เร็วมาก และมีกลิ่นพิเศษ ทั้งยังสามารถละลายวัสดุบางชนิดได้ สารตัวทำละลายนี้ สามารถเข้าสู่ร่างกายได้จากการหายใจ และดูดซึมผ่านผิวหนัง อาการเฉียบพลันของสารเหล่านี้ คือ เหนื่อยล้า ปวดศีรษะ มึนงง และระคายเคืองผิวหนัง ตา และทางเดินหายใจ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดปัญหาในระยะยาวได้ เช่น โรคผิวหนัง ทำลายสมอง (ความจำเสื่อมและความฉลาดลดลง) แท้งลูกได้และเป็นอันตรายต่อทารกในครรภ์ บางชนิดเป็นสารก่อมะเร็ง ดังนั้น จึงควรพยายามหลีกเลี่ยงมิให้สัมผัสกับสารดังกล่าว และใช้มาตรการควบคุมป้องกันเมื่อได้กลิ่นสารตัวทำละลายนี้ในอากาศ ผู้เยาว์ และพนักงานหญิงควรได้รับการคุ้มครองมิให้ได้รับสารเหล่านี้เข้าสู่ร่างกาย (อำพล ชื่อดัง, ชาญุฒิ พณิชชีพ, 2546)

โดยทั่วไปนอกจากหลีกเลี่ยงการสูดดมไอกลิ่น และไอระเหย ตลอดจนละอองสีแล้ว ก่อนการใช้สีทุกครั้ง ขณะปฏิบัติงาน และหลังการปฏิบัติงาน ควรปฏิบัติดังนี้

- 1) อ่านคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต โดยเฉพาะที่เกี่ยวกับความปลอดภัยในการใช้ผลิตภัณฑ์นั้นๆ อย่างละเอียด และควรปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด
- 2) ตรวจสอบเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ ก่อนนำไปใช้งาน เพื่อให้มั่นใจว่าอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์พร้อมที่จะใช้งาน และควรทำความสะอาดเครื่องมือทันทีหลังจากใช้งานเสร็จแล้ว
- 3) ควรสวมชุดทำงาน ถุงมือ และหน้ากากนิรภัย เครื่องช่วยหายใจหรือเครื่องป้องกันหรือผ้าปิดจมูก ทุกครั้งเมื่อทำการพ่นสี เคลื่อนย้าย และทำความสะอาด เพื่อป้องกันไอของทินเนอร์ และละอองสีเข้าไปปอดเป็นการลดอันตรายที่จะเกิดขึ้น
- 4) สถานที่ปฏิบัติงานควรจัดสภาพแวดล้อมให้มีการระบายอากาศที่ดีพอ หรือติดตั้งเครื่องระบายอากาศเฉพาะที่ (local exhaust ventilation) เพื่อระบายกลิ่นสารตัวทำละลาย และป้องกันการเกิดอันตรายจากไฟไหม้ ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้จากการทำปฏิกิริยาของสารละลายกับประกายไฟ

- 5) ในห้องพ่นสีควรมีการระบายอากาศที่ดี เพื่อขจัดไอของทินเนอร์ และตัวทำละลายอื่นๆ
- 6) ลดปริมาณการระเหยของตัวทำละลายอินทรีย์ โดยควบคุมการเก็บรักษาในภาชนะปิด ป้องกันการหกรั่ว (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2538)
- 7) การพ่นสีรถยนต์ ควรทำการพ่นในห้องพ่นสีเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของสารตัวทำละลาย
- 8) รักษาความสะอาดบริเวณที่ทำงานเกี่ยวกับสี รวมถึงพื้นของห้องพ่นสีควรทำความสะอาดทุกวันหลังจากเลิกงานแล้ว

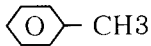


ภาพที่ 3 กระบวนการพ่นซ่อมสีรถยนต์

## 8. โทลูอีน (Toluene)

โทลูอีน เป็นสารตัวทำละลายประเภท Aromatic Hydrocarbon อยู่ในกลุ่ม Lipophilic aromatic hydrocarbon ที่มีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี มีคุณสมบัติเป็นสารไวไฟที่เสี่ยงต่อการติดไฟ และระเบิด (WHO,1985) โดยอยู่ใน Hazard class : 3.2 ไม่มีฤทธิ์กัดกร่อน มีกลิ่นหอมฉุนเล็กน้อยคล้ายกลิ่นของเบนซีน แต่ความเป็นพิษน้อยกว่า จัดเป็นสารเคมีที่มีอันตรายปานกลาง ซึ่งอยู่ใน packing group II : substance presenting medium danger ตามการจำแนกชั้นของ United Nations (กรมควบคุมมลพิษ, 2541) สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ได้ให้บทนิยามของโทลูอีนสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมไว้ว่า “โทลูอีน” หมายถึง สารอินทรีย์ที่มีสูตรเคมี  $C_6H_5CH_3$  เป็นของเหลวไวไฟ มีกลิ่นเฉพาะตัว มีจุดเดือด  $110.6\text{ }^{\circ}\text{C}$  จุดวาบไฟ  $4.4\text{ }^{\circ}\text{C}$  ละลายได้ในแอลกอฮอล์ เบนซีน และอีเทอร์ แต่ไม่ละลายน้ำ โทลูอีนเป็นตัวทำละลายที่นิยมใช้กันมากในอุตสาหกรรมทางเคมี และยา ดังนั้น โทลูอีนจึงเป็นส่วนผสมค่อนข้างสูงที่มีอยู่ในสีทาบ้าน แลคเกอร์ กาว ทินเนอร์ และ น้ำมันล้างเล็บ เมื่อสูดดมกลิ่นเข้าไปจะรู้สึกสุขสบาย เพราะเกิด euphoric effect มีอาการเมาเหมือนเมาเหล้า เกิดภาพลวงตา (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2535)

### 8.1 การบ่งลักษณะ

สูตรโมเลกุล	: $C_6H_5CH_3$
สูตรโครงสร้าง	: 
สูตรเคมี	: $C_7H_8$
น้ำหนักโมเลกุล	: 92.13
CAS registry number	: 108 - 88 - 3
RETCs registry number	: XS 5250000
CAS chemical name	: Phenylmethane
Common synonyms	: Methylbenzene
Common trade names	: Methacide, Methylbenzol, Toluol

### 8.2 คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์

ความหนาแน่น (g/ml, $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ )	: 0.8669
ความถ่วงจำเพาะ ( $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ )	: 0.8632
จุดหลอมเหลว	: $-95\text{ }^{\circ}\text{C}$ ( $-139\text{ }^{\circ}\text{F}$ )
จุดเดือด (760 mm Hg)	: $110.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ( $231\text{ }^{\circ}\text{F}$ )
ความดันไอ ( $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ )	: 28.7 mm Hg
ความหนาแน่น (Air = 1)	: 3.2

จุดวาบไฟ (closed cup)	: 4.4 °C
อุณหภูมิที่ติดไฟได้เอง	: 552 °C (896 °F)
การละลาย (solubility)	: ละลายน้ำได้น้อยมาก (535 mg/l ที่ 25°C) แต่ละลายได้ดีใน alcohol, chloroform, ether, acetone, glacial acetic acid, carbon disulfide
สารปนเปื้อน	: เบนซีน
reagent grade	: ปริมาณเบนซีนปนเปื้อนน้อยกว่า 0.01%
industrial grade (pure 98%)	: ปริมาณเบนซีนและไซลีนปนเปื้อน 2% (CEPA, 1992)
Percent in saturated air (760 mm Hg, 26 °C)	: 3.94
Density of saturated air-vapour mixture (760 mm Hg ; air = 1.26 °C)	: 1.09
Flammable limits (percent by volume in air)	: 1.17–7.10
Saturations in Air (25 °C)	: 112 g/m <sup>3</sup>
Evaporation rate (butyl acetate = 1)	: 2.24
Evaporation half life in water	: 5.18 hours (mackay and Leinonen, 1975) (depth = 1 m , 25 °C)
Extinguishant	: carbon dioxide, dry chemical, foam
Toluene 1 ppm เท่ากับ	3.77 mg/m <sup>3</sup> (ที่ 25 °C และ 760 mm Hg)

### 8.3 ลักษณะตามธรรมชาติ และในสิ่งแวดล้อมการทำงาน

โทลูอีน เป็นสารที่เกิดจากขบวนการผลิตน้ำมันจากน้ำมันดิบ ผลิตน้ำมันดิบจากถ่านหิน แก๊สธรรมชาติ ภูเขาไฟระเบิด ไฟป่า ไอเสียจากการจราจรในพื้นที่เขตเมือง กระบวนการผลิต สไตรีน และเป็นผลพลอยได้ (By-product) จากการถลุงถ่านหิน พบว่าในบรรยากาศทั่วไปที่มี ระดับสารเคมีกลุ่ม Aliphatic Compound 0.6 mg/m<sup>3</sup> และ Aromatic Compound 0.15-0.2 mg/m<sup>3</sup> มีปริมาณโทลูอีน อยู่ 0.08 mg/m<sup>3</sup> ดังนั้นจึงพบได้ในน้ำผิวดิน (Surface water) น้ำประปา และน้ำดื่มทั่วไป มีระดับความเข้มข้นโทลูอีนตั้งแต่ 1-5 µg (Pekari.K., 1994)

ในช่วงหลังศตวรรษที่ 19 แหล่งหลักในการผลิตโทลูอีน คือ ผลพลอยได้ (By-product) ของอุตสาหกรรมถ่านหินซึ่งได้โทลูอีนจาก gas และ coal tar แต่หลังจากสงครามโลกครั้งที่ 2 การผลิต โทลูอีน จากผลพลอยได้ของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีมีจำนวนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การผลิตโทลูอีนจาก อุตสาหกรรม ถ่านหิน และโค้กมีปริมาณลดลง ปัจจุบันการผลิตโทลูอีนมีอยู่ 3 วิธี คือ



- 1) จากกระบวนการ catalytic reforming ในการกลั่นปิโตรเลียม ซึ่งมีจำนวนมากถึง 87% ของการผลิตโทลูอิน
- 2) จากการแยกตัวของกระบวนการ Pyrolysis gasoline ในการผลิต ethylene และ propylene ประมาณ 9%
- 3) จากผลพลอยได้ของอุตสาหกรรมอื่นๆ ซึ่งมีปริมาณ 4%

ในสหรัฐอเมริกา ประเทศยุโรปตะวันออก และญี่ปุ่น มีการผลิตโทลูอินในปริมาณมากกว่า 5 ล้านตันต่อปี (ประมาณ 1 ใน 3 ของการผลิตเบนซิน) เพื่อใช้เป็นสารตัวทำละลายในอุตสาหกรรมการผลิตหลายประเภททั่วโลก ได้แก่ อุตสาหกรรมเคมี เวชภัณฑ์ต่างๆ ผลิตภัณฑ์สีย้อมผ้า หมึกพิมพ์ น้ำมันเคลือบสี การฟอกหนัง อุตสาหกรรมพลาสติก และ เรซิน เส้นใยสังเคราะห์ หนังเทียม น้ำยาเคลือบกระดาษ น้ำมันขัดเงา น้ำยาเคลือบภาชนะ อุตสาหกรรมผลิตเชื้อเพลิงอากาศยาน อุตสาหกรรม ปิโตรเคมี ผลิตภัณฑ์ Gasolin ใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์สารเคมีหลายตัว เช่น Benzoic acid, Benzaldehyde, di-isocyanate, Phenol, Vinyl toluene, Saccharine, น้ำหอม ฯลฯ รวมทั้งใช้เป็นสารทดแทนเบนซิน ซึ่งมีอันตรายต่อสุขภาพคนทำงานมากกว่า

รายงานการแพร่กระจายของโทลูอิน จำนวนมากกว่า 6 ล้านตัน ในสิ่งแวดล้อมโลก ส่วนใหญ่อยู่ในรูปแอมโมเนีย และประมาณ 1-1.5 ล้านตัน มาจากก๊าซและเชื้อเพลิง ตลอดปีสำหรับโทลูอินในบรรยากาศของเมืองใหญ่ ร้อยละ 91 มาจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในครัวเรือนและเป็นสาเหตุสำคัญของการเพิ่มปริมาณโทลูอินในบรรยากาศ นอกจากนี้ พบว่า ร้อยละ 12.2 ของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในครัวเรือน 1,393 ชนิด เช่น สเปรย์ปรับอากาศ สีทาบ้าน น้ำยาเคลือบเงา น้ำมันขัดเงา กาว น้ำยากันสนิม ฯลฯ มีโทลูอิน ตกค้างอยู่ ข้อมูลทางอาชีวอนามัยระบุมีผู้ทำงานสัมผัสโทลูอิน ประมาณ 4 ล้านคนทั่วโลกและได้รับเข้าสู่ร่างกายส่วนใหญ่ทางการหายใจ

สำหรับในประเทศไทยนั้น การผลิต การนำเข้า การส่งออก และการมีโทลูอินไว้ในครอบครองจะต้องได้รับใบอนุญาตจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งได้กำหนดให้โทลูอินเป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 3 ตาม พรบ. วัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 โทลูอินที่ใช้ในประเทศไทย ส่วนใหญ่ได้จากการนำเข้าจากต่างประเทศ ได้แก่ ประเทศญี่ปุ่น มาเลเซีย สิงคโปร์ ไต้หวัน สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน สหราชอาณาจักร สหรัฐอเมริกา สาธารณรัฐประชาชนจีน เนเธอร์แลนด์ อิตาลี ออสเตรเลีย ฮองกง ปากีสถาน สวิสเซอร์แลนด์ และเบลเยียม ซึ่งปริมาณนำเข้าโดยรวมตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2521-2541 มีแนวโน้มที่จะสูงขึ้น โดยมีปริมาณการนำเข้าสูงสุดในปี พ.ศ. 2537 และเมื่อพิจารณาในช่วงหลังปี พ.ศ. 2537 พบว่าปริมาณนำเข้าโทลูอินมีแนวโน้มที่ลดลง เนื่องจากประเทศไทยประสบกับภาวะเศรษฐกิจตกต่ำ ส่งผลให้โรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ลดการผลิตลง ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สถิติปริมาณการนำเข้าโพลูอิน ปี พ.ศ. 2521-2541

ปี พ.ศ.	ปริมาณนำเข้า (กิโลกรัม)	มูลค่า (บาท)
2521	14,852,362	58,873,870
2522	20,475,957	146,452,248
2523	11,579,483	116,153,099
2524	17,416,437	198,263,255
2525	15,724,422	160,019,928
2526	23,201,484	217,748,684
2527	21,005,950	291,184,461
2528	22,486,847	237,711,245
2529	29,374,714	206,602,104
2530	41,753,549	281,247,354
2531	37,738,676	287,791,067
2532	51,601,661	497,491,923
2533	64,413,098	662,954,146
2534	51,043,646	500,988,252
2535	69,563,783	551,063,133
2536	81,946,855	617,827,147
2537	84,786,626	672,593,521
2538	69,936,904	541,534,070
2539	64,006,764	474,051,946
2540	35,239,962	307,112,424
2541	25,955,598	247,975,838

ที่มา : กรมศุลกากร, 2521-2541.

#### 8.4 การใช้ประโยชน์

โพลูอิน เป็นสารทำลายตัวหนึ่งที่ใช้มากในอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังใช้เป็นวัตถุติดสำหรับปฏิกิริยาสังเคราะห์ทางเคมีต่างๆ พอสรุปได้ดังนี้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2541)

1) ใช้เป็นสารตัวทำลาย (Solvent) หรือ ทินเนอร์ (thinner) ในอุตสาหกรรมสี ฟันรยนต์ สีทาบ้าน สีเคลือบ สีย้อมผ้า น้ำมันเคลือบสี น้ำมันขัดเงา แล็กเกอร์ เรซิน กาว ยาเคมี ยาง พลาสติก พรหมน้ำมัน และการทำเครื่องเรือน

2) ใช้เป็นวัตถุติดตั้งต้น และเป็น Intermediate ในอุตสาหกรรมอินทรีย์เคมี อุตสาหกรรมสารสังเคราะห์สารเคมี และผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม เช่น ใช้ผลิตเบนซีน ฟีนอล กรดเบนโซอิก ซัคคาริน โทลูอินไดไอโซไซยานาเท หัวน้ำหอม ยาฆ่าแมลง และวัตถุระเบิด โดยเฉพาะ TNT

- 3) ใช้ในอุตสาหกรรมหนังเทียม เส้นใย การเคลือบกระดาษ และหมึกพิมพ์
- 4) ใช้เป็นองค์ประกอบในสูตรผสมน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องบิน และเครื่องยนต์บางชนิด
- 5) ใช้เป็นสารขจัดหรือล้างสี (paint remover)
- 6) ใช้เป็นสารเติมแต่ง (additive) ในเครื่องสำอางค์
- 7) ใช้สกัดสารจากพืช
- 8) ใช้ทำความสะอาดในโรงงานอุตสาหกรรม

เนื่องจากการใช้สารเคมีมากในโรงงานอุตสาหกรรมและโทลูอินระเหยง่าย ดังนั้นในกระบวนการต่างๆ ที่ใช้โทลูอินจึงควรมีการระบายอากาศในที่ทำงานให้ดี เพื่อลดการได้รับสัมผัสของผู้ใช้สารให้น้อยที่สุด และในการขนย้ายก็ต้องระวังการหก (spillage) ด้วย ที่อุณหภูมิปกติ โทลูอินจะระเหยให้ไอระเหยที่ติดไฟง่ายมากจึงต้องระวังการติดไฟไหม้ และการระเบิดด้วย ถ้าภาชนะที่บรรจุโทลูอินจะต้องถูกเชื่อมหรือติดโดยใช้เปลวไฟจะต้องขจัดล้างไอระเหยทั้งหมดออกก่อน เพื่อป้องกันการระเบิด นอกจากนี้โทลูอินยังเป็นสารทำลายตัวหนึ่งที่ถูกเสพติดใช้สำหรับสูดดม เสพติด (sniffed) ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงการสูดดมสารโทลูอินเป็นเวลานาน ๆ (กรรณิการ์ ฉัตรสันติประภา, 2546)

### 8.5 การเข้าสู่สิ่งแวดล้อม

พืชบางชนิดเป็นแหล่งปล่อยโทลูอินออกสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ แต่แหล่งสำคัญที่แพร่กระจายออกสู่สิ่งแวดล้อม (สำนักงานมอก., 2535) ได้แก่

- 1) ยานพาหนะที่ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ ท่อไอเสียของเครื่องบิน การระเหยออกจากสถานีบริการในระหว่างการเติมน้ำมัน การหกรด และควันทันควัน ประมาณ 65%
- 2) การระเหยจากแหล่งอุตสาหกรรมที่มีการใช้โทลูอิน 33%
- 3) การระเหยจากแหล่งผลิตโทลูอิน 2%

แหล่งต่างๆ เหล่านี้ทำให้โทลูอินฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศ บางส่วนก็ปนเปื้อนออกมากับน้ำทิ้งปะปนอยู่ในแหล่งน้ำ บางส่วนตกค้างอยู่ในดิน และบางส่วนสะสมอยู่ในห่วงโซ่อาหาร

### 8.6 ปริมาณความเข้มข้นที่พบในธรรมชาติ

โทลูอินแพร่กระจายในสิ่งแวดล้อม ดังต่อไปนี้

- 1) อากาศ โทลูอินเข้าสู่สิ่งแวดล้อมโดยการระเหยเข้าสู่บรรยากาศ เป็นปริมาณมากที่สุดเนื่องจากโทลูอินมีค่าครึ่งชีวิตในอากาศ (half-life) ประมาณ 12.8 ชั่วโมง เมื่อโทลูอินเข้าสู่บรรยากาศจึงเปลี่ยนรูปได้ง่าย และอยู่ในบรรยากาศไม่นานเพียงพอที่จะกำจัดออกโดยวิธีกล เช่น การตกตะกอน (precipitation) หรือ การตกตะกอนแห้ง (dry deposition) ส่วนช่วงชีวิต (life time)

ของโพลูอินจะเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล คือ มีค่าชีวิต 4 วันในฤดูร้อน และ 1 เดือนในฤดูหนาว ซึ่งส่งผลให้ความเข้มข้นของโพลูอินในบรรยากาศมีค่าสูงในฤดูหนาว ดังที่มีการศึกษาในประเทศอินเดียพบว่าค่าเฉลี่ยของโพลูอินในฤดูหนาวสูงถึง  $1,133.76 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ส่วนความเข้มข้นของโพลูอินในฤดูใบไม้ร่วง ซึ่งทำการศึกษาใน Los Angeles มีค่าเฉลี่ยประมาณ  $0.037 \mu\text{g}/\text{m}^3$

นอกจากนี้ความเข้มข้นของโพลูอินในบรรยากาศยังเกี่ยวข้องกับการปล่อยไอเสียของรถยนต์ กล่าวคือ จากการศึกษาในเมือง Toronto แสดงว่าความหนาแน่นของการจราจรมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของโพลูอินในบรรยากาศ โดยมีความเข้มข้นของโพลูอินในย่านธุรกิจ  $113 \mu\text{g}/\text{m}^3$  สำหรับใน Los Angeles ความเข้มข้นของโพลูอินในย่านธุรกิจมีค่าประมาณ  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $1.13 \times 10^{-7} \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ส่วนความเข้มข้นของโพลูอินในบรรยากาศภูมิภาคต่างๆ ทั่วโลกมีค่าเฉลี่ยประมาณ  $0-0.75 \mu\text{g}/\text{m}^3$

คนที่อาศัยอยู่ในเขตต่างๆ จะได้รับโพลูอินเข้าสู่ร่างกายภายใต้สภาวะที่แตกต่างกัน ดังสรุปไว้ในตารางที่ 5 จากข้อมูลในตารางที่ 5 แสดงว่ากลุ่มผู้ประกอบอาชีพ อาทิเช่น คนงานในโรงพิมพ์ ช่างทำรองเท้า จะได้รับโพลูอินในปริมาณความเข้มข้นสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ

ตารางที่ 5 การรับโพลูอินเข้าสู่ร่างกายภายใต้สภาวะที่แตกต่างกัน

การเข้าสู่ร่างกาย	ความเข้มข้น	ความถี่ของการได้รับโพลูอิน	ปริมาณโพลูอินที่ได้รับ (mg/week)
<b>กลุ่มประชาชนทั่วไป</b>			
- ทางการหายใจ			
ในเขตเมือง	$0.1-204 \mu\text{g}/\text{m}^3$	168 hours/week	0.02-32
พื้นที่ในเขตชนบท	น้อย- $3.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$	168 hours/week	น้อย-0.6
พื้นที่ที่อยู่ใกล้กับแหล่งผลิตและใช้โพลูอิน	$0.1-600 \mu\text{g}/\text{m}^3$	168 hours/week	0.02-94
- ทางปาก			
น้ำดื่ม	$0-19 \mu\text{g}/\text{m}^3$	2 litre/day	0-0.3
อาหาร(ปลา)	$0-1 \text{ mg}/\text{m}^3$	6.5 g/day	0-0.45
<b>กลุ่มผู้ประกอบอาชีพ</b>			
- ทางการหายใจ	$377 \text{ mg}/\text{m}^3$	40 hours/week	18,100
- ทางผิวหนัง	$0-170 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0-30 min/week	0-1.0
<b>กลุ่มผู้สูบบุหรี่</b>			
- ทางการหายใจ	$0.1 \text{ mg}/\text{cigarette}$	20 cigarettes/day	14

ที่มา : WHO, 1985.

สำหรับการศึกษาความเข้มข้นของโกลูอินในบรรยากาศของสถานประกอบการต่างๆ ที่มีอยู่ในประเทศไทยนั้น นับว่ามีพอสมควร แต่ส่วนใหญ่จะมีขอบเขตจำกัดในส่วนของวิธีการเก็บตัวอย่างและจำนวนตัวอย่าง ในปี 2526 กองอาชีวอนามัย (กรมอนามัย, 2526) ได้ศึกษาปริมาณโกลูอินในห้องพิมพ์พื้นเรียบ กองการพิมพ์ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างอากาศแบบติดตั้งกับพื้นที่ โดยใช้ charcoal tube จำนวน 18 ตัวอย่าง พบว่า ความเข้มข้นของ โกลูอินในห้องพิมพ์ช่วงเวลาก่อนทำงานมีค่าระหว่าง 1-3 ppm ค่าเฉลี่ย 2 ppm ส่วนในช่วงเวลาทำงาน 8 ชั่วโมง มีค่าระหว่าง 12-30 ppm ค่าเฉลี่ย 24 ppm สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2521) ศึกษากลิ่นในอากาศที่เกิดจากการใช้สีในการพ่นสีรถยนต์ ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศที่เก็บโดยวิธีการใช้ Syringes ดูอากาศจากปล่องเหนือห้องพ่นสี พบว่า กลิ่นในอากาศเกิดจากสาร 3 ตัวในทินเนอร์เป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ เอทธิลอะซิเตต โกลูอิน และไซลีน ปริมาณโกลูอินจากห้องพ่นสี ห้องพักรถ และห้องอบรถ เท่ากับ 167 ppm, 23 ppm และ 8 ppm ตามลำดับ ซึ่งโกลูอินจะมีความเข้มข้นสูงสุดในห้องพ่นสี

อวยชัย บุญมีพิพิธ (2530) ทำการศึกษาหาความเข้มข้นของโกลูอินในบรรยากาศของโรงพิมพ์ 2 แห่ง โดยใช้ charcoal tube ในการเก็บตัวอย่างแบบติดตั้งกับพื้นที่ จำนวน 40 ตัวอย่าง พบว่า ความเข้มข้นของโกลูอินในบรรยากาศตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง โดยเฉลี่ยของโรงพิมพ์ เอ. และโรงพิมพ์ บี. เท่ากับ 7.43 ppm และ 47.88 ppm ตามลำดับ

วิทยา บัวประเสริฐ (2534) ได้รายงานการศึกษาความเข้มข้นของโกลูอินในโรงงานทำรองเท้า และโรงงานทำพื้นรองเท้า พบว่าความเข้มข้นของโกลูอินในโรงงานทำรองเท้า บริเวณจุดที่ 1 และจุดที่ 2 เท่ากับ 11.8 ppm และ 17.7 ppm ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นของโกลูอินในโรงงานทำพื้นรองเท้า บริเวณจุดที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 296.7 ppm และ 206.4 ppm ตามลำดับ

อัจฉรา ทองภู (2541) ศึกษาการสัมผัสโกลูอินของพนักงานในโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ ความเข้มข้นของโกลูอินในบรรยากาศบริเวณสำนักงานบริเวณที่มีการเคลื่อนเบา และบริเวณที่ทำการพ่นสีเคลือบ มีค่าเท่ากับ  $4.29 \text{ mg/m}^3$ ,  $15.90 \text{ mg/m}^3$  และ  $45.90 \text{ mg/m}^3$  ตามลำดับ

สมศักดิ์ ฟองสุภา (2542) ศึกษาปริมาณของโกลูอินในโรงงานผลิตลูกบอลพลาสติก พบว่าปริมาณของโกลูอินในบรรยากาศบริเวณที่ทำงาน มีค่าอยู่ระหว่าง 51.71-293 ppm

2) น้ำ จากการศึกษาปริมาณโกลูอินในน้ำชายฝั่งทะเล บริเวณอ่าวเม็กซิโก สรุปได้ว่าโกลูอินจะมีระดับต่ำในน้ำทะเล คือ มีค่าอยู่ระหว่าง 4.5-376  $\mu\text{g/l}$  และจากการตรวจบ่อน้ำในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า 85% ของแหล่งน้ำตรวจพบโกลูอินที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า 10  $\mu\text{g/l}$  ส่วนน้ำผิวดินมีเพียง 17% ที่พบความเข้มข้นของโกลูอินสูงกว่า 10  $\mu\text{g/l}$  (WHO, 1985) นอกจากนี้ได้มีการตรวจพบโกลูอินในแหล่งน้ำดิบ และน้ำที่ผ่านการใช้แล้วในชุมชนหลายแห่งของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าเกิดจากคลอรีนที่เติมลงไปในการบำบัดน้ำเสียไม่สามารถจับกับโกลูอินได้

3) ดิน โทลูอินที่ตกค้างในดินจะเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ย่อยสลายเปลี่ยนรูป และกลับเข้าสู่อากาศและแหล่งน้ำ นอกจากนี้โทลูอินสามารถผ่านชั้นทรายไปปนเปื้อนน้ำใต้ดิน ซึ่งเป็นแหล่งของน้ำดื่มได้ ดังที่มีการศึกษาพบโทลูอินที่ระดับความลึก 75 - 250 เซนติเมตร ของดินในบริเวณสถานีบริการเติมน้ำมัน เป็นปริมาณ 0.35 g/kg (Morgan and Watkinson, 1990)

### 8.7 การเข้าสู่ร่างกาย และกลไกการเปลี่ยนแปลงในร่างกาย

โทลูอินเข้าสู่ร่างกายทางปอดจากการหายใจและดูดซึมเข้าได้บ้างทางผิวหนัง (limited degree) และทางปากขณะกินอาหารหรือสูบบุหรี่ โดยใช้มือที่ปนเปื้อน แต่ส่วนใหญ่จะได้รับโดยการหายใจเอาไอระเหยเข้าไปเป็นทางหลัก มีค่าครึ่งชีวิตในร่างกาย (biological half-life) เพียง 3-4 ชั่วโมง ดังนั้นหากหยุดการได้รับเข้าก็จะถูกขับออกจากร่างกายได้อย่างรวดเร็ว ปริมาณ (dose) ที่ดูดซึมเข้าสู่ร่างกายมีน้อยกว่า 10% ที่จะถูกขับออกทางลมหายใจออกโดยไม่เปลี่ยนแปลงรูป (กรรณิการ์ ฉัตรสันติประภา, 2546)

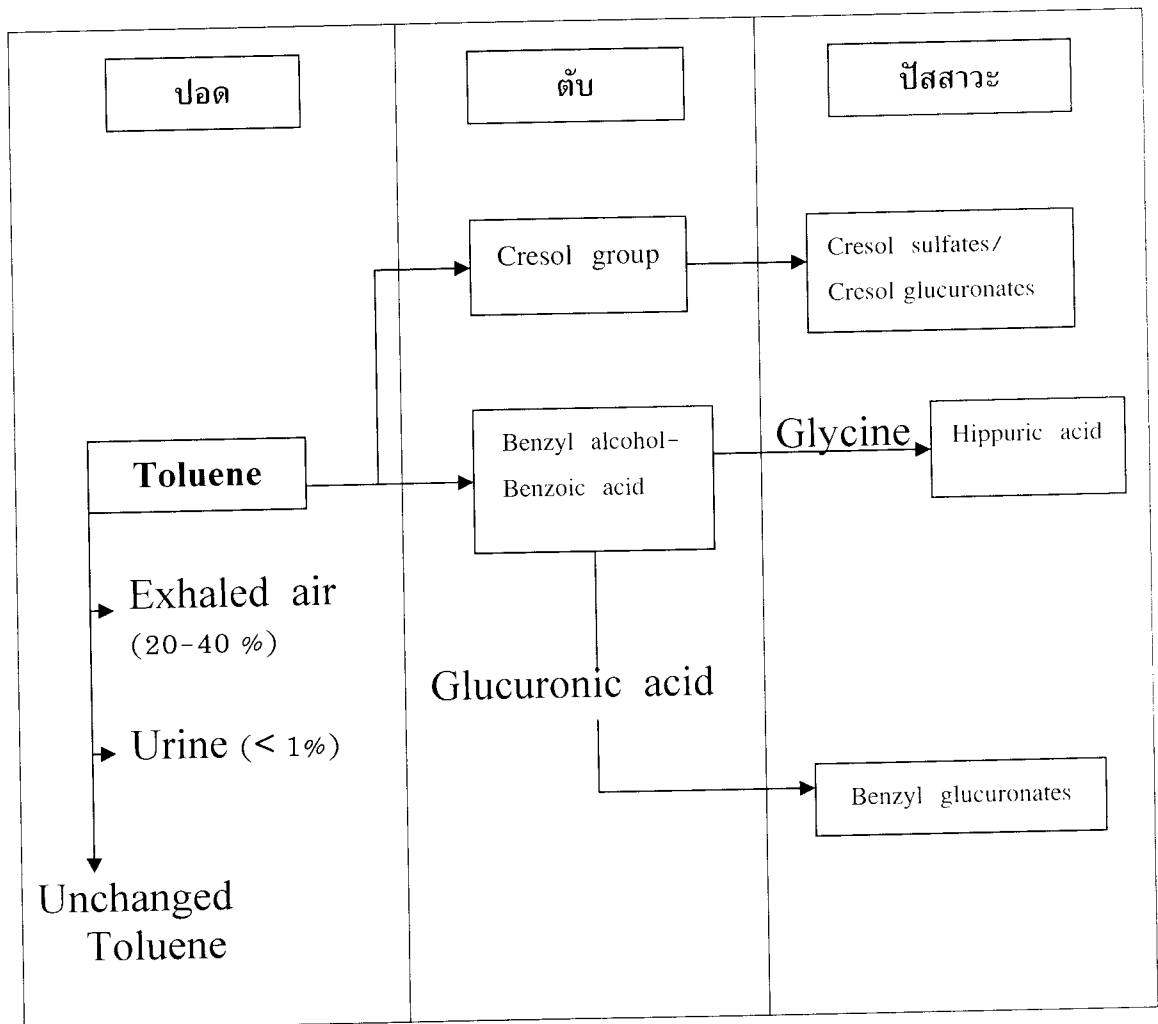
โทลูอินมีความสามารถสูงในการซึมผ่านระบบทางเดินหายใจ สำหรับมนุษย์อัตราการดูดซึมผ่านระบบทางเดินหายใจ อยู่ระหว่าง ร้อยละ 40 ถึงร้อยละ 60 โดยซึมผ่านถุงลมปอดเข้าสู่กระแสเลือดภายใน 10-15 นาทีและกระจายไปในเนื้อเยื่อทั่วร่างกาย เมื่อคนงานได้รับโทลูอิน ความเข้มข้น 72.314 ppm ในบรรยากาศการทำงาน เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ติดต่อกันปอดสามารถบรรจุโทลูอิน เท่ากับร้อยละ 53.3 ส่วนจากการสัมผัส การดูดซึมผ่านผิวหนัง โทลูอินในรูปของเหลวจะดูดซึมผ่านผิวหนังได้มากกว่าไอระเหย ด้วยอัตรา 14 - 23 mg/cm<sup>2</sup>/hrs แต่อัตราการดูดซึมในระบบทางเดินอาหารจะช้ากว่า

หลังจากการดูดซึมแล้วโทลูอินจะกระจายไปทั่วร่างกายอย่างรวดเร็ว พบมากบริเวณเนื้อเยื่อไขมัน โดยพบว่าเนื้อเยื่อที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบอยู่มากจะมีความเข้มข้นของโทลูอินสูงกว่าในเลือดถึง 80 เท่า รองลงมาได้แก่ ไชกระดูก ต่อมหมวกไต ไต ตับ สมอง และเลือดตามลำดับ โดยเฉพาะสมองซึ่งเป็นอวัยวะที่มีไขมัน และเลือดไปเลี้ยงมากจะพบโทลูอินในระดับสูง

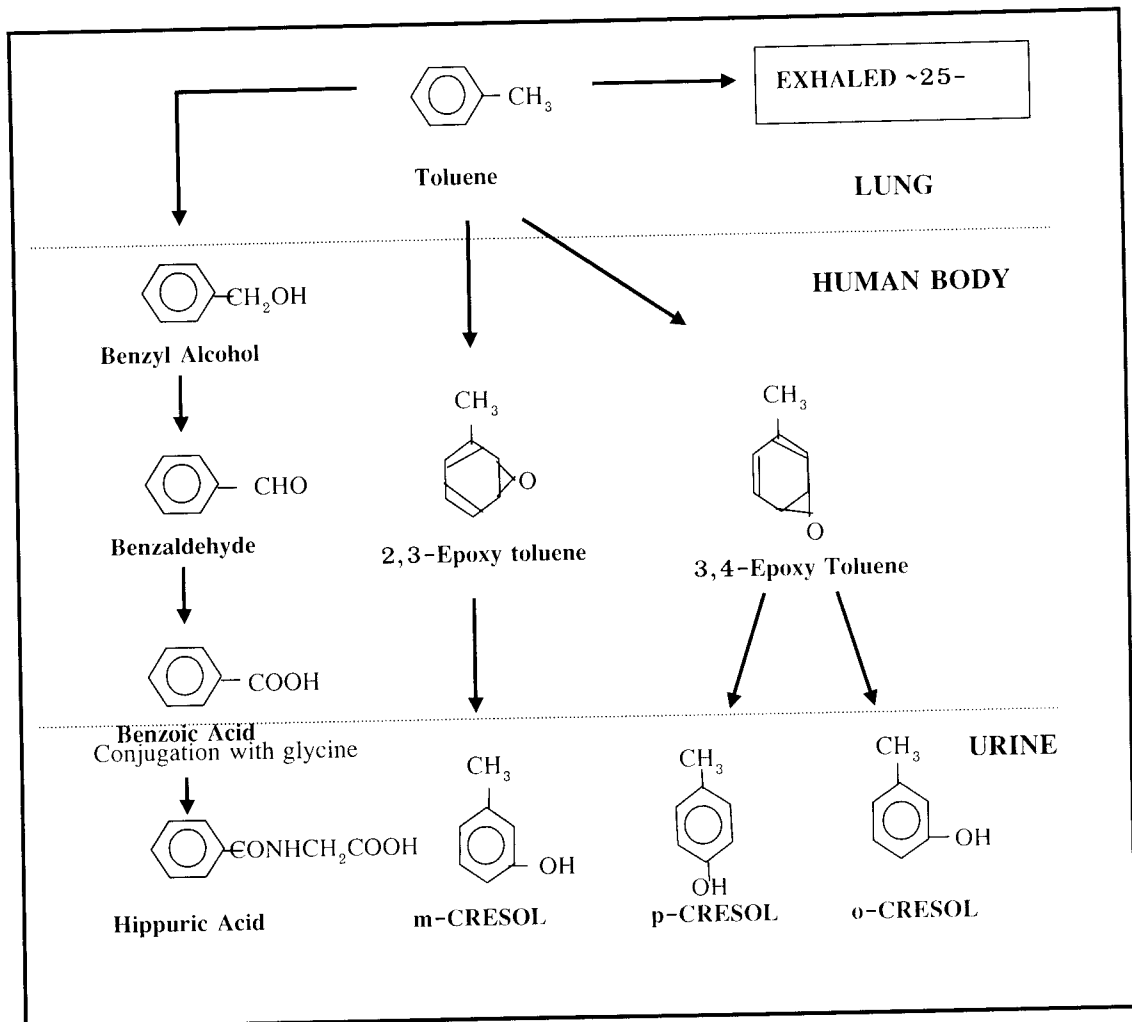
ร้อยละ 80-85 ของโทลูอินที่เข้าสู่ร่างกายจะผ่านกระบวนการเปลี่ยนแปลงในร่างกาย ด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชันและไฮดรอกซิเดชัน เป็น benzyl alcohol และ benzoic acid (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>COOH) โดยเอนไซม์ Microsomal mixed Function oxidase ในตับ และสุดท้ายจะรวมตัวกับ Glycine ขับถ่ายออกทางปัสสาวะในรูปของกรตฮิพิวริก (hippuric acid) (ศศินัดดา สุวรรณโณ, 2545) โทลูอินส่วนใหญ่ถูกขับออกจากร่างกายทางปัสสาวะภายใน 12 ชั่วโมง และการขจัดโทลูอิน และอนุพันธ์ออกจากร่างกายจะสมบูรณ์ภายใน 24 ชั่วโมง (วิลาวัณย์ จึงประเสริฐ, สุรจิต สุนทรธรรม, 2542 : 183) ดังสมการ (กรมควบคุมมลพิษ, 2541)



สำหรับที่เหลือ ประมาณร้อยละ 10-20 ของโทลูอีน ที่ดูดซึมเข้าร่างกายถูกเปลี่ยนแปลงและขับออกจากร่างกายในรูปของ Benzoyl glucuronide บางส่วน ประมาณร้อยละ 1-2 ของโทลูอีน ทำปฏิกิริยาโดยการเติมกลุ่มไฮดรอกซี (Hydroxylation) เปลี่ยนเป็น Ortho, Meta, Para-Cresol แล้วขับถ่ายออกทางปัสสาวะในรูปที่มี Sulphate หรือ Glucuronide เป็นองค์ประกอบ โดยที่ช่วงเวลาคึ่งชีวิตของโทลูอีนในเนื้อเยื่อไขมันใต้ผิวหนัง จะอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 2.7 วัน (ศศินันดา สุวรรณโณ, 2545)



ภาพที่ 4 กระบวนการเปลี่ยนแปลงโทลูอีนในร่างกายมนุษย์



ภาพที่ 5 แสดงขั้นตอนการเกิด Metabolic ของ Toluene (The metabolic pathway of toluene)

การตรวจวัดการรับสัมผัสสารในช่วงเวลาสั้น ๆ ควรวัดระดับสารนี้ในลมหายใจและในเส้นเลือด ถ้าตรวจวัดเพื่อประเมินการสัมผัสเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงาน ณ ความเข้มข้นมากกว่า 100 ppm ( $375 \text{ mg/cm}^3$ ) ควรตรวจระดับความเข้มข้นเฉลี่ยกรดฮิปพิวริก (hippuric acid) ในปัสสาวะจากผู้ทำงานสัมผัสหลังเลิกงาน (End of Shift) ระดับความเข้มข้นเฉลี่ยที่ต่ำกว่า 2,000 mg/g Cr แสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของโทลูอีนในบรรยากาศ อาจต่ำกว่า 100 ppm และควรมีการตรวจระดับ O-Cresol ในปัสสาวะเพื่อยืนยันการสัมผัสสารนี้ในระดับความเข้มข้นต่ำต่อไป

การได้รับสารตัวทำละลายอินทรีย์เคมีหลายชนิดพร้อมกัน มีผลขัดขวางกระบวนการเปลี่ยนแปลงของสารเหล่านี้ในร่างกาย เช่น ได้รับเบนซีน และโทลูอีน ณ ระดับความเข้มข้นต่ำกว่า 50 ppm พร้อมกัน สารตัวทำละลายทั้ง 2 ชนิดจะขัดขวางกระบวนการเปลี่ยนแปลงของกันและกัน ในลักษณะเดียวกันกับการได้รับโทลูอีนกับไซลีน ณ ระดับความเข้มข้น 80 ppm และ 95 ppm ขณะที่การได้รับโทลูอีนและไซลีน ณ ระดับความเข้มข้นต่ำจะไม่เกิดปฏิกิริยาดังกล่าว นอกจากนี้



ยา และสารเคมีบางชนิด เช่น Paracetamol และ Ethanol ที่ปริมาณมากพอจะขัดขวางกระบวนการเปลี่ยนแปลงของโกลูอินของร่างกายด้วย (ศศินันดา สุวรรณโณ, 2545)

### 8.8 กลิ่น

ปริมาณน้อยที่สุดของโกลูอินในอากาศที่คนเริ่มได้กลิ่น (The odor threshold) มีค่าประมาณ 2.5 ppm (กรมควบคุมมลพิษ, 2541) ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นปริมาณที่น้อยมาก

### 8.9 ความเป็นพิษของโกลูอิน

#### 1) ความเป็นพิษต่อสัตว์ทดลอง

พิษเฉียบพลันเป็นอาการที่เกิดภายหลังได้รับโกลูอินในระดับสูงความเป็นพิษเฉียบพลันของโกลูอินต่อสัตว์ทดลอง แสดงไว้ในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ความเป็นพิษแบบเฉียบพลันของโกลูอินที่มีต่อสัตว์ทดลอง

ชนิดของสัตว์ทดลอง	ลักษณะความเป็นพิษ	ปริมาณที่ก่อให้เกิดพิษ(dose)
หนู (rat)	Oral LD <sub>50</sub>	5,000 mg/kg
หนู (rat)	Ip LD <sub>50</sub>	1,640 mg/kg
กระต่าย (rabbit)	Dermal LD <sub>50</sub>	14,000 mg/kg
หนู (rat)	Inhal LC <sub>Lo</sub>	4,000 ppm in 4 hours
หนู (mice)	Inhal LC <sub>50</sub>	5,300 ppm in 7 hours
หนู (rat)	ตายภายใน 30-50 นาที	20,000 ppm

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2541.

#### หมายเหตุ

- Oral LD<sub>50</sub> = ปริมาณสารพิษที่เข้าไปโดยทางปาก ซึ่งทำให้สัตว์ทดลองตายไป 50%
- Ip LD<sub>50</sub> = ปริมาณสารพิษที่เข้าไปโดยการฉีดเข้าช่องท้อง ซึ่งทำให้สัตว์ทดลองตายไป 50%
- Dermal LD<sub>50</sub> = ปริมาณสารพิษที่เข้าไปโดยทางผิวหนังซึ่งทำให้สัตว์ทดลองตายไป 50%
- Inhal LD<sub>Lo</sub> = ปริมาณต่ำสุดของสารพิษ ซึ่งทำให้สัตว์ทดลองที่หายใจเข้าไปตาย
- Inhal LC<sub>50</sub> = ปริมาณสารพิษที่เข้าไปโดยการหายใจ ซึ่งทำให้สัตว์ทดลองตายไป 50%

## 2) ความเป็นพิษต่อคน

พิษวิทยาในมนุษย์ส่วนใหญ่จะศึกษาจากการรับสัมผัสทางการหายใจ ทั้งในห้องทดลอง การสัมผัสจากการประกอบอาชีพและ/หรือในสถานการณ์ที่มีการใช้สารตัวทำลายที่มีไอโกลูอินเป็นส่วนประกอบอย่างไม่ถูกต้อง

เนื่องจากสมองเป็นอวัยวะเป้าหมายของสารกลุ่มตัวทำลายอินทรีย์ รวมทั้งไอโกลูอิน ดังนั้นอาการผิดปกติที่เกิดขึ้นภายหลังได้รับไอโกลูอิน จึงมีอาการทางระบบประสาทเป็นหลัก อาการระยะแรกรู้สึกเคลิบเคลิ้ม ผื่นหวาน (Euphoria) ปวดศีรษะ มึนงง และเดินเซ หลังจากนั้นเกิดการกดการทำงานของสมองใหญ่ ทำลายสมอง มีอาการของ Organic brain syndrome หากได้รับการติดต่อกันเป็นระยะเวลาสั้น สมองถูกทำลายอย่างถาวร มีคลื่นสมองผิดปกติ เดินโซเซ ตัวสั่น นัยน์ตากระตุก พุดไม่ชัด ประสาทหูเสื่อม สมรรถภาพการมองเห็นเสื่อมลง สมองฝ่อ จากการตรวจด้วย Magnetic resonance imaging พบความผิดปกติในโครงสร้างสมอง และก้านสมอง

ระดับความเข้มข้นในบรรยากาศมีความสัมพันธ์กับลักษณะทางคลินิก ดังนี้

- ได้รับปริมาณต่ำ (40 ppm) ติดต่อกัน 6 ชั่วโมง ไม่พบความผิดปกติ แต่การสัมผัสความเข้มข้น 100 ppm นาน 6-6.5 ชั่วโมง พบมีอาการอ่อนเพลีย ปวดศีรษะ ง่วงนอน คลื่นไส้ ความสามารถที่ต้องใช้ทักษะลดลง ความสามารถในการมองเห็นและแยกสีลดลง ไม่สามารถคำนวณตัวเลขง่ายๆ ได้

- ได้รับปริมาณปานกลาง (200-300 ppm) ณ ระดับความเข้มข้นสูง 200 ppm ติดต่อกันนาน 8 ชั่วโมง มีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง (CNS depressant) อาการสำคัญ ได้แก่ มีอาการอ่อนล้า สับสน รู้สึกชาตามผิวหนัง จมูกชา ลดความสามารถในการรับกลิ่น ปวดศีรษะ มึนงง กล้ามเนื้ออ่อนแรง เชื่องซึม หมดสติ และไม่รู้สึกร่างกาย มีปัญหาด้านประสาท เกิดอาการเหมือนถูกสะกดจิต มีอารมณ์เร่รัง เป็นสุข ปิติยินดี มึนงง หลังจากนั้นจะหมดสติ

- ได้รับปริมาณสูง มีอาการทางระบบประสาทเป็นหลัก ได้แก่ ผื่นหวาน ตื่นเต้น ปวดศีรษะ วิงเวียน มึนงง อ่อนเพลีย คลื่นไส้ กระวนกระวาย นอนไม่หลับ เดินเซ หมดสติ ถ้าไปกดการทำงานของสมองจะมีอาการเคลิ้ม หมดสติ เสียชีวิต (กองอาชีวอนามัย, 2545)

ตารางที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้นของโทลูอีนในบรรยากาศกับลักษณะทางคลินิก

ความเข้มข้นของโทลูอีนใน บรรยากาศ(ppm)	ผลต่อสุขภาพระยะสั้น
2.5	เริ่มได้กลิ่น
30	ไม่ปรากฏอาการ
50-100	ปวดศีรษะเล็กน้อย ซึม
200-500	เวียนศีรษะ เคียงตา สับสน
600-1,000	คลื่นไส้ สับสน ควบคุมตัวเองไม่ได้ กล้ามเนื้อเปื่อย
2,000-4,000	หมดสติมีอันตรายต่อชีวิต
> 10,000	ได้รับเป็นเวลานานๆ ถึงเสียชีวิตได้

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2541

**อันตรายเฉียบพลัน (Acute Effects)** หมายถึง อันตรายและ/หรือความเป็นพิษของสารแปลงปลอมที่ร่างกายแสดงอาการอย่างรวดเร็วทันทีทันใดหรือภายใน 7 วัน หลังการได้รับสารนั้นๆ โดยโทลูอีน มีฤทธิ์เฉียบพลันกดระบบประสาทส่วนกลางได้รุนแรงกว่าเบนซีน (กรรณิการ์ นัทรสันติประภา, 2546) ซึ่งความเป็นพิษเฉียบพลันที่มีต่อคน ได้แก่

- ระคายเคืองผิวหนัง มีผิวหนังแห้ง คัน และอักเสบ
- ระคายเคืองตาเมื่อสัมผัส
- ไอระเหย ระคายเคืองทางเดินหายใจ หลอดลมอักเสบ หดเกร็ง อาจเกิดภาวะน้ำท่วมปอด และเสียชีวิตจากกระบวนการหายใจล้มเหลว กรณีสำลักเข้าปอดทำให้เกิดปอดอักเสบได้
- การตื้นหัวใจผิดปกติ อาจมีหัวใจวายเฉียบพลัน
- การรับประทานทำให้คลื่นไส้ อาเจียน ท้องร่วง และหมดสติ

ตารางที่ 8 ความเป็นพิษแบบเฉียบพลันของโทลูอีนที่มีต่อคน

ปริมาณความเข้มข้น (ppm)	ระยะเวลาที่สัมผัส (ชั่วโมง)	ผลที่เกิดขึ้น
40	6	ไม่พบความผิดปกติ
50-100	-	มีอาการเหนื่อยล้า ง่วง เชื่องซึม
100	6-6.5	มีอาการอ่อนเพลีย ปวดศีรษะ ง่วงนอน คลื่นไส้ การมองเห็นและการมองแยกสีไม่ชัด ไม่สามารถทำงานที่ต้องการตามความถนัด และคำนวณเลขง่าย ๆ ได้
200	8	เกิดอาการระคายเคืองคอ และตา มีอาการชาที่ผิวหนัง ปวดหัว มึนงง เหนื่อยล้า อ่อนเพลีย เกิดอาการนอนไม่หลับ และกระวนกระวาย
300	8	เกิดอาการข้างต้น และเกิดความไม่สัมพันธ์ของการเคลื่อนไหวของร่างกาย
400	8	เกิดอาการข้างต้นเด่นชัดขึ้น และมีอาการจิตใจฟุ้งซ่าน สับสน
500-600	-	เกิดอาการทางประสาท สูญเสียความจำชั่วคราว ระบบประสาทสัมผัสไม่ดี เตินเซ เบื่ออาหาร และคลื่นไส้
800	-	หลังจากได้รับสารเป็นเวลา 3 ชั่วโมง จะเกิดอาการคลื่นไส้ อย่างเห็นได้ชัด จิตใจสับสน ขาดการควบคุมตนเอง มีอาการทางประสาทรุนแรง กล้ามเนื้ออ่อนแรง นอนไม่หลับ ต่อเนื่องกันหลายวัน
มากกว่า 800	-	มีอาการข้างต้น และยังมีอาการอื่น เช่น โลหิตจาง และตับโต

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2541.

**อันตรายเรื้อรัง (Chronic Effects)** หมายถึง อันตรายและ/หรือความเป็นพิษของสารแปลงปลอมที่ใช้ระยะเวลานานกว่า 3 เดือน ภายหลังจากการสัมผัสที่แสดงผลต่อร่างกายอย่างชัดเจน โดยพิษเรื้อรังที่เกิดขึ้นภายหลังจากที่ได้รับโทลูอีนเป็นระยะเวลานานๆ จะทำให้เกิดการสะสมจนถึงระดับที่ทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกายขึ้นได้ โดยทั่วไปแล้วจำนวนผู้ที่ได้รับอันตรายในลักษณะอาการเรื้อรังจะมีมากกว่าพวกที่มีอาการเฉียบพลัน ทั้งนี้เพราะเป็นอาการที่ค่อยๆ เกิดขึ้น โดยไม่รู้สึกรู้สียงทำให้ขาดการระมัดระวังและขาดการป้องกันการสัมผัส (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช, 2537 : 139) ซึ่งจะก่อให้เกิดอาการ ดังนี้

- ทำให้ผิวหนังแห้ง แดง แดก และกลายเป็นผิวหนังอักเสบ
- ทำลายตับ และไต ตับโต ระดับฮีโมโกลบินเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เกิด Renal tubular acidosis ระดับ Potassium ในเลือดลดลง มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง กรวยไตอักเสบ และไตวายในที่สุด

- มีผลต่อระบบภูมิคุ้มกัน
- ผลต่อระบบสืบพันธุ์ เกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบฮอร์โมนเพศ รอบประจำเดือนผิดปกติ และอาจทำให้เป็นหมันได้
- มีผลต่อทารกในครรภ์ มีพัฒนาการที่ช้ากว่าปกติและมีความผิดปกติของสมองแต่กำเนิด

เป็นที่น่าสังเกตว่า สารผสมที่มีโทลูอินเป็นองค์ประกอบ สามารถทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบประสาทส่วนปลาย (Peripheral neuropathy) ด้วย แต่ในขณะเดียวกัน สารตัวอื่นที่เป็นองค์ประกอบอยู่ ก็สามารถทำให้เกิดผลดังกล่าวได้เช่นกัน

ในผู้ที่สูดดม/ได้รับโทลูอินเป็นเวลานาน จะทำให้เกิดการทำลายระบบประสาทอย่างถาวร เช่น ทำให้สมองฝ่อ (Encephalopathy) ทำให้เส้นประสาทตาเสื่อม (Optic Atrophy) และสูญเสียการทรงตัว (Equilibrium disorder) พบการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอ็นไซม์ตับแบบชั่วคราว และพบความผิดปกติบริเวณท่อไตส่วนปลาย

ในต่างประเทศ เคยมีการศึกษาในคนที่ดมกาว (glue sniffers) ติดต่อกันเป็นเวลา 3 ปีขึ้นไป จากการศึกษา พบว่า ตับและไตถูกทำลายอย่างรุนแรง (คณาจารย์ภาควิชาพิษวิทยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2546 : 29)

อาการแสดงทางระบบประสาทส่วนกลาง ถูกจัดแบ่งออกเป็น 3 ระดับ เพื่อประโยชน์สำหรับการวินิจฉัย รักษา และติดตามการดำเนินของโรค โดย WHO และการประชุม International Solvent Workshop (ค.ศ. 1985) รายละเอียดตามตารางที่ 9

ตารางที่ 9 การจำแนกระดับความรุนแรงของอาการทางระบบประสาทส่วนกลาง

ระดับความรุนแรง	องค์การอนามัยโลก (WHO/Nordic country, June 1985)	International Solvent Workshop, Raleigh, N.C. October, 1985
น้อยที่สุด	Orannic effective syndrome	ประเภท 1
ปานกลาง	พยาธิสภาพของสมองอย่าง อ่อนชนิดเรื้อรัง	ประเภท 2A หรือ 2B
มาก	พยาธิสภาพของสมองอย่าง รุนแรงชนิดเรื้อรัง	ประเภท 3

ที่มา : WHO, 1985

- ประเภท 1 เหนื่อยล้า ความจำเสื่อม กระสับกระส่ายไม่มีสมาธิ อารมณ์แปรปรวนเล็กน้อย  
 ประเภท 2A บุคลิกภาพ/อารมณ์เปลี่ยนแปลง การตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอกลดลงเฉื่อยชา  
 ประเภท 2 B สติปัญญาถดถอย สมาธิ ความจำและความสามารถในการเรียนรู้ลดลง  
 ประเภท 3 สติปัญญา และ ความจำเสื่อม

## 8.10 โรคพิษโทลูอิน

### 8.10.1 สาเหตุ

โรคพิษโทลูอิน เป็นโรคที่เกิดจากการสัมผัสโทลูอินเข้าสู่ร่างกายในปริมาณที่มากพอ ซึ่งเกิดขึ้นได้ง่าย เนื่องจากมีการใช้อย่างกว้างขวางในลักษณะเดียวกันกับเบนซิน นอกจากนี้ยังใช้เป็นทินเนอร์เพื่อใช้กับสี วาร์นิช น้ำยาเคลือบภาชนะและแล็กเกอร์อีกด้วย แล้วก่อให้เกิดพิษและอันตรายขึ้นในร่างกาย (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช, 2537 : 149)

### 8.10.2 อาชีพหรือลักษณะงานที่เสี่ยง (วิลาวัลย์ จึงประเสริฐ และคณะ, 2542)

- 1) คนงานผลิตเบนซิน
- 2) คนงานผลิตแล็กเกอร์ สี ทินเนอร์
- 3) คนงานผลิต rubber cement
- 4) คนงานผลิต saccharin, toluene diisocyanate และ vinyl toluene
- 5) คนงานผลิตน้ำหอม
- 6) คนงานเผาถ่านหิน
- 7) คนงานผสมน้ำมันรถยนต์
- 8) คนงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการผสมน้ำมันสำหรับใช้กับเครื่องบิน
- 9) คนงานที่ทำงานในห้องปฏิบัติการที่ใช้สารเคมี
- 10) คนงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการสกัดสารเคมีพวก petrochemical agent

### 8.10.3 ผลกระทบต่อสุขภาพและลักษณะทางคลินิก

อวัยวะที่ได้รับผลกระทบจากโทลูอีน ได้แก่

#### 1) ระบบประสาท

ภายหลังจากที่มีการได้รับโทลูอีนเข้าสู่ร่างกายเป็นปริมาณสูงอย่างเฉียบพลัน (เช่น คนตมกาว หรือเกิดอุบัติเหตุโทลูอีนรั่วไหลในโรงงานอุตสาหกรรม) จะมีอาการทางระบบประสาทเป็นหลัก ได้แก่ การกตการทำงานของสมองใหญ่ เคลิ้ม มึนเมา และหมดสติ ถ้าได้รับปริมาณสูง จะมีความผิดปกติของการทำงานของสมองมากขึ้นจนถึงเสียชีวิต การได้รับสารโทลูอีนเป็นเวลานานจะทำลายสมองอย่างถาวร มีคลื่นสมองผิดปกติ เดินไม่ตรง สั่น ขากระตุก สมองฝ่อ พุดไม่ชัด ประสาทหูเสื่อม และตามองภาพไม่ชัด จากการตรวจพิเศษโดย Magnetic resonance imaging พบความผิดปกติ ในโครงสร้างสมอง และพบว่าก้อนสมองส่วนที่เป็น white matter มีมากขึ้น และส่วนที่เป็น Grey matter มีลดลง ซึ่งสัมพันธ์กับอาการทางสมองที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า ทั้งสมองใหญ่ สมองน้อย และก้านสมองฝ่อลง เป็นการสนับสนุนว่า การได้รับโทลูอีนเป็นเวลานานจะทำลายสมองอย่างถาวร ดังนั้นอาการทางสมองในระยะแรกผู้ที่ได้รับสารโทลูอีนเข้าสู่ร่างกายจะรู้สึกผินหวาน (euphoria) ปวดศีรษะ มึนงง วิงเวียน และเดินเซ หลังจากนั้นโทลูอีนจะกดระบบประสาท มีอาการต่างๆ ตามที่กล่าวข้างต้น โดยสรุปจะทำลายสมอง และมีอาการของ organic brain syndrome นอกจากนี้ยังพบภาวะจิตเภท (Schizophrenia) ซึ่งเป็นกลุ่มอาการโรคจิตที่มีอาการแปรปรวนทางบุคลิกภาพ เช่น หูแว่ว ในคนงานที่ทำงานสัมผัสกับโทลูอีนเป็นเวลานาน

ในประเทศกลุ่มสแกนดิเนเวีย เช่น ฟินแลนด์ และฮอลแลนด์ มีการศึกษาระบาดวิทยาชนิด case-control study เกี่ยวกับการเกิดความผิดปกติเรื้อรังทางจิตและประสาท (chronic neuropsychiatric disorders) จากการได้รับสัมผัสสารทำละลาย (solvent exposure) หลายการศึกษา (Hagstedt and Axelson, 1986) เช่น

การศึกษาหนึ่งในสวีเดนที่คนงานได้รับสัมผัสสารตัวทำละลาย โดยการทาสี (painting), เคลือบเงา (varnishing) หรือปูพรม (carpetlaying) เป็นเวลานานเฉลี่ย 30 ปี พบว่ามีอัตราความเสี่ยง (risk ratio) สำหรับความผิดปกติทางจิต และประสาท (neuropsychiatric disorders) เป็น 1.8 เท่า ของคนงานที่ไม่ได้สัมผัสสารทำละลาย และยังพบว่าเมื่อเวลาที่ได้รับสัมผัสนานขึ้น อัตราความเสี่ยงก็จะเพิ่มขึ้น เป็นความสัมพันธ์แบบปริมาณการตอบสนองมีความสัมพันธ์กับปริมาณที่ได้รับสัมผัส (dose-response relationship)

การศึกษาหนึ่งในประเทศฟินแลนด์ กลุ่มที่ได้รับสารทำละลายจะมีความเสี่ยงต่อระบบประสาท (neurosis หรือ persona pathologica) เป็น 5.5 เท่า (ช่วงเชื่อมั่น 90%=1.8-16.9)

อีกการศึกษาหนึ่งที่คล้ายกันในประเทศฮอลแลนด์ พบว่า ช่างสี (painting) ที่รับสัมผัสสารตัวทำละลายอินทรีย์จากภายในอาคาร มีการเกิดความผิดปกติทางระบบ

ประสาท (neurosis) ความผิดปกติทางบุคลิกภาพ (personality disorders) ความผิดปกติทางจิต อื่น ๆ ที่ไม่ใช่โรคจิต (other nonpsychotic mental disorders) และการพัฒนาทางจิตช้าผิดปกติ (mental retardation) โดยมีอัตราความเสี่ยงเป็น 3.1 (ช่วงความเชื่อมั่น 95 % = 1.3-7.4) เทียบกับกลุ่มควบคุม และการเกิดภาวะจิตเสื่อมก่อนวัยชรา (presenile dementia) มีอัตราความเสี่ยงเป็น 2.8 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่เป็นช่างก่ออิฐ (bricklayer)

## 2) ระบบหายใจ

การได้รับโทลูอินจากการสูดดมมีผลระคายเคืองต่อทางเดินหายใจ ทำให้หลอดลมอักเสบ และหืดเกร็ง อาจทำให้เกิดน้ำท่วมปอด และเสียชีวิตจากระบบหายใจล้มเหลวได้ กรณีที่สำคัญโทลูอินเข้าสู่ปอดจะทำให้เกิดปอดอักเสบได้

## 3) ระบบหัวใจ

โทลูอินทำให้การเต้นของหัวใจไม่สม่ำเสมอ (Arrhythmia) นอกจากนี้ในคนที่ดื่มกาแฟ มีรายงานว่า โทลูอินทำให้เกิดอาการหัวใจวายได้เช่นกัน

## 4) ตับ และไต

มีรายงานว่า การได้รับโทลูอินจากการสูดดมในอุตสาหกรรม ทำให้มีการทำลายตับ เกิดภาวะ Fatty liver และตับวาย ส่วนทางไตพบว่าการได้รับโทลูอินเป็นระยะเวลานานทำให้เกิดภาวะ renal tubular acidosis กล้ามเนื้ออ่อนแรง จากภาวะโปแตสเซียมในเลือดต่ำ นอกจากนี้ยังพบภาวะกรวยไตอักเสบ และไตวายในที่สุด

## 5) ระบบเลือด

จากการทดลองในหนู พบว่า โทลูอินทำให้เกิด granulocytopenia ส่วนในคนที่มีภาวะโรคเลือด เช่น aplastic anemia ในคนงานที่ทำงานสัมผัสกับโทลูอินมานาน เชื่อว่าน่าจะเกิดจาก benzene ที่ปนเปื้อนอยู่ในตัวทำละลาย

## 6) ทารกในครรภ์

มีรายงานการศึกษาพบทารกที่มีความผิดปกติของสมองแต่แรกเกิด ได้แก่ microcephaly, CNS dysfunction และ minor craniofacial and limb anomalies ในแม่ที่ได้รับโทลูอิน ขนาดสูงจากการสูดดมตลอดระยะเวลาตั้งครรรภ์ นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าเด็กที่เกิดจากแม่ที่ได้รับโทลูอิน ขณะตั้งครรรภ์มีพัฒนาการช้ากว่าปกติ

## 7) ระบบผิวหนังและตา

โทลูอินมีผลระคายเคืองต่อผิวหนังที่สัมผัส การสัมผัสบ่อยๆ ทำให้ผิวหนังอักเสบ (Fissured dermatitis) เมื่อสารโทลูอินกระเด็นเข้าตา ทำให้เยื่อหุ้มตาอักเสบ

## 8) ระบบอื่นๆ

ผลของโทลูอินที่มีต่อระบบอื่นๆ ได้แก่ ระบบภูมิคุ้มกัน มีรายงานว่าคนงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการใช้ตัวทำละลายมีอัตราการเกิดโรคมะเร็งสูง แต่ยังไม่มีการศึกษายืนยันว่าเป็นผลของโทลูอินโดยตรง



สำหรับผลทางด้าน Genotoxicity ยังไม่มีการศึกษาทั้งในหลอดทดลองและในสัตว์ทดลองยืนยันว่า โทลูอีนมีพิษต่อพันธุกรรม ส่วนผลต่อการเป็นมะเร็งจากการศึกษาทั้งในมนุษย์และสัตว์ยังไม่ยืนยันว่าโทลูอีนมีผลต่อการเกิดมะเร็ง ซึ่ง IARC (International Agency for Research on Cancer) ได้กำหนดให้โทลูอีนเป็นสารกลุ่มที่ 3 คือ ไม่สามารถจัดว่าเป็นสารก่อมะเร็งสำหรับคน

#### 8.10.4 การตรวจการสัมผัส

การตรวจหาการสัมผัสโทลูอีน สามารถตรวจจากลมหายใจ และจากเลือดวิธีที่สะดวกกว่าและนิยม คือ การตรวจ Hippuric acid ในปัสสาวะ ภายหลังจากเลิกงานทันที (end of shift) การแปลผล hippuric acid ในปัสสาวะถ้าน้อยกว่า 1,200 mg/g Creatinine (1.2 g/g Creatinine) แสดงว่า ไม่น่ามีการสัมผัส แต่ถ้าน้อยหรือเท่ากับ 1,600 mg/g Creatinine (1.6 g/g Creatinine) (ACGIH, 2003) ถือว่ามีการสัมผัสแต่ยังไม่ผลกระทบบต่อร่างกาย เดิม ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดไว้ว่าการตรวจพบระดับกรดฮิปปูริกสูงกว่า 2,500 mg/g Creatinine (2.5 g/g creatinine) (ACGIH, 1996) แสดงว่ามีการได้รับโทลูอีน อย่างไรก็ตามค่านี้ได้จากการกำหนดเมื่อเทียบกับการสัมผัสระดับโทลูอีนในสิ่งแวดล้อมที่ยอมรับได้ (time-weighted average : TWA) เฉลี่ย 26.5 กรัม/ลบ.ม. (100 ppm) แต่ปัจจุบันนี้ค่าที่ยอมรับได้ต่ำลงเนื่องจากค่า TWA-TLV ลดจาก 100 ppm เหลือ 50 ppm คือ ถ้าต่ำกว่า หรือเท่ากับ 1.2 และ 1.6 กรัม/กรัมครีอิตินีน แสดงว่าไม่น่ามีการสัมผัส และมีการสัมผัสที่ยังไม่มีผลเสียต่อสุขภาพ (วิลาวัณย์ จิงประเสริฐ, สุรจิต สุนทรธรรม, 2542)

#### 8.10.5 เกณฑ์การวินิจฉัยโรค

- 1) ประวัติการทำงานที่สัมผัสกับโทลูอีน
- 2) อาการ หรืออาการแสดงที่เข้าได้กับพิษจากโทลูอีน
- 3) การตรวจทางชีวภาพ พบ hippuric acid สูงในปัสสาวะ

(>1.6 g/g Creatinine) และ/หรือตรวจพบความผิดปกติทางระบบประสาท

#### 8.10.6 การรักษา

ผู้ป่วยจากพิษโทลูอีนไม่มียาต้านฤทธิ์โดยเฉพาะเป็นการรักษาตามอาการเท่านั้น

### 8.10.7 การป้องกัน (กองอาชีวอนามัย, 2545)

คนงานที่ทำงานสัมผัสกับโทลูอิน ควรมีมาตรการในการป้องกัน ดังต่อไปนี้

- 1) สิ่งแวดล้อมในที่ทำงานที่มีการใช้โทลูอิน ต้องมีมาตรการในการควบคุมทางด้านวิศวกรรมที่ถูกต้องเหมาะสม ได้แก่ การแยกกระบวนการผลิตให้มีมิติชัดเจน ระบบระบายอากาศทั่วไป ระบบระบายอากาศเฉพาะที่ เช่น hood เพื่อที่จะดูดไอระเหยของโทลูอินออกจากบริเวณที่ทำงาน
- 2) การเฝ้าระวังสิ่งแวดล้อมในการทำงาน และในสถานประกอบการ ต้องมีการควบคุมมิให้ระดับเฉลี่ยของโทลูอินในอากาศในที่ทำงานเกินค่ามาตรฐาน ตลอดจนควรมีการตรวจวัดระดับโทลูอินเป็นระยะ ๆ
- 3) การตรวจสุขภาพคนงาน ต้องมีการตรวจสุขภาพก่อนเข้าทำงาน และตรวจสุขภาพต่อเนื่องเป็นระยะ ๆ
- 4) แหล่งเก็บโทลูอินควรอยู่ในที่ปลอดภัย มีการติดป้ายชื่อ และป้ายเตือนว่าเป็นสารโทลูอิน (เช่น โทลูอิน ระวัง! ไวไฟ) ควรปิดฝาภาชนะเมื่อเลิกใช้ หลีกเลี่ยงการสูดดม หรือการสัมผัสกับผิวหนัง
- 5) การใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล เช่น หน้ากาก หรือชุดแต่งกายที่ป้องกันสารเคมี ภายหลังจากที่มีการควบคุมทางวิศวกรรมแล้ว ยังตรวจพบมีโทลูอินในบรรยากาศการทำงาน คนงานควรจะต้องสวมหน้ากากป้องกันขณะทำงาน ในกรณีที่ต้องสัมผัสกับสารโทลูอินโดยตรง คนงานจะต้องสวมใส่เสื้อผ้า ถุงมือ
- 6) การให้สุศึกษาแก่คนงาน หรือผู้ที่เกี่ยวข้องให้มีความรู้เกี่ยวกับพิษของโทลูอิน วิธีป้องกัน และการมีอนามัยส่วนบุคคลที่ดี ได้แก่ การเปลี่ยนชุดปฏิบัติงาน ล้างมือ อาบน้ำ สระผม กรณีทำงานหรือสัมผัสกับโทลูอิน

### 8.11 การวิเคราะห์โทลูอินในอากาศ


การเก็บตัวอย่างโทลูอินมาวิเคราะห์ จะเก็บในรูปไอเคมี (vapor) หากมีความเข้มข้นของโทลูอินในอากาศมากเพียงพอ สามารถใช้ aluminized plastic bags, tedlar bags, glass containers หรือ syringes ในการเก็บตัวอย่าง (สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2521) และนำไปวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง gas chromatography ชนิด Flame Ionization Detector แต่ถ้าหากมีความเข้มข้นของโทลูอินในอากาศน้อย อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างจะต้องประกอบด้วยวัสดุที่ช่วยเพิ่มพื้นที่ในการดูดซับ เช่น ผงถ่าน (charcoal), carbon cloth KF-1500 และ Tenax GC ซึ่งโดยทั่วไปนั้นจะใช้ charcoal tubes เก็บตัวอย่าง สำหรับการเก็บตัวอย่างโทลูอินโดยใช้ charcoal tube และ carbon cloth KF-1500 นั้น จะใช้ carbon disulfide (CS<sub>2</sub>) ในการสกัดโทลูอินจากวัสดุที่ดูดซับ และนำไปวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง gas chromatography ชนิด flame Ionization Detector (NIOSH, 1994 ; อวยชัย บุญมีพิพิธ, 2530

; อัจฉรา ทองภู, 2541) ส่วนการเก็บตัวอย่างโดยใช้ Tenax GC (poly2,6-diphenylphenylene oxide) เป็นวัสดุดูดซับ จะใช้ gas chromatophy/mass spectrometry ในการวิเคราะห์ นอกจากนี้ยังสามารถเก็บตัวอย่างโทลูอินในอากาศโดยใช้ Portable Ambient Air Analyzer และใช้ Infared Spectromatry ในการวิเคราะห์ (วิทยา บัวประเสริฐ, 2534)

### 8.12 กรดฮิปปูริกและการวิเคราะห์หาปริมาณกรดฮิปปูริก (Hippuric acid)

#### ในปัสสาวะ

กรดฮิปปูริกในปัสสาวะ (Urinary Hippuric Acid) เป็นการแปรผันสภาพของ benzoic acid โดย glycine และคุณสมบัติอื่นของมัน มีชื่อเรียกอย่างอื่น เช่น N-Benzoylglycine, Benzoylaminoacetic acid, Benzamidoacetic acid

สูตรโครงสร้าง :  c1ccccc1C(=O)NCC(=O)O

สูตรโมเลกุล :  $C_9H_9NO_3$

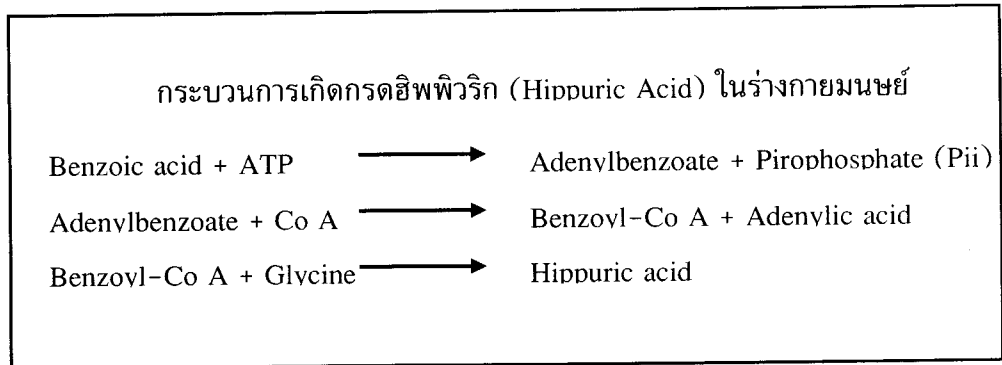
น้ำหนักโมเลกุล : 197.17

โครงสร้างโมเลกุล :  $C_6H_5 - CO - NH - CH_2 - COOH$

แหล่งที่มา : ปรากฏอยู่ในปัสสาวะของสัตว์ซึ่งกินรากไม้เป็นอาหาร และพบได้น้อยมากในปัสสาวะของมนุษย์

จุดเดือด :  $137-188\text{ }^{\circ}\text{C}$

ความสามารถในการละลาย : 1.0 g สามารถละลายได้ในน้ำเย็น 250 ml, ใน chloroform 1,000 ml, ใน ether 400 ml, ใน 60 ml ของ amylalcohol สามารถละลายได้ในสารละลายน้ำ แต่ไม่ละลายในเบนซีน, carbon disulfide, petroleum ether ส่วนประกอบของกรดฮิปปูริก เกิดขึ้นจากกรดเบนโซอิกและ glycine โดย glycine จะแปลงกรดเบนโซอิก เป็นกรดฮิปปูริก นอกจากนี้ยังสามารถเกิดขึ้นจากการรับประทานอาหารที่มีสารกันบูด (Food containing benzoate added as a preservative) และการแปลงรูปของ Phenylalanine



ภาพที่ 6 แสดงกระบวนการเกิด Hippuric acid ในร่างกายมนุษย์

กรดฮิปปูริก เป็นสารเมตาโบไลต์หลักที่สำคัญที่พบในปัสสาวะของคนที่สัมผัสโพลูอิน สามารถตรวจหาได้โดยวิธี colorimetric method(58), UV-spectrophotometer, thin layer chromatography (TLC), GC-FID, G.C.M.S., and HPLC-UV (55,56,57) โดยวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายคือวิธี HPLC with UV detector analyzer

วิธีการเก็บตัวอย่างปัสสาวะ (Conservation of urine specimen) วัตถุประสงค์ของการรักษาตัวอย่างปัสสาวะ คือ เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ความไม่เสถียรของสาร และการเสื่อมคุณสมบัติของตะกอน ถ้าตรวจปัสสาวะภายใน 1 ชั่วโมง หลังจากปัสสาวะไม่ต้องใช้วิธีกันเสีย ถ้าตรวจสอบทันทีทันใดไม่ได้ควรใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่ง ดังต่อไปนี้ (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช, 2537 : 205)

1) เก็บไว้ในตู้เย็น ที่อุณหภูมิประมาณ 5 °C จะช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และสามารถรักษาความเป็นกรด-ด่างเดิมไว้ได้เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ตัวอย่างปัสสาวะบางอันจะขุ่นมัวเมื่อเย็นแต่จะใสเมื่ออยู่ที่อุณหภูมิห้องซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ใช้ในการวิเคราะห์

2) การใส่สารกันเสีย จะจำเป็นต้องใส่สารกันเสียเมื่อต้องขนส่งปัสสาวะเป็นระยะทางไกลและไม่สามารถแช่ตู้เย็นได้ ตัวอย่างปัสสาวะที่ใส่สารกันเสียไม่เหมาะสำหรับใช้ตรวจสอบเกี่ยวกับเซลล์ เชื้อจุลินทรีย์ และความเป็นกรด-ด่าง เพราะจะผิดพลาดได้ สารกันเสียที่ใช้ต้องเลือกด้วยความระมัดระวังเพราะจะมีผลต่อการทดสอบ โดยสารกันเสียที่ใช้กับตัวอย่างปัสสาวะ เพื่อตรวจหาระดับกรดฮิปปูริก คือ โทมอล

ปริมาณของ hippuric acid ที่ขับออกมากับปัสสาวะในคนปกติทั่วไป จะขึ้นอยู่กับแต่ละบุคคล และอาหารที่รับประทาน ซึ่งมีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณ hippuric acid ที่ขับออกมากับปัสสาวะในคนปกติทั่วไป ประมาณ 0.7 กรัมต่อวัน

สำหรับในคนงานที่ต้องสัมผัสกับโพลูอินที่ฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศการทำงาน ปริมาณ hippuric acid ที่ขับออกมากับปัสสาวะจะเป็นสัดส่วนกับปริมาณความเข้มข้นของโพลูอิน ในอากาศ คือ ถ้าคนงานต้องสูดหายใจเอาโพลูอินในอากาศที่เข้มข้น ในช่วง 100-600 ppm เป็น เวลา 8 ชั่วโมง ปริมาณ hippuric acid ที่ขับออกมากับปัสสาวะประมาณ 1.2 กรัมต่อวัน ซึ่งสูงกว่าคนงานที่สูดหายใจเอาโพลูอินในอากาศที่เข้มข้นประมาณ 100 ppm และจะขับ hippuric acid ออกมากับปัสสาวะประมาณ 0.367 mg/l (กรมควบคุมมลพิษ, 2541; อัจฉรา ทองภู, 2541; สมศักดิ์ ฟองสุภา, 2542)

เนื่องจากกรดฮิปปูริกมีระยะครึ่งชีวิตในร่างกายมนุษย์ค่อนข้างสั้น ดังนั้นช่วงเวลา การตรวจกรดฮิปปูริกในปัสสาวะของคนงานจึงมีความสำคัญ เวลาที่เหมาะสม คือ หลังเลิกงาน และหลีกเลี่ยงการตรวจในวันจันทร์ซึ่งมีโอกาสได้รับต่ำกว่าบ่ายวันทำงานอื่นๆของสัปดาห์ (วิลาวัณย์ จึงประเสริฐ, สุรจิต สุนทรธรรม, 2542)

### 8.13 ระดับอ้างอิงมาตรฐานสิ่งแวดล้อม (Environmental Reference Limit)

ระดับความเข้มข้นที่อนุญาตให้มีได้ของโพลูอินในบรรยากาศ ถูกกำหนดขึ้นโดย หลายหน่วยงานรายละเอียด ดังนี้

1) ในประเทศไทย ปริมาณความเข้มข้นของโพลูอินในสถานประกอบการเป็นไป ตามประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อม (สารเคมี) หมวดที่ 1 สารเคมี (12 กรกฎาคม 2520) กำหนดระดับมาตรฐานความเข้มข้นของ โพลูอินในสถานประกอบการ ดังนี้

- ความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาทำงานปกติ 8 ชั่วโมง ไม่เกิน 200 ppm
- ปริมาณความเข้มข้นสูงสุดในช่วงเวลาที่จำกัด คือ ระยะเวลาทำงานไม่เกิน

10 นาที ไม่เกิน 500 ppm

- ส่วนปริมาณเข้มข้นสูงสุดที่ยอมให้มีได้กำหนดไว้เท่ากับ 300 ppm

ส่วนในต่างประเทศได้กำหนดค่ามาตรฐานของโพลูอินในอากาศ ไว้ดังนี้

2) NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) สถาบัน อาชีวอนามัยและความปลอดภัยของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดไว้ดังนี้

- ค่ามาตรฐานความปลอดภัยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมงต่อ วัน (Time Weighted Average: TWA) เท่ากับ 100 ppm (375 mg/m<sup>3</sup>)

- ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก ความเข้มข้นสูงสุดในช่วงเวลาจำกัด (Short Term Exposure Limit : STEL) 15 นาที เท่ากับ 150 ppm (560 mg/m<sup>3</sup>)

3) ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดไว้ดังนี้

- กำหนดค่ามาตรฐานความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาทำงาน 8 ชั่วโมง (TWA) ไว้ 50 ppm ( $188 \text{ mg/m}^3$ )

4) OSHA (Occupational Safety and Health Association, USA) ได้กำหนดไว้ดังนี้

- ค่ามาตรฐานความปลอดภัยตลอดระยะเวลาทำงาน 8 ชั่วโมง (TWA) ไม่เกิน 200 ppm และปริมาณความเข้มข้น ณ เวลาใดก็ตามไม่เกิน 300 ppm  
- ปริมาณความเข้มข้นสูงสุดในช่วง 10 นาที ไม่เกิน 500 ppm

#### 8.14 ระดับอ้างอิงมาตรฐานทางชีวภาพ (Biological Reference Limit)

ACGIH, 2003 กำหนดว่า “ดัชนีชีวภาพ” (Biological Exposure Index) เป็นปริมาณ โทลูอินในเลือดเท่ากับ  $0.05 \text{ mg/l}$  และปริมาณกรดยูริกในปัสสาวะเท่ากับ  $1,600 \text{ mg/g Creatinine}$  ( $1.6 \text{ g/g Creatinine}$ ) โดยเก็บตัวอย่างชีวภาพ (เลือด, ปัสสาวะ) จากคนเมื่อสิ้นสุดการทำงาน (End of Shift) และระดับกรดยูริกในปัสสาวะ สำหรับบุคคลที่ไม่ได้ทำงานสัมผัสโทลูอิน ไม่ควรเกิน  $1,200 \text{ mg/g Creatinine}$

สถาบันอาชีวอนามัยและความปลอดภัยของสหรัฐอเมริกา (NIOSH) Health and Safety Executive ของสหราชอาณาจักร และ สถาบันอาชีวอนามัยของฟินแลนด์ (FIOH) กำหนดว่าการเฝ้าคุมทางชีวภาพสำหรับผู้ทำงานสัมผัสกับสารตัวทำละลายโทลูอิน สามารถตรวจวัดระดับสารโทลูอินในเลือด และระดับกรดยูริกในปัสสาวะได้

## 9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2521) ศึกษากลิ่นในอากาศที่เกิดจากการใช้สีในการพ่นสีรถยนต์ ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศที่เก็บโดยใช้ Syringes ดูดอากาศจากปล่องเหนือห้องพ่นสีพบว่า กลิ่นในอากาศเกิดจากสาร 3 ตัวในทินเนอร์เป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ เอทิลอะซิเตต โทลูอิน และไซลีน ปริมาณโทลูอินจากห้องพ่นสี ห้องพักรถ และห้องอบรถ เท่ากับ 167 ppm, 23 ppm และ 8 ppm ตามลำดับ ซึ่งโทลูอินจะมีความเข้มข้นสูงสุดในห้องพ่นสี

กองอาชีวอนามัย กรมอนามัย (2526) ได้ศึกษาปริมาณโทลูอินในห้องพิมพ์พื้นเรียบ กองการพิมพ์ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างอากาศแบบติดตั้งกับพื้นที่ โดยใช้ charcoal tube จำนวน 18 ตัวอย่าง พบว่า ความเข้มข้นของโทลูอินในห้องพิมพ์ ช่วงเวลาก่อนทำงาน มีค่าระหว่าง 1-3 ppm ค่าเฉลี่ย 2 ppm ส่วนในช่วงเวลาทำงาน 8 ชั่วโมง มีค่าระหว่าง 12-30 ppm ค่าเฉลี่ย 24 ppm

อวยชัย บุญมีพิพิธ (2530) ทำการศึกษาหาความเข้มข้นของโทลูอินในบรรยากาศของ โรงพิมพ์ 2 แห่ง โดยใช้ carcoal tube ในการเก็บตัวอย่างแบบติดตั้งกับพื้นที่ จำนวน 40 ตัวอย่าง พบว่า ความเข้มข้นของโทลูอินในบรรยากาศตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง โดยเฉลี่ยของ โรงพิมพ์ เอ. และโรงพิมพ์ บี. เท่ากับ 7.43 ppm และ 47.88 ppm ตามลำดับ

วิทยา บัวประเสริฐ (2534) ได้รายงานการศึกษาความเข้มข้นของโทลูอินในโรงงานทำ รองเท้า และโรงงานทำพื้นรองเท้า พบว่าความเข้มข้นของโทลูอินในโรงงานทำรองเท้า บริเวณจุดที่ 1 และจุดที่ 2 เท่ากับ 11.8 ppm และ 17.7 ppm ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นของโทลูอินใน โรงงานทำพื้นรองเท้า บริเวณจุดที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 296.7 ppm และ 206.4 ppm ตามลำดับ

รัตนา สินธุภาค (2537) ได้ทำการศึกษาภูมิคุ้มกันในผู้ที่เสพติดโทลูอิน จากการศึกษาใน กลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม คือ กลุ่มพนักงานโรงงานผลิตสี คนใช้ (รพ.ธัญญารักษ์) และกลุ่มควบคุม (ผู้บริจาคโลหิต ณ ศูนย์บริการโลหิต สภากาชาดไทย) พบว่าปริมาณอิมมูโนโกลบูลิน ชนิด IgG และ IgA ในกลุ่มคนใช้ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ส่วนความสัมพันธ์ของปริมาณโทลูอินในเลือด และ ปริมาณภูมิคุ้มกันในน้ำเหลือง เกือบไม่มีความสัมพันธ์กันเลย

สุนทร ศุภพงษ์ (2538) ได้ศึกษาผลของโทลูอินต่อสุขภาพของคนงานในโรงงานผลิตสี และอู่พ่นสีรถยนต์ ผลการศึกษาพบว่า คนงานโรงงานผลิตสีมีความชุกของการได้รับโทลูอินเข้าสู่ ร่างกายมากกว่าคนงานอู่พ่นสีรถยนต์ และคนงานโรงงานผลิตสีมีระดับฮีพพิวริค แอซิด ในปัสสาวะ สูงกว่า แต่สุขภาพอนามัยของคนงานโรงงานผลิตสีและอู่พ่นสีรถยนต์ไม่แตกต่างกัน โรคที่คนงาน ในโรงงานผลิตสีเป็นมากที่สุด คือ โรคระบบทางเดินหายใจ ระบบกล้ามเนื้อ กระดูกและข้อ และ ระบบผิวหนัง โรคที่คนงานในอู่พ่นสีเป็นมากที่สุด คือ โรคระบบทางเดินหายใจ ระบบจิตประสาท และระบบทางเดินอาหาร

พิมลพร เขาวนัโวพจน์ (2538) ได้ทำการศึกษาผลของโทลูอินต่อการตกไข่ และการ ตั้งครรภ์ในหนูแรท พบว่าเมื่อให้โทลูอินปริมาณ 1.2 g/kgbw เวลา 13.00–13.30 น. ของระยะ โปรอีสตรัส จะมีหนูตกไข่ 15 ใน 20 ตัว และมีจำนวนไข่ลดลง เมื่อฉีดโทลูอินปริมาณเดียวกันใน วันไดอีสตรัส-2 เวลา 17.00–18.00 น. ไม่ทำให้ระดับอีสโตรเจนช่วงเช้าของระยะโปรอีสตรัสลดลง แต่จะทำให้ระดับโปรเจสเตอโรนในช่วงบ่ายของระยะโปรอีสตรัสลดลง และในหนูแรทที่ตั้งครรภ์ พบว่าจำนวนการฝังตัวของตัวอ่อนลดลง มีการสูญเสียของตัวอ่อนเพิ่มขึ้น และน้ำหนักของลูกที่ เกิดมาน้อยลง แต่ไม่พบความผิดปกติของกระดูกอ่อนและกระดูกแข็ง

นลินีและคณะ (2539) ทำการศึกษาพบว่า การใช้ยาพาราเซตามอลเป็นประจำ มีผลให้ ระดับความเข้มข้นกรดฮีพพิวริคในปัสสาวะมากกว่าปกติประมาณ 2 เท่า อย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ ( $P < 0.50$ )

นลินีและคณะ (2539) ทำการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยระดับความเข้มข้นของกรดฮีพพิวริค ในปัสสาวะของคนไทยทั่วไป เขตกรุงเทพมหานคร เท่ากับ 500–1,500 mg/g Cr โดยที่เพศหญิง มีค่าความเข้มข้นมากกว่าเพศชายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.50$ )

วิไล ชินเวชกิจวานิชย์ (2539) ได้ทำการศึกษาความชุกของการได้รับโทลูอินเข้าสู่ร่างกายของคณงานโรงงานผลิตสี เป็นการศึกษาความชุกของการได้รับโทลูอินเข้าสู่ร่างกายของคณงานในโรงงานผลิตสีสองแห่งที่มีการจัดระเบียบภายในโรงงานแตกต่างกัน พบว่า คณงานในทั้งสองโรงงานมีระดับกรดฮิพิวริคในปัสสาวะไม่แตกต่างกัน การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโทลูอินในเลือดกับกรดฮิพิวริคในปัสสาวะพบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กัน การตรวจเลือดทางโลหิตวิทยาและเคมีคลินิกไม่พบความผิดปกติซึ่งสัมพันธ์กับการทำงานที่ต้องสัมผัสโทลูอิน จากการเก็บข้อมูลการเจ็บป่วย 1 ปี พบว่ากลุ่มคณงานที่สัมผัสมีปัญหาเกี่ยวกับโรคผิวหนังมากกว่ากลุ่มที่ทำงานอื่น และโรคที่คณงานเจ็บป่วยบ่อยที่สุด คือ โรคระบบทางเดินหายใจ

นลินี ศรีพวง (2541) ศึกษาวิจัยเพื่อกำหนดรูปแบบการเฝ้าคุมโรค/การเฝ้าระวังโรคจากการประกอบอาชีพที่สัมผัสกับสารทำลายอินทรีย์ : กรณีศึกษาการประเมินความเสี่ยงของสารทำลายอินทรีย์ ด้านอาชีพอนามัยในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ณ นิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ (จังหวัดลำพูน) พบว่า มีการใช้สารทำลายอินทรีย์ในกลุ่ม BTX คือ Benzene, Toluene และ Xylenes และชนิดอื่นๆ ในกลุ่มศึกษา คณงานกลุ่ม/แผนกควบคุม พบว่า คณงานควบคุมคุณภาพมีโอกาสเสี่ยงต่อการได้รับสารเคมีมากกว่าหน้าที่อื่นๆ ส่วนคณงานในกลุ่ม/แผนกกระบวนการผลิตพบว่าคณงานที่ทำหน้าที่ตรวจสอบวัสดุและคณงานที่ทำหน้าที่ชะล้างวัสดุมีโอกาสเสี่ยงต่อการได้รับสารเคมีสูงมากกว่าหน้าที่อื่นๆ เมื่อวิเคราะห์ระดับสารเคมีในบรรยากาศที่ทำงาน และระดับความเข้มข้นของเมตาโบไลท์ในปัสสาวะพบว่าไม่เกินค่ามาตรฐานความปลอดภัยที่กำหนดโดย ACGIH และพบว่าในกลุ่มศึกษามีค่าของระดับความเข้มข้นดังกล่าวสูงกว่าในกลุ่มควบคุมอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และเม็ดเลือดขาวกลุ่มศึกษามากกว่าคณงานในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

ภิรมย์ กมลรัตนกุล (2541) ได้ทำการศึกษาผลระยะยาวของโทลูอินต่อสุขภาพของคณงานในโรงงานผลิตสี จำนวน 3 โรงงานที่มีการจัดการสภาพแวดล้อมในการทำงานแตกต่างกัน คือ พอใช้ ดี และดีมาก พบว่าคณงานในโรงงานที่มีการจัดการสภาพแวดล้อมพอใช้มีอัตราเสี่ยงต่อการมีโทลูอินในเลือดและกรดฮิพิวริคในปัสสาวะสูงมากกว่าโรงงานที่มีการจัดการดีและดีมาก โดยคณงานในฝ่ายผลิตสีและบรรจุสี มีโทลูอินในเลือดสูงกว่าคณงานในฝ่ายอื่น ผลการศึกษาทางด้านสุขภาพ 3 ปี ไม่พบแนวโน้มของความผิดปกติที่สัมพันธ์กับระดับโทลูอินในเลือดสูง ( $P > 0.05$ )

อัจฉรา ทองภู (2541) ศึกษาการสัมผัสโทลูอินของพนักงานในโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ ความเข้มข้นของโทลูอินในบรรยากาศบริเวณสำนักงาน บริเวณที่มีการเคลือบเงาและบริเวณที่ทำการพ่นสีเคลือบ มีค่าเท่ากับ  $4.29 \text{ mg/m}^3$ ,  $15.90 \text{ mg/m}^3$  และ  $45.90 \text{ mg/m}^3$  ตามลำดับ

สมศักดิ์ ฟองสุภา (2542) ศึกษาปริมาณของโทลูอินในโรงงานผลิตลูกบอลพลาสติก พบว่าปริมาณของโทลูอินในบรรยากาศบริเวณที่ทำงาน มีค่าอยู่ระหว่าง 51.71–293 ppm

อัญชลี ศิริพิทยาคุณกิจ (2542) ได้ทำการศึกษาสุขภาพของประชากรกลุ่มเสี่ยงต่อเบนซีน โทลูอินและสตีรีน ในจังหวัดระยองพบว่าในกลุ่มผู้ที่เคยได้รับเบนซีน ตรวจพบจำนวนเม็ดเลือดขาวต่ำ



ตรวจไม่พบการได้รับโทลูอินและสไตรีนและไม่พบความแตกต่างของระดับเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และอาการเจ็บป่วยระหว่างกลุ่มได้รับและไม่ได้รับเบนซีน

พรพิมล กองทิพย์ (2542) ได้ทำการศึกษาระดับโทลูอินและไซลีนในสิ่งแวดล้อมการทำงาน และชีววัตถุในคนงานโรงงานผลิตสี เป็นการศึกษาภาคตัดขวางในโรงงานผลิตสี 2 แห่ง ผลการศึกษาพบว่าอัตราเสี่ยงของอาการผิดปกติบางอย่างอาการในกลุ่มศึกษาสูงกว่ากลุ่มควบคุมแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โรงงานที่ 1 ซึ่งมีระดับโทลูอินต่ำ (8.2 ppm) ไม่พบความสัมพันธ์กับกรดฮีฟิวริคและไม่พบการสะสมของโทลูอินในร่างกาย และโรงงานที่ 2 ซึ่งมีระดับโทลูอินสูง (23.2 ppm) พบความสัมพันธ์กับกรดฮีฟิวริค อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ มีการสะสมของโทลูอินในร่างกาย สำหรับไซลีนและกรดเมทิลฮีฟิวริคพบความสัมพันธ์ในบางวันทำงานและมีการสะสมของไซลีนในร่างกายในคนงานทั้งสองโรงงาน

ดุขฎี หมั่นท้อ (2542) ได้ทำการศึกษาการวัดความเข้มข้นของโทลูอินและไซลีนในอุ้งพ่นซ่อมสีรถยนต์ การศึกษาพบว่าค่าความเข้มข้นของโทลูอินและไซลีนในอากาศ ที่ทำการศึกษาไม่มีค่าใดเกินมาตรฐาน และการเก็บตัวอย่างประเภทติดกับตัวบุคคล โดยใช้ charcoal tube ให้ค่าความเข้มข้นของโทลูอินและไซลีน สูงกว่าการเก็บตัวอย่างประเภทติดตั้งกับพื้นที่ โดยใช้ charcoal tube และ air bag

วีระ พงษ์ศิริ และคณะ (2543) ได้ทำการศึกษาการประเมินอันตรายจากการใช้สารทำละลายในโรงพิมพ์ (กรณีศึกษาในจังหวัดเพชรบุรี) พบว่าพนักงานโรงงานพิมพ์พลาสติกและกระดาษที่ปฏิบัติงานในโรงงานบางจุดมีความเสี่ยงต่อการได้รับอันตรายจากสารทำละลายหลายชนิด สมควรมีการปรับปรุง โรงพิมพ์ป้องกันและเฝ้าคุมโรคพิษจากสารทำละลายต่อไป

ศศิณัดดา สุวรรณโณ (2545) ศึกษากรดฮีฟิวริคในปีสภาวะของคนไทยปกติ สำหรับพื้นที่เขตสาธารณสุขที่ 7 พบว่า เพศหญิงมีระดับกรดฮีฟิวริคสูงกว่าเพศชาย คือ เพศหญิง  $374.6 \pm 538.4$  mg/g Cr เพศชาย  $241.46 \pm 319.0$  mg/g Cr แต่ต่ำกว่าระดับความเข้มข้นของคนไทยทั่วไปในเขต กทม. ซึ่งเท่ากับ 500-1,500 mg/g Cr และในตัวแปรต่างๆ ดังนี้ ช่วงอายุ ระดับความเข้มข้นกรดฮีฟิวริคสูงขึ้นตามช่วงอายุ กลุ่มอายุมากกว่า 60 ปี มีระดับความเข้มข้นสูงสุด  $738.9$  mg/g Cr อาชีพ ไม่พบความแตกต่างของระดับความเข้มข้นกรดฮีฟิวริค ระหว่างอาชีพ ระดับการศึกษา และสถานภาพสมรส สถานสุขภาพ ระดับความเข้มข้นของกรดฮีฟิวริคระหว่างกลุ่มไม่มีโรคประจำตัว ( $264.2 \pm 445.1$  mg/g Cr) มีลักษณะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P = 0.02$ ) จากกลุ่มมีโรคประจำตัว ( $380.5 \pm 441.8$  mg/gCr) พฤติกรรมการบริโภค การรับประทานอาหารสำเร็จรูป กรดฮีฟิวริคในกลุ่มพฤติกรรมกลุ่มนี้มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ไม่มีพฤติกรรมดังกล่าว ทุกลักษณะของพฤติกรรมบริโภคไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นการสูบบุหรี่ โดยมีระดับความเข้มข้นของกรดฮีฟิวริค ของกลุ่มไม่สูบบุหรี่แตกต่างจากกลุ่มสูบบุหรี่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

สถานการณ์สัมผัสสารระเหยไม่พบความแตกต่าง ยกเว้นกรณีการใช้ในที่ทำงาน มีความแตกต่างดังนี้คือ กลุ่มไม่ใช้สารระเหยในที่ทำงานมีลักษณะแตกต่างจากกลุ่มที่ใช้สาร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

Soontorn Supapong (1993) ศึกษาภาวะสุขภาพคนงานในอุโมงค์ต้วถึงรถยนต์เขตปริมณฑลกรุงเทพมหานคร จำนวน 63 คน พบว่า ร้อยละ 76.2 มีภาวะผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ ร้อยละ 14.3 มีความผิดปกติของตับ ร้อยละ 6.6 มีโลหิตจาง และ ร้อยละ 1.6 มีไตผิดปกติ โดยที่ระดับโกลูอินในเลือด น้อยกว่า  $0.68 \mu\text{g/ml}$  และ ระดับกรดฮิฟพิวริก เท่ากับ  $0.04-0.98 \text{ g/gCr}$  โดยวิธี Colorimetric

Chintana Chitkament (1977) ศึกษาสถานการณ์ด้านอาชีวอนามัยในโรงงานทำเครื่องเรือนจากไม้ยางพารา จำนวน 4 โรงงาน จ.สงขลา พบว่า มีระดับโกลูอินในบรรยากาศการทำงานไม่เกินค่าความปลอดภัยตามกฎหมาย ( $0.26-10.22 \text{ ppm}$ ) ระดับกรดฮิฟพิวริกในปัสสาวะของคนงานหลังเลิกงาน ( $800.45 \pm 382.98$ ,  $1348.28 \pm 472.0$  และ  $1560.77 \pm 702.87 \text{ mg/L}$ ) สูงกว่าระดับความปลอดภัยกำหนดโดย NIOSH ( $<1000 \text{ mg/L}$ ) และมีระดับสูงกว่าระดับความเข้มข้นก่อนเข้าทำงาน ( $369.45 \pm 212.09$ ,  $374.51 \pm 154.62$ ,  $401.93 \pm 169.45$  และ  $479.93 \pm 231.24 \text{ mg/L}$ ) แต่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นในปัสสาวะหลังเลิกงานกับระดับโกลูอินในอากาศ

Achara Tongpoo (1998) ได้ทำการศึกษาการประเมินความเสี่ยงจากการสัมผัสโกลูอินของพนักงานโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ การศึกษาพบว่า คนที่ทำงานในสำนักงาน แพนกเคิลอบสี และพ่นสี มีระดับความเสี่ยง  $\geq 1$  เท่ากับ 0%, 12.50% และ 54.1% ตามลำดับ สัดส่วนค่าของความเสี่ยงในพนักงานทั้ง 3 กลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.001$ ) โดยคนงานในแผนกพ่นสี จะมีความเสี่ยงสูงกว่าคนงานในแผนกอื่นที่ทำการศึกษา

Chanida Palanuvej (1998) ได้ทำการศึกษาระดับกรดฮิฟพิวริกในปัสสาวะ วิเคราะห์โดยวิธี Spectrophometry ในผู้ประกอบการอาชีพต่าง ๆ ได้แก่ รับราชการ คนงานอุโมงค์รถ คนงานโรงงานผลิตสี และคนดมกาว ในเขตกรุงเทพมหานคร มีค่าเฉลี่ยตามลำดับดังนี้  $310 \pm 180$ ,  $260 \pm 180$ ,  $380 \pm 220$ ,  $210 \pm 150$ ,  $420 \pm 350$  และ  $6090 \pm 9580 \text{ mg/g Cr}$

Mana Hasamah (1999) ได้ทำการศึกษาการประเมินความเสี่ยงในกลุ่มพนักงานที่สัมผัสสารโกลูอินในอุตสาหกรรมผลิตสี การศึกษาพบว่า พฤติกรรมของพนักงานโดยส่วนใหญ่มีความเสี่ยงต่อการสัมผัสสารโกลูอิน ปัจจัยที่มีผลต่อระดับกรดฮิฟพิวริกในปัสสาวะ ได้แก่ ระดับโกลูอินในสิ่งแวดล้อม และระดับการสัมผัสทางผิวหนัง และพบว่าระดับของกรดฮิฟพิวริกในปัสสาวะและระดับโกลูอินในสิ่งแวดล้อมขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่แตกต่างกัน

Somsak Fongsupa (1999) ได้ทำการศึกษาตัวบ่งชี้ทางชีวภาพสำหรับผู้สัมผัสโกลูอิน โดยศึกษาในคนงานโรงงานทำลูกบอลพลาสติก พบว่าความเข้มข้นของกรดฮิฟพิวริกในปัสสาวะให้ผลสอดคล้องกับการตรวจวัดระดับความเข้มข้นของสารโกลูอินในบริเวณทำงาน ซึ่งตรงข้ามกับ

การตรวจวัดระดับความเข้มข้นของสารโกลูอินในเลือด ส่วนการตรวจวัดตัวบ่งชี้อื่น เช่น เบต้า-NAG, BUN, Creatinine, AST, ALT, Alkaline phosphatase ไม่มีความแตกต่างจากกลุ่มปกติ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการตรวจหาระดับความเข้มข้นของกรดฮิพพิวริกในปัสสาวะมีความไวสูง ให้ผลสอดคล้องกับความเข้มข้นของโกลูอินในอากาศ วิธีการตรวจวิเคราะห์และการเก็บตัวอย่างส่งตรวจง่ายและสะดวก สมควรใช้เป็นตัวบ่งชี้ที่เหมาะสมในการประเมินความเสี่ยง การตรวจวินิจฉัย และการประเมินคุณภาพของอากาศในบริเวณที่มีการสัมผัสกับสารโกลูอินในงานประจำ

## 10. สรุปแนวคิดจากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

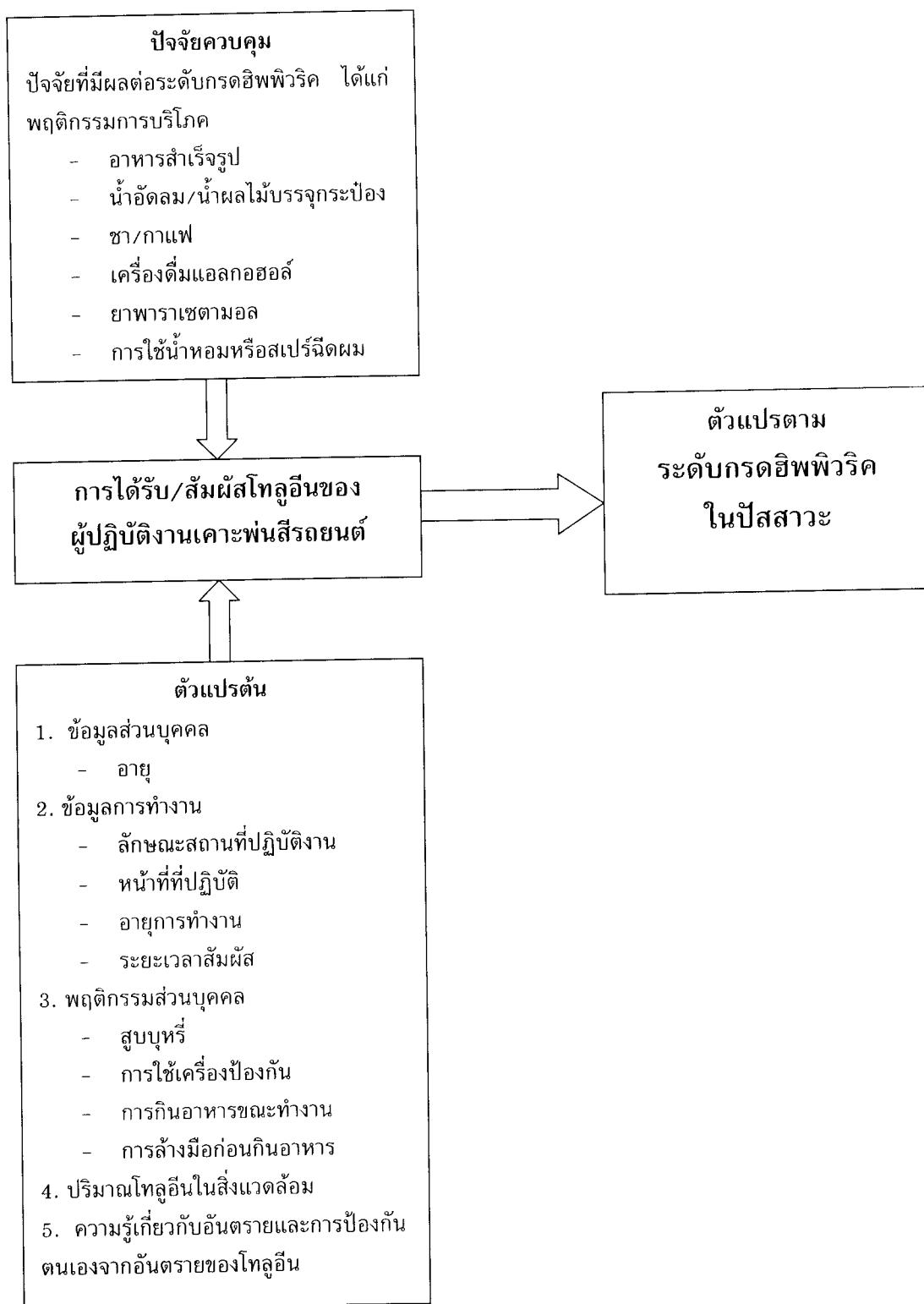
จากการทบทวนทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง พบว่า ในสัตว์ที่ใช้สำหรับปศุสัตว์ทั้งสี่ สุนัข สุนัขป่า สุนัขจิ้งจอก ทั้งชนิดแห้งเร็ว และแห้งช้าจะมีทินเนอร์เป็นส่วนผสม ซึ่งในทินเนอร์จะมีโกลูอินผสมอยู่ถึงร้อยละ 60 โดยปริมาตร เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยมีการเจริญเติบโตทางด้านอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก ทำให้มีอุตสาหกรรมหลายชนิดที่มีการใช้สีและทินเนอร์เป็นองค์ประกอบและมีความเสี่ยงสูงจากการได้รับสารโกลูอิน ได้แก่ โรงงานทำเครื่องเรือนจากไม้หรือหวาย โรงพิมพ์ โรงงานทำรองเท้า และทำพื้นรองเท้า โรงงานผลิตสี โรงงานเฟอร์นิเจอร์ โรงงานทำลูกบอลพลาสติก อู่เคาะพ่นสีรถยนต์ โดยโกลูอินสามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้ทางปอด และดูดซึมเข้าได้บ้างทางผิวหนัง (limited degree) และทางปากขณะกินอาหารหรือสูบบุหรี่ โดยใช้มือที่ปนเปื้อน แต่ส่วนใหญ่จะได้รับโดยการหายใจเอาไอระเหยเข้าไปเป็นทางหลัก หลังจากการดูดซึมแล้วโกลูอินจะกระจายไปทั่วร่างกายอย่างรวดเร็ว พบมากบริเวณเนื้อเยื่อไขมัน โดยพบว่าเนื้อเยื่อที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบอยู่มากจะมีความเข้มข้นของโกลูอินสูงกว่าในเลือดถึง 80 เท่า โดยเฉพาะสมอง ซึ่งเป็นอวัยวะที่มีไขมัน และเลือดไปเลี้ยงมาก จะพบโกลูอินในระดับสูง จึงมีอาการทางระบบประสาทเป็นหลัก หากได้รับติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน สมองจะถูกทำลายอย่างถาวร นอกจากนี้การได้รับพิษโกลูอินอย่างเรื้อรังยังมีผลต่อระบบภูมิคุ้มกัน มีผลต่อระบบสืบพันธุ์ มีผลต่อทารกในครรภ์ และทำลายตับ และไต กรวยไตอักเสบ และไตวายในที่สุด

พบว่าโกลูอินเมื่อเข้าสู่ร่างกาย จะมีการเปลี่ยนแปลงสารเพื่อขจัดออกจากร่างกายด้วยขบวนการเมแทบอลิซึมในตับ โดยเปลี่ยนสารดังกล่าวเป็นสารเมแทบอลิท์ เพื่อขจัดออกทางปัสสาวะ โดยส่วนใหญ่โกลูอินจะถูกขจัดออกในรูปของกรดฮิพพิวริก (Hippuric acid) ร้อยละ 80-85 โกลูอินส่วนใหญ่ถูกขับออกจากร่างกายทางปัสสาวะภายใน 12 ชั่วโมงและการจัดโกลูอินและอนุพันธ์ออกจากร่างกายจะสมบูรณ์ภายใน 24 ชั่วโมง

จากการศึกษารายงานการวิจัย พบว่า ในประเทศไทยแม้ว่าจะได้มีการศึกษาถึงปริมาณความเข้มข้นของโกลูอินในสภาพแวดล้อมการทำงาน และศึกษาผลกระทบทางด้านสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานไปบ้างแล้ว แต่ส่วนใหญ่เน้นในด้าน การตรวจสอบสภาพการปนเปื้อนในอากาศและการศึกษาเฉพาะสถานประกอบการเพื่อเปรียบเทียบกับผู้ประกอบการประเภทอื่น เช่น โรงงานผลิตสี โรงพิมพ์ ผู้ติดสารเสพติด การศึกษาในสถานประกอบการซ่อมและเคาะพ่นสีรถยนต์ยังมีจำนวน

น้อยและไม่ครอบคลุม ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการศึกษาระดับกรณีพิวริคในปัสสาวะซึ่งเป็นดัชนีทางชีวภาพการได้รับสัมผัสสารโทลูอินของพนักงานในสถานประกอบการซ่อมและเคาะพ่นสีรถยนต์ โดยจากการศึกษารายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ปัจจัยเกี่ยวกับอายุการทำงาน ลักษณะงานหรือหน้าที่รับผิดชอบ ลักษณะสถานที่ปฏิบัติงาน พฤติกรรมในขณะที่ปฏิบัติงาน ปริมาณโทลูอินในสิ่งแวดล้อมและความรู้เกี่ยวกับอันตรายและการป้องกันตนเองจากโทลูอิน น่าจะสัมพันธ์กับการได้รับโทลูอินจากการทำงานเคาะพ่นสีรถยนต์

## 11. กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 7 กรอบแนวคิดในการวิจัย