

16/0200/45

## อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและการงอของถุงมือ ต่อพารามิเตอร์ของการซึมผ่าน

### The Influence of Temperature and Glove Flexure on Permeation Parameters

รัตติกรณ์ เสี่ยงมกลาง\* พรพิมล กองทิพย์\* ชมภูศักดิ์ พูลเกษ\*

**บทคัดย่อ :** รัตติกรณ์ เสี่ยงมกลาง พรพิมล กองทิพย์ และ ชมภูศักดิ์ พูลเกษ. 2545. อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและการงอของถุงมือต่อพารามิเตอร์ของการซึมผ่าน. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์การแพทย์ 16(2) : 85-93.

ประเมินประสิทธิภาพของถุงมือไนไตรล์ในการป้องกันการซึมผ่านของสารเมทานอลภายใต้อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและการเคลื่อนไหวของมือ การทดลองประกอบด้วยการสร้างการเคลื่อนไหวมือด้วยความถี่ 0, 600, 1,200, 1,800, และ 2,400 ครั้งต่อชั่วโมง ภายในภาชนะปากกว้างบรรจุสารเมทานอล ที่อุณหภูมิ 25, 32.5, และ 40 องศาเซลเซียส น้ำหนักที่ลดลงของระบบจะถูกคำนวณและพิจารณาเป็นอัตราการซึมผ่านของสารเคมี (Permeation Rate, PR) และระยะเวลาในการป้องกันการซึมผ่านของถุงมือ (Breakthrough Time, BT) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญต่อประสิทธิภาพของถุงมือที่ใช้ทดสอบ ในการทดสอบแบบไม่มีกรงมือพบว่า ระยะเวลาในการป้องกันการซึมผ่านลดลงจาก 46.8 นาที เหลือเพียง 22.3 และ 11.2 นาที เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 25 เป็น 32.5, และ 40 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ส่วนการเคลื่อนไหวมือจะมีผลกระทบต่อระยะเวลาในการป้องกันอย่างมากที่อุณหภูมิต่ำ และจะมีผลกระทบน้อยลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิมีผลกระทบอย่างมากต่ออัตราการซึมผ่าน โดยที่อัตราการซึมผ่านจะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ได้เสนอสมการเส้นตรงเพื่อใช้ทำนายระยะเวลาในการป้องกันการซึมผ่าน และอัตราการซึมผ่าน ดังนี้  $Y_{BT} = -2X_1 - 0.004X_2 + 91.59$  และ  $Y_{PR} = 4.498X_1 - 0.003X_2 + 94.02$  ตามลำดับเมื่อ  $X_1$  และ  $X_2$  คือ อุณหภูมิและการเคลื่อนไหวของมือ

**คำสำคัญ :** ระยะเวลาในการป้องกันการซึมผ่าน อัตราการซึมผ่านคงที่ การงอของถุงมือ

\*ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยมหิดล

Department of Occupational Health, Faculty of Public Health, Mahidol University

**Abstract :** Rattigorn Sangiemklang, Pornpimol Kongtip and Chompusakdi Pulket. 2002. The influence of temperature and glove flexure on permeation parameters. Thai J Health Res 16(2) : 85-93.

The study evaluated protective glove performance under the combined effects of temperature and glove flexure conditions. The experiment was performed by creating hand movements of 0 (static), 600, 1,200, 1,800, and 2,400 flexes per hour, in a test cell at temperatures of 25, 32.5, and 40 °C. The nitrile glove was exposed to methanol in a closed system wide mouth jar. Weight loss in the closed system was determined and considered as the permeated volume. The results revealed that temperature was a significant factor in the protective performance of the gloves tested. In the static test, the breakthrough time decreased from 46.8 to 22.3 and 11.2 minutes as the temperature increased from 25 to 32.5 and 40 °C, respectively. Glove flexure highly influenced the breakthrough time at low temperatures but became less when the temperature increased. In addition, the temperature also had a great influence on the steady state permeation rate. The steady state permeation rate increased as the temperature increased. When compared to temperature, glove flexure seems to have a lesser effect on the steady state permeation rate at all levels. The study also proposed that a multi linear regression could predict the breakthrough time and steady state permeation rate with a breakthrough time,  $Y_{BT} = -2X_1 - 0.004X_2 + 91.59$  and the steady state permeation rate =  $4.498x_1 - 0.0034x_2 + 94.02$  with  $x_1$  and  $x_2$  being the temperature and the number of flexures, respectively.

**Key words :** breakthrough time, steady state permeation rate, glove flexure

---

## บทนำ

ปัญหาด้านการสัมผัสสารเคมีจากการทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม นับเป็นปัญหาที่พบได้บ่อย พนักงานอาจสัมผัสกับสารเคมีได้ในหลายขั้นตอนของการทำงาน ตั้งแต่การขนส่ง การใช้งาน จนกระทั่งการเก็บรักษาที่ผิดวิธี การสัมผัสสารเคมีอาจเกิดขึ้นได้ตั้งแต่ระดับที่รุนแรงและเฉียบพลันเป็นอันตรายถึงชีวิต จนถึงระดับต่ำไม่อันตรายเฉียบพลันแต่อาจมีผลกระทบต่อสุขภาพเรื้อรังได้ในระยะยาว กองทุนทดแทนแห่งประเทศไทย (2543) ได้รายงานว่ามีปี 2543 มีผู้ที่ได้รับอันตรายจากการสัมผัสสารเคมีมากถึง 4,236 คน

การใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลได้เข้ามามีบทบาทในการควบคุมด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยมานานมากแล้วในประเทศไทย แต่ความเข้าใจและความรู้ รวมถึงการรับการถ่ายทอดทางเทคโนโลยียังไม่อยู่ในระดับที่น่าพอใจ การเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลยังมีลักษณะของการลองผิดลองถูก ทำให้ผู้ใช้มีโอกาสได้รับอันตรายจากการสัมผัสสารเคมี แม้ว่าจะสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันแล้วก็ตาม

ถุงมือเป็นอุปกรณ์ป้องกันการสัมผัสสารเคมีที่มีการใช้ในปริมาณมาก การกำหนดความสามารถในการป้องกันสารเคมี เป็นไปตามมาตรฐานการทดสอบถุงมือของมาตรฐานอเมริกา เช่น ASTM F 739 (American Society for Testing Materials, 1985) และ ASTM F 1407 (American Society for Testing Materials, 1992) เป็นต้น อย่างไรก็ตามมาตรฐานดังกล่าวเป็นการทดสอบถุงมือในสภาพควบคุมซึ่งไม่สอดคล้องกับการทำงานในสภาพแวดล้อมจริง ที่ถุงมือจะมีการยืดหดตัวจากการเคลื่อนไหวของมือ (Perkins and Rainey, 1997) นอกจากนี้อุณหภูมิทดสอบที่ใช้ก็ไม่ครอบคลุมช่วงอุณหภูมิที่พบได้บ่อยในประเทศไทย ทำให้ผู้ใช้อุปกรณ์ป้องกันอาจมีความเสี่ยงจากการเลือกใช้ถุงมือดังกล่าวมากขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้จึงเพื่อศึกษาระยะเวลาในการป้องกันการซึมผ่านและอัตราการซึมผ่านคงที่ของถุงมือชนิดไนไตรล์เมื่อสัมผัสกับสารเมทานอลที่อุณหภูมิ 25, 32.5, และ 40 องศาเซลเซียส และมีการงอมือตั้งแต่ 0 ถึง 2400 ครั้งต่อชั่วโมง

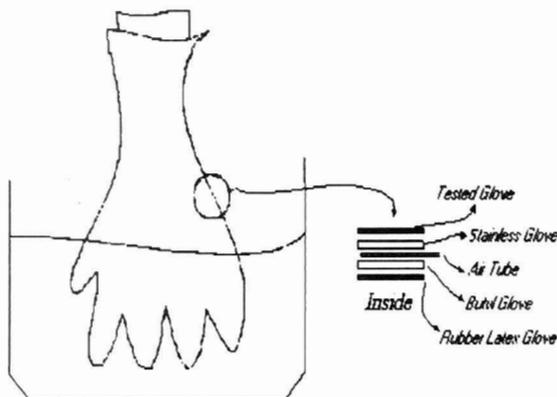
## วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

วัสดุและอุปกรณ์ประกอบด้วยถุงมือชนิดไนไตรล์ที่มีความหนา 0.015 นิ้ว ถุงมือยางบิวทิล ถุงมือตาข่ายแอสแตนเลส ถุงมือยางธรรมชาติ สารเมทานอลที่มีความเข้มข้นร้อยละ 99.9 อ่างน้ำปรับอุณหภูมิ ขวดปากกว้าง เครื่องอัดอากาศ โรตารีมิเตอร์ที่สามารถปรับให้อากาศไหลผ่านได้ 15 ลิตรต่อนาที สายยางพลาสติกใสขนาด 0.8 และ 3 มม.

การทดลองกระทำที่อุณหภูมิ  $25 \pm 1$  °C โดยการประกอบถุงมือ 4 ชนิดซ้อนเข้าด้วยกัน ถุงมือชั้นนอกสุดเป็นถุงมือที่ต้องการทดสอบคือถุงมือชนิดไนไตรล์ ถุงมือชั้นที่สองซ้อนอยู่ด้านในเป็นถุงมือตาข่ายแอสแตนเลสที่มีท่อเป่าอากาศติดตั้งอยู่ที่ปลายนิ้วมือทุกนิ้วของถุงมือตาข่ายแอสแตนเลส โดยจะให้อากาศไหลผ่านท่อด้วยอัตรา 15 ลิตรต่อนาที เพื่อเป่าไล่ไอระเหยของสารเมทานอลที่ซึม

ผ่านเข้ามาให้ระเหยออกไปในระหว่างการทดลอง ถุงมือชั้นที่ 3 ที่ซ่อนอยู่ด้านในคือถุงมือยางบิวทิล และถุงมือชั้นในสุดชั้นที่ 4 เป็นถุงมือยางธรรมชาติ โดยที่ถุงมือชั้นที่ 3 และ 4 ใส่เพื่อป้องกันสารเมทานอลที่ซึมผ่านถุงมือชั้นนอกเข้ามาไม่ให้สัมผัสกับมือของผู้ทดลอง ชุดของถุงมือที่ใช้ทดลอง แสดงในรูปที่ 1

หลังจากนั้นจึงนำถุงมือไปแช่ในสารเมทานอลที่บรรจุอยู่ในขวดปากกว้าง โดยมีการผืนที่บริเวณปากขวดให้ติดกับถุงมือไนไตรล์จนมั่นใจว่าสารเมทานอลจะไม่สามารถระเหยผ่านปากขวดออกไปได้ ปริมาณของเมทานอลในขวดที่หายไปจะเกิดจากสารเมทานอลซึมผ่านถุงมือไนไตรล์ จากนั้นจึงนำขวดปากกว้างทั้งระบบขึ้นชั่งและบันทึกน้ำหนักดังรูปที่ 2 แล้วจึงต่อสายยางที่ต่อจากเครื่องอัดอากาศผ่านโรตาร์มิเตอร์ที่ควบคุมให้อากาศไหลผ่านในปริมาณคงที่ ที่ 15 ลิตรต่อนาที เพื่อไล่ไอระเหยสะสมของสารเมทานอลออกจากด้านในของถุงมือ จากนั้นจึงเริ่มงอมือเพื่อให้เกิดการยืดหดตัวของถุงมือโดยมีความถี่ของการงอมือที่ 0, 600, 1200, 1800 และ 2400 ครั้งต่อชั่วโมง นำขวดปากกว้างที่มีถุงมือขึ้นชั่งน้ำหนัก โดยก่อนชั่งน้ำหนักจะต้องเอามือออกจากถุงมือ ชั่งน้ำหนักดังรูปที่ 2 ทุกๆ 2 นาที จนกว่าน้ำหนักจะลดลงอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ เมื่อน้ำหนักลดลงแสดงว่าเมทานอลมีการซึมผ่านถุงมือไนไตรล์และทำซ้ำจำนวน 3 ตัวอย่าง ส่วนการทดลองที่อุณหภูมิ 32.5 และ 40 °ซ ก็ทำได้ในทำนองเดียวกัน โดยอาศัยอ่างน้ำปรับอุณหภูมิควบคุมให้อุณหภูมิของสารเมทานอลอยู่ในช่วง  $\pm 1$  °ซ ของอุณหภูมิที่ต้องการ



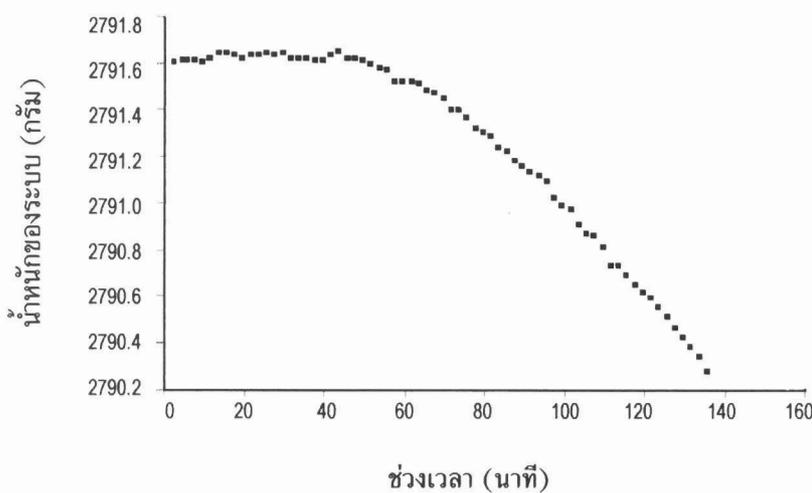
รูปที่ 1 ลำดับการสวมถุงมือในการทดลอง  
( Perkins และ Rainey , 1997)



รูปที่ 2 ขวดทดลองเมื่อประกอบสมบูรณ์

ระยะเวลาในการป้องกันการซึมผ่านจะพิจารณาจากตำแหน่งแรกของการลดลงของน้ำหนักของระบบที่เป็นไปอย่างต่อเนื่อง และอัตราการซึมผ่านในสภาวะคงที่จะคำนวณจากอัตราการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสารเมทานอลที่หายไประหว่างช่วงเวลาที่การซึมผ่านเข้าสู่สภาวะคงที่ต่อพื้นที่ผิวที่สัมผัสสารเคมี

เพื่อแสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมของการซึมผ่านของเมทานอลเข้าสู่ถุงมือยางไนไตรล์ รูปที่ 3 เป็นตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของระบบกับเวลา สังเกตได้ว่าเมื่อเวลาผ่านไปช่วงระยะหนึ่งน้ำหนักของระบบจะค่อย ๆ ลดลงจนเข้าสู่ระยะที่มีการลดลงอย่างคงที่ (Steady State) ตำแหน่งแรกของน้ำหนักที่ลดลงคือ ระยะเวลาในการป้องกันการซึมผ่าน (Breakthrough Time)



รูปที่ 3  
การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของระบบระหว่างการทดลอง

## ผลการทดลอง

### ระยะเวลาการป้องกันการซึมผ่าน

ผลการทดลองของระยะเวลาในการป้องกันการซึมผ่าน (BT) ในทุกสภาวะการงอมือและทุกอุณหภูมิได้แสดงไว้ตามตารางที่ 1 และรูปที่ 4 ซึ่งแสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่าเมื่ออุณหภูมิของสารเมทานอลเพิ่มมากขึ้น ระยะเวลาในการป้องกันการซึมผ่านก็จะลดลงอย่างรวดเร็ว เช่นในการทดลองแบบไม่มีการงอมือ พบว่าระยะเวลาในการป้องกันการซึมผ่านจะนานถึง 46.8 นาที และลดลงเหลือ 11.2 นาที เมื่ออุณหภูมิเพิ่มมากขึ้นจาก 25 เป็น 40 °ซ หรือลดลงมากกว่า 4 เท่า โดยลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลาในการป้องกันการซึมผ่านเป็นเชิงเส้นโค้งในทุกอัตราการงอมือ ในขณะเดียวกัน การเพิ่มขึ้นของความเร็วในการงอมือก็ส่งผลให้ระยะเวลาในการป้องกันการซึมผ่านลดลงด้วย อย่างไรก็ตามพบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น อิทธิพลของการงอมือต่อระยะเวลาในการป้องกันการซึมผ่านจะลดลง ดังรูปที่ 4

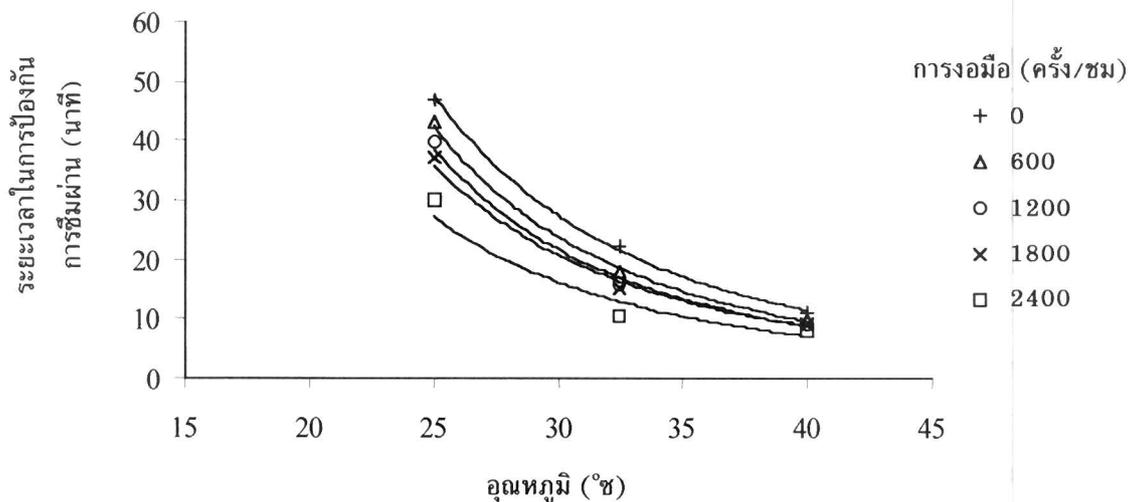
เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและอัตราการงอมือต่อการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาในการป้องกันการซึมผ่านโดยใช้การวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นพหุ สามารถสร้างสมการได้ดังนี้

BT =  $-2X_1 - 0.004X_2 + 91.59$  เมื่อ  $X_1$  และ  $X_2$  คือ อุณหภูมิและการเคลื่อนไหวของมือตามลำดับ

ตารางที่ 1 ระยะเวลาในการป้องกันการซึมผ่าน (BT)\* ภายใต้สภาวะการงอมือและอุณหภูมิที่ต่างกัน

ความถี่ของ การงอมือ (ครั้ง/ชม)	อุณหภูมิ					
	25 °ซ		32.5 °ซ		40 °ซ	
	BT*	ค่าเฉลี่ย**	BT*	ค่าเฉลี่ย**	BT*	ค่าเฉลี่ย**
0	49.5		26.5		11.5	
	47.5	46.8 ± 3.1	21.5	22.3 ± 3.6	10.5	11.2 ± 0.6
	43.5		19.5		11.5	
600	46.5		18.5		8.5	
	44.5	43.0 ± 4.2	18.5	17.8 ± 1.2	10.5	9.8 ± 1.2
	38.5		16.5		10.5	
1200	38.5		14.5		10.5	
	36.5	39.7 ± 4.2	16.5	15.8 ± 1.2	8.5	9.1 ± 1.2
	44.5		16.5		8.5	
1800	38.5		14.5		8.5	
	38.5	37.1 ± 2.3	16.5	15.1 ± 1.2	8.5	9.1 ± 1.2
	34.5		14.5		10.5	
2400	23.5		11.5		7.2	
	38.5	29.9 ± 7.6	8.5	10.4 ± 1.7	8.5	8.0 ± 0.8
	29.5		11.5		8.5	

\* BT=Break Through Time \*\*ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการป้องกันการซึมผ่านต่ออุณหภูมิที่สภาวะการงอมือต่างกัน

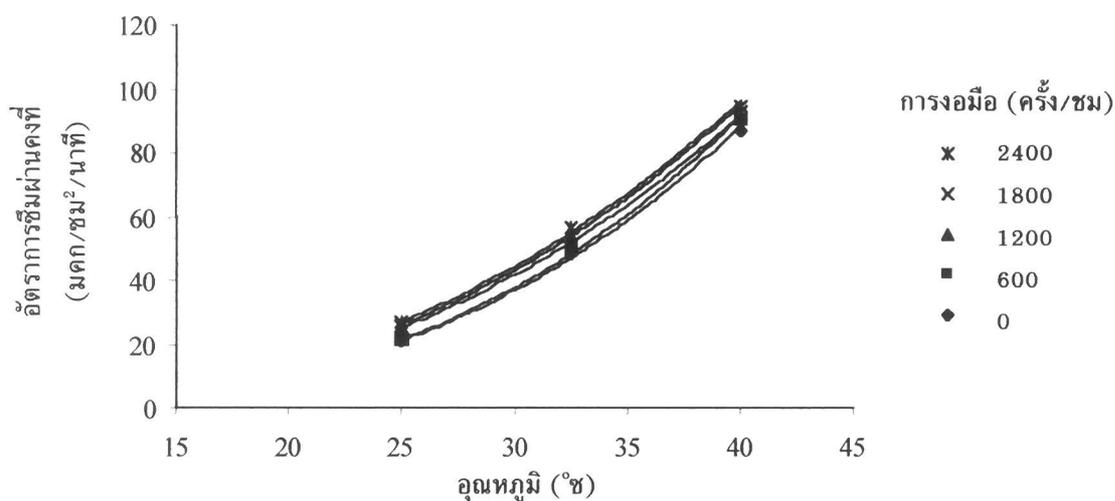
### อัตราการซึมผ่านคงที่

การซึมผ่านคงที่ (Steady state permeation rate, SSPR) โดยปกติจะมีหน่วยวัดเป็นน้ำหนักของสาร (ไมโครกรัม) ที่ซึมผ่านต่อพื้นที่ผิว 1 ตารางเซนติเมตร ต่อ 1 นาที ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 2 และ รูปที่ 5

ตารางที่ 2 อัตราการซึมผ่านคงที่ (SSPR)\* ภายใต้สภาวะการงอมือและอุณหภูมิที่ต่างกัน

ความถี่ของ การงอมือ (ครั้ง/ชม)	อุณหภูมิ					
	25 °ซ		32.5 °ซ		40 °ซ	
	SSPR*	ค่าเฉลี่ย**	SSPR*	ค่าเฉลี่ย**	SSPR*	ค่าเฉลี่ย**
0	19.2		47.1		89.2	
	23.2	20.8 ± 2.1	46.8	48.5 ± 2.7	86.1	87.1 ± 1.8
	20.0		51.7		86.1	
600	26.0		51.2		93.7	
	19.0	21.3 ± 3.9	48.2	49.5 ± 1.6	90.7	90.5 ± 3.2
	19.6		49.2		87.3	
1200	30.3		59.6		82.8	
	21.5	24.9 ± 4.6	46.9	54.0 ± 6.5	96.3	90.6 ± 7.1
	23.8		55.4		93.2	
1800	25.4		55.2		102.9	
	24.2	25.6 ± 1.6	56.5	56.5 ± 1.3	88.0	93.1 ± 8.3
	27.4		57.8		89.2	
2400	30.0		59.4		89.9	
	22.1	26.8 ± 4.3	54.6	57.0 ± 3.4	83.8	95.0 ± 15.9
	29.1		-		113.9	

\* SSPR=Steady State Permeation Rate \*\*ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการป้องกันการซึมผ่านต่ออุณหภูมิที่สภาวะการงอมือต่างกัน

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิและการงอมือมีผลกระทบต่ออัตราการซึมผ่านคั่งที่ของถุงมือ กล่าวคือเมื่ออุณหภูมิสูงและอัตราการงอมือเพิ่มขึ้น การซึมผ่านก็จะมากขึ้นตามไปด้วย อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิและการงอมือ พบว่าอุณหภูมิมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราการซึมผ่านสูงกว่า ในการทดลองแบบไม่มีการงอมือ อัตราการซึมผ่านที่ 25 °ซ มีค่าเท่ากับ 20.8 ไมโครกรัม/ซม<sup>2</sup>/นาที่ และเพิ่มขึ้นเป็น 87.1 ไมโครกรัม/ซม<sup>2</sup>/นาที่ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 40 °ซ หรือเพิ่มขึ้นมากกว่า 4 เท่า ในขณะที่เมื่ออุณหภูมิกิ่งที่ 25 °ซ และเพิ่มการงอมือจาก 0 ไปสู่ 2400 ครั้งต่อชั่วโมง จะทำให้อัตราการซึมผ่านเพิ่มขึ้นเป็น 26.8 ไมโครกรัม/ซม<sup>2</sup>/นาที่ เท่านั้น

เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและการงอมือต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราการซึมผ่านคั่งที่ โดยใช้การวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นพหุ สามารถสร้างสมการได้ดังนี้  $SSPR = 4.498x_1 - 0.0034x_2 + 94.02$  เมื่อ  $x_1$  และ  $x_2$  คือ อุณหภูมิและการเคลื่อนไหวของมือตามลำดับ

## วิจารณ์

ผลการทดลองที่ได้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา (Perkins and Rainey, 1997; Alexy and Buchan, 1987; Vahdat and Bush, 1989) ซึ่งพบว่าอุณหภูมิและการงอมือมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพในการป้องกันการซึมผ่าน ถึงแม้ว่าจะใช้มาตรฐานในการทดสอบต่างกัน อย่างไรก็ตาม มาตรฐานการทดสอบที่ใช้ในปัจจุบัน (American Society for Testing Materials, 1985; American Society for Testing Materials, 1992) ทั้ง 2 วิธี จะทำการทดสอบถุงมือเพียงบางส่วนเท่านั้น โดยวัดการซึมผ่านของสารเคมีเมื่อให้สารเคมีสัมผัสกับถุงมือและจะวัดการซึมผ่านของถุงมือที่อุณหภูมิปกติเท่านั้น ในขณะที่งานวิจัยนี้จะวัดการซึมผ่านโดยใช้ถุงมือทั้งถุงมือ ดังนั้นผลการทดลองที่น่าจะให้ค่าที่มีความใกล้เคียงกับความเป็นจริง นอกจากนี้มาตรฐานการทดสอบที่ใช้ในปัจจุบันยังไม่สามารถประเมินประสิทธิภาพของถุงมือในกรณีที่มีการงอของมือขณะทำงานด้วย ซึ่งการทำงานเมื่อพนักงานใช้ถุงมือจะต้องมีลักษณะการงอมือร่วมอยู่ด้วย จากผลการทดลองทำให้สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. อุณหภูมิมีผลกระทบอย่างมากต่อระยะเวลาป้องกันการซึมผ่าน และอัตราการซึมผ่านคั่งที่ในขณะที่การงอมือมีผลกระทบที่น้อยกว่า
2. ระยะเวลาป้องกันการซึมผ่านจะแปรผกผันต่ออุณหภูมิ ในขณะที่อัตราการซึมผ่านแปรผันตรงต่ออุณหภูมิในรูปแบบสมการกำลัง
3. ผลการทดลองแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าคำแนะนำการใช้งานถุงมือจากบริษัทผู้ผลิตเป็นการทดสอบตามวิธีมาตรฐาน อาจจะไม่เหมาะสมเมื่อมีการใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงและมีการงอของมือ ซึ่งพบได้ในสภาวะปกติในประเทศไทย

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัท ผลัญญา จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างถุงมือตลอดการทดลอง

## เอกสารอ้างอิง

กองทุนเงินทดแทน. 2543. สถิติการเจ็บป่วยจากการทำงาน.

American Society for Testing Materials (ASTM). 1985. Standard Test Method for Resistance of Protective Clothing Materials to Permeation by Liquids or Gases Under Condition of Continuous Contact F 739 – 85.

American Society for Testing Materials (ASTM). 1992. Standard Test Method for Resistance of Protective Clothing Materials to Permeation by Liquid – Permeation Cup Method F 1407 – 92 .

Alexy B. and Buchan RM. 1987. Temperature as a variable in evaluating the permeability of 1,1,1 trichloroethane through four type of chemical protective clothing. AIHA 48:A104-9.

Perkins JL. and Rainey KC. 1997. The effect of glove flexure on permeation parameters. Appl Occup Environ Hyg 12: 206–210.

Vahdat N. and Bush MM., 1989. Influence of temperature on the permeation properties of protective clothing materials. In: Perkins JL. and Stull JO. (editors). Chemical Protective Clothing Performance in Chemical Emergency Response ASTM STP 1037. Philadelphia (PA).