ข้อมูลข่าวสาร วศ.

ข้อมูลข่าวสารของกรมวิทยาศาสตร์บริการ
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

วศ
กฟ
อว 46

เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง

นักวิทยาศาสตร์ 7 ว.

เรื่องที่ 1

การศึกษาหาปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำ จากถุงมือยางทางการแพทย์ และเทคนิคการลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำ

ของ

นาง ดรุณี วัชราเรืองวิทย์

นักวิทยาศาสตร์ 6 ว.

กลุ่มงานเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ 1

กองฟิสิกส์และวิศวกรรม

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง

นักวิทยาศาสตร์ 7 ว.

เรื่องที่ 1

การศึกษาหาปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำ จากถุงมือยางทางการแพทย์ และเทคนิคการลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำ

ด้วยอภินันทนาการ
จาก
กฟ.

เลขหมู่ กฟ
ฮว 46
เลขทะเบียน 9940
วันที่ 11 เม.ย. 44

ของ

นาง ดรุณี วัชราเรืองวิทย์

นักวิทยาศาสตร์ 6 ว.

กลุ่มงานเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ 1

กองฟิสิกส์และวิศวกรรม

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำ จากถุงมือยางทางการแพทย์ที่ทำจากยางธรรมชาติ โดยการสกัดถุงมือยางด้วยน้ำกลั่นและ / หรือ Buffer phosphate saline ที่อุณหภูมิ 37±2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมงจากนั้น centrifuge เพื่อแยกตะกอนของแป้งออก แล้วตกตะกอนแยกโปรตีนที่บริสุทธิ์ออกจากสารละลาย และละลายตะกอนของโปรตีนที่บริสุทธิ์ นำมาวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนด้วย Lowry Modified Method for Protien Analysis ซึ่งทำให้เกิดสีในสารละลายขึ้น แล้ววิเคราะห์เปรียบเทียบ กับสารละลายโปรตีนมาตรฐานที่เตรียมจาก Ovalbumin Chicken egg albumin และใช้เครื่องUV.-VIS Spectrophotometer วัดการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่นแสง 750 nm

ผลการวิเคราะห์พบว่าในถุงมือยางทางการแพทย์ ที่มีแป้งเป็นตัวช่วยในการหล่อลื่น จะมีโปรตีนที่ละลายน้ำได้สูงกว่าถุงมือยางทางการแพทย์ ชนิดที่ไม่มีแป้งหล่อลื่น

นอกจากนี้ยังศึกษาหาเทคนิค วิธีการลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำจากถุงมือยางทางการแพทย์ ด้วยการล้างด้วยน้ำประปา 1 ครั้ง ผลการทดลองพบว่า สามารถลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำลงได้ประมาณครึ่งหนึ่ง ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีที่ประหยัด สะดวก รวดเร็ว และให้ผลดี

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้ได้นำไปเผยแพร่ ท่ายทอดให้แก่โรงงานอุตสาหกรรม เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาอุตสาหกรรมถุงมือยาง เพื่อจะแข่งขันกับประเทศต่างๆในตลาดการค้าโลกได้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	i
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.2 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.3 ระยะเวลาในการดำเนินการ	3
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	3
บทที่ 2 โปรตีนในน้ำยาง-และการผลิต	4
2.1 โปรตีนในน้ำยางธรรมชาติ	4
2.2 กระบวนการผลิตถุงมือยาง	5
2.3 การลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้	6
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินการ ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	8
3.1 วิธีการดำเนินการ	8
3.2 วัสดุและอุปกรณ์	8
3.3 ขั้นตอนการวิจัย	10
3.4 ผลการศึกษาวิจัย	16
บทที่ 4 การลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้	20
4.1 การศึกษาเพื่อลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากถุงมือยาง	20
4.2 ปัญหาและอุปสรรค	22
4.3 ข้อเสนอแนะ	23
4.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	23
กิตติกรรมประกาศ	24
เอกสารอ้างอิง	25
ภาคผนวก	26

การพัฒนาวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำ จากถุงมือยางทางการแพทย์ และเทคนิคการลดปริมาณโปรตีน

บทที่ 1
บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศที่ผลิตยางธรรมชาติ เป็นอันดับหนึ่งของโลกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534 เป็นต้นมา และในปี พ.ศ. 2538 ได้ผลผลิตยางรวมประมาณ 1.8 ล้านตัน แต่มีการนำมาใช้ภายในประเทศเพียงร้อยละ 8 ของที่ผลิตได้เท่านั้น ที่เหลือร้อยละ 92 ส่งออกไปจำหน่ายต่างประเทศในรูปวัตถุดิบ เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าการส่งออก จึงควรส่งเสริมให้มีการนำวัตถุดิบยางธรรมชาติ มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ให้มากขึ้น ถุงมือยางทางการแพทย์ เป็นผลิตภัณฑ์ประเภทหนึ่งที่ผลิตจากยางธรรมชาติ เกือบร้อยเปอร์เซ็นต์ เป็นสินค้าที่ใช้ยางธรรมชาติเป็นวัตถุดิบในการผลิตมากเป็นอันดับสอง และส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศเป็นจำนวนมาก มีโรงงานผลิตถุงมือยางทางการแพทย์ ซึ่งได้รับการส่งเสริมการลงทุนอยู่ถึง 138 ราย แต่ปัจจุบันยังคงเหลือโรงงานที่ผลิตอยู่เพียง 40 ราย มีกำลังการผลิตถุงมือยางรวมประมาณ 5,600 ล้านคู่ต่อปี[1] คิดเป็นมูลค่าการส่งออกในปี พ.ศ. 2537 ประมาณ 4,200 ล้านบาท และในปี พ.ศ. 2538 ส่งออกประมาณ 5,000 ล้านบาท แต่มีประเทศคู่แข่งทางการค้าของไทยอีกหลายประเทศ คือ มาเลเซีย อินโดนีเซีย อินเดีย และไต้หวัน ที่ผลิตถุงมือยางทางการแพทย์ ส่งไปจำหน่ายยังประเทศใน ยุโรปและ สหรัฐอเมริกา ในปี พ.ศ. 2538 มาเลเซียส่งถุงมือยางไปจำหน่ายยังสหรัฐอเมริกาเป็นมูลค่าประมาณ 50,000 ล้านบาท[2] ซึ่งมากกว่าไทยถึง 10 เท่า ดังนั้นประเทศไทยจะต้องพัฒนาคุณภาพของถุงมือยาง ให้มีคุณภาพเป็นไปตามความต้องการของตลาดโลกเพื่อเพิ่มมูลค่าการส่งออกให้สูงขึ้น

ในช่วงประมาณ 10 ปีที่ผ่านมา วารสารทางการแพทย์ของยุโรปและวารสารจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา ได้รายงานว่ามีผู้แพ้โปรตีนที่มีอยู่ในยางธรรมชาติที่ใช้ทำอุปกรณ์ทางการแพทย์ และมีแนวโน้มที่มีจำนวนผู้แพ้เพิ่มขึ้น

โดยรายงานระบุว่ามีผู้แพ้มากกว่า 600 ราย มีอยู่ 16 รายที่มีอาการหนักและถึงแก่ชีวิต ในปี พ.ศ. 2535 สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา และที่ประชุมขององค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (International standard Organization) คณะทำงานคณะที่ 45 (ISO/TC 45) Rubber and Rubber Products ได้พิจารณาที่จะกำหนดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำจากถุงมือยางทางการแพทย์ขึ้น ในปี พ.ศ. 2535 โดยได้รับการสนับสนุนจากประเทศมาเลเซียซึ่งสามารถผลิตน้ำยางโปรตีนต่ำ ส่วนประเทศไทยเป็นผู้ผลิตทั้งน้ำยางและผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง ต้องพึ่งตลาดต่างประเทศจะได้รับผลกระทบโดยตรง เพราะสารละลายโปรตีนเป็นสิ่งที่มีอยู่แล้วในยางธรรมชาติ ดังนั้นกลุ่มงานเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ 1 งานวิเคราะห์ทดสอบยาง ได้ดำเนินการศึกษาทดลองและพัฒนาหาวิธีการวิเคราะห์ หาปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำในถุงมือยาง เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับชี้แจงคณะทำงานที่ 45 ของ ISO และช่วยโรงงานผลิตถุงมือยางในประเทศให้สามารถผลิตถุงมือยางที่มีโปรตีนต่ำ

ในการประชุม ISO/TC 45 ณ เมืองเมดาน ประเทศอินโดนีเซีย ระหว่างวันที่2-8 ตุลาคม 2538 มีมติให้ประเทศมาเลเซียและประเทศไทย ปรับปรุงวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำ จากถุงมือยางทางการแพทย์ตาม Working Group Draft ISO / WD 12243 ซึ่งกลุ่มงานเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ 1 กองฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ ได้รับการพิจารณาและได้รับการอนุมัติให้เป็นหน่วยงานเข้าร่วมทำ Round Robin Test กับประเทศมาเลเซีย โดยจะนำผลการวิเคราะห์และวิธีการวิเคราะห์ที่ถูกต้องและเหมาะสมไปร่วมพิจารณาในการประชุม ISO/TC 45 Rubber and Rubber Products ในครั้งที่ 44 ณ. ประเทศอัฟริกาใต้ เพื่อพิจารณากำหนดเป็นมาตรฐานวิธีวิเคราะห์ใน ISO Standard ต่อไป

นอกจากนี้เพื่อเป็นการส่งเสริมคุณภาพถุงมือยางทางการแพทย์ ในการส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ โดยเฉพาะสหรัฐอเมริกา งานวิเคราะห์ทดสอบยางได้จัดหาตัวอย่างถุงมือยางมาวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำ ตลอดจนได้ศึกษาทดลองหาวิธีการลดปริมาณโปรตีน เพื่อให้โรงงานผู้ผลิตถุงมือยางทางการแพทย์ผลิตถุงมือที่มีคุณภาพเป็นไปตามความการของลูกค้า และช่วยลดอัตราการเสี่ยงต่อการแพ้โปรตีนที่มีอยู่ในยางธรรมชาติ ต่อผู้ที่นำถุงมือยางที่ผลิตจากยางธรรมชาติมาใช้อีกด้วย

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัยทดสอบ

1.1.1 เพื่อหาปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำ ที่สกัดถุงมือยางทางการแพทย์ที่ผลิตจากยางธรรมชาติ

1.1.2 เพื่อพัฒนาวิธีการวิเคราะห์

1.1.3 เพื่อหาเทคนิควิธีการลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำ จากถุงมือทางการแพทย์

1.1.4 เพื่อนำผลการวิเคราะห์ไปพิจารณากำหนด เป็นมาตรฐานวิธีวิเคราะห์ในการประชุม ISO / TC 45 Rubber and Rubber Products ครั้งที่ 44 ระหว่างวันที่ 28 ตุลาคม ถึง วันที่ 2 พฤศจิกายน พ.ศ. 2539 ณ เมืองเคปทาวน์ ประเทศอาฟริกาใต้

1.2 ขอบเขตของการศึกษาวิจัยทดสอบ

1.2.1 ศึกษาหาปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำ ในตัวอย่างถุงมือยางทางการแพทย์ที่ผลิตจากยางธรรมชาติ จำนวน 12 ตัวอย่าง

1.2.2 หาเทคนิควิธีการลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำ ในตัวอย่างถุงมือยางทางการแพทย์ที่ผลิตจากยางธรรมชาติ จำนวน 5 ตัวอย่าง

1.2.3 ศึกษาหาปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำ ในตัวอย่างถุงมือยางทางการแพทย์ที่ผลิตในประเทศมาเลเซีย โดยใช้สารเคมีที่ประเทศมาเลเซียเตรียมและส่งมาให้ เปรียบเทียบกับการวิเคราะห์โดยใช้สารเคมี ของห้องปฏิบัติการกรมวิทยาศาสตร์บริการ รวม 6 ตัวอย่าง และเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ กับคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3 ระยะเวลาในการดำเนินการ

สิงหาคม 2538 - กรกฎาคม 2539 รวมเป็นเวลา 12 เดือน

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.4.1 ได้วิธีการวิเคราะห์ที่เหมาะสมและให้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้อง

1.4.2 ทำให้ทราบสถานะและศักยภาพของโรงงานผู้ผลิตถุงมือยางทางการแพทย์ภายในประเทศ

1.4.3 เพื่อให้โรงงานนำเทคนิคการลดโปรตีนที่ละลายน้ำ จากถุงมือทางการแพทย์ไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของถุงมือยางให้มีคุณภาพดีขึ้น

บทที่ 2
โปรตีนในน้ำยางและการผลิต
2.1 โปรตีนในน้ำยางธรรมชาติ[3]

น้ำยางสดธรรมชาติประกอบด้วย อนุภาคยางที่แขวนลอยกระจายอยู่ในของเหลวที่เป็นเซรั่ม และสารที่ไม่ใช่ยางได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และสารอนินทรีย์อื่นๆ เช่น แมกนีเซียม แคลเซียม เหล็ก สังกะสี ทองแดง และ มังกานีส เป็นต้น สารที่ไม่ใช่ยางเหล่านี้มีโปรตีนอยู่ประมาณร้อยละ 1-1.8 ของน้ำยาง และคิดเป็น 30-50 มิลลิกรัมต่อ 1 กรัมของยางแห้ง โปรตีนในน้ำยางนี้พบทั้งในส่วนของยาง (Rubber phase) และในส่วนของเซรัม (Serum phase) โปรตีนที่สำคัญที่พบในส่วนของเซรัม คือ แอลฟา-โกลบูลิน (α-globulin) เฮวิน (Hevein) และเฮวามีน (Hevamine) สำหรับที่พบในส่วนของยาง เป็นโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 14 KD, 20 KD และ 27 KD อย่างไรก็ตามมีรายงานบางฉบับ [4,5] คาดว่า โปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโพลีเมอร์ไรซ์ เซชันของยางมี Rubber Elongation Factor (REF) ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีอยู่ในส่วนของ Rubber phase และมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 14 KD และอาจเป็นโปรตีนหลักตัวเดียวที่เป็นสาเหตุของการแพ้ แต่มีรายงานบางฉบับที่กล่าวถึงชนิดของโปรตีนในน้ำยางธรรมชาติ ที่เชื่อว่าเป็นสาเหตุสำคัญของอาการแพ้ คือ โปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุล 27 KD และ 20 KD

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ทำให้ประเทศผู้ใช้ถุงมือยางที่ทำจากยางธรรมชาติพยายามที่จะกำหนดปริมาณโปรตีน ในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากยางธรรมชาติ โดยเฉพาะถุงมือยางทางการแพทย์และอุปกรณ์ทางการแพทย์อื่นๆ (Medical devices) เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาที่อาจเกิดอาการแพ้จากการใช้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าว

2.2 กระบวนการผลิตถุงมือยางจากน้ำยางธรรมชาติ[3]

ในการผลิตถุงมือยางจากน้ำยางธรรมชาติ มีขั้นตอนต่างๆที่สำคัญดังนี้

1. รักษาสภาพน้ำยาง
2. เตรียมสารเคมีที่จะผสมลงไปในน้ำยาง ให้อยู่ในลักษณะดิสเพอชัน (Dispersion), สารละลาย (Solutions) หรือ เป็นอีมัลชั่น (Emulsions)
3. ผสมน้ำยางและสารเคมีตามสูตร แล้วบ่มไว้
4. นำไปเข้ากระบวนการผลิต โดยวิธีเอาแบบมาจุ่ม (Dipping) ในน้ำยาง
5. ล้างสารเคมีที่ตกค้าง (Leaching)
6. ทำให้แห้ง แล้วทำให้คงรูป
7. ตกแต่งผิว เช่นใช้แป้งเพื่อหล่อลื่น หรือทำคลอริเนชัน (Chlorination)

ในสูตรการทำถุงมือยาง สารเคมีต่างๆที่ผสมลงไป ได้แก่ สารที่ช่วยในการรักษาสภาพน้ำยาง กำมะถัน สารเร่งปฏิกิริยา สารป้องกันยางเสื่อม ตัวเติม และอาจมีสารช่วยเพิ่มความหนืด (Thickener) ถ้าจำเป็นและเมื่อมีการบ่มยาง ก็จะมีการเปลี่ยนแปลงต่างๆเกิดขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเวลาและอุณหภูมิในการบ่ม

การล้างสารเคมีที่ตกค้าง เป็นวิธีมาตรฐานในกระบวนการผลิตถุงมือยาง โดยมีจุดประสงค์ในการล้างสารที่ละลายน้ำได้ออกไป เพื่อลดการเกิดสีขุ่น การเปลี่ยนสี หรือการดูดน้ำของถุงมือยาง

การล้างทำได้ 2 แบบ

แบบ Dry film leaching ซึ่งหมายถึงเมื่อผ่านการทำให้คงรูปแล้วจึงผ่านไปในถังล้าง จากนั้นทำให้แห้ง แล้วถอดออกจากแบบพิมพ์

แบบ Wet gel leaching หมายถึงเมื่อจุ่มแบบพิมพ์ลงในถังน้ำยาง ทำให้หมาดแล้วผ่านไปในถังล้างก่อนทำให้แห้ง และทำให้คงรูป ตามลำดับ

โดยที่การล้างเป็นกระบวนการที่ควบคุมโดยการแพร่ของสารเคมีในตัวกลาง 2 แบบ (Diffusion controlled process) การทำ Wet gel leaching จะมีประสิทธิภาพมากกว่า Dry film leaching ในการกำจัดสารเคมีที่ละลายน้ำได้ แต่อาจมีข้อยกเว้นสำหรับการกำจัดสารโปรตีน

2.3 การลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติ[4]

น้ำยางผสมสารเคมีจะมีปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ และสามารถสกัดออกมาได้ประมาณ 1 มิลลิกรัมต่อ 1 กรัมของยางแห้ง ซึ่งเป็นผลมาจากการใส่โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) และ Surfactants ซึ่งสามารถละลายโปรตีนได้มากขึ้น อย่างไรก็ตาม การให้ความร้อนกับน้ำยางผสมสารเคมี หรือแผ่นฟิล์มที่ได้จากน้ำยางผสมสารเคมีนั้น จะทำให้สามารถวัดปริมาณโปรตีนที่สกัดได้เพิ่มขึ้นถึง 2 มิลลิกรัมต่อ 1 กรัมของยางแห้ง หรือมากกว่า แม้จะทำการล้างสารเคมี (leaching) เพื่อลดปริมาณของสารตกค้างได้บ้าง แต่ขั้นตอนการทำให้แห้งก็ทำให้แผ่นฟิล์มได้รับความร้อนอีก จะทำให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มมากขึ้นด้วยเหตุผลนี้จึงทำให้การทำ dry film leaching จำเป็นในกระบวนการผลิตถุงมือและถุงยางอนามัย ซึ่งต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณโปรตีนอยู่น้อย เพื่อให้เกิดอาการแพ้น้อย อย่างไรก็ตาม wet gel leaching ก็จะสามารถกำจัดโปรตีนได้ในระดับหนึ่ง แต่การที่ถุงมือในแบบพิมพ์ต้องผ่านขั้นตอนการทำให้ยางคงรูป ซึ่งจะทำให้เมื่อมีการล้างแล้วต้องทำให้แห้งอีก ดังนั้นจึงควรทำให้แห้งที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อป้องกันการเคลื่อนย้ายของโปรตีนมาอยู่ที่ผิวของถุงมือยาง[2,3]

นอกจากการปรับปรุงกระบวนการผลิตในขั้นตอนการทำ leaching แล้ว การที่จะลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ จากการสกัดถุงมือยางให้มีปริมาณอยู่ในระดับ 0.1 มิลลิกรัมต่อ 1 กรัมของน้ำหนักถุงมือยาง หรือในระดับ 100 ไมโครกรัมต่อ 1 กรัมของยางแห้ง สามารถทำได้ 5 วิธี คือ[6]

1. การใช้น้ำยางพรีวัลคาไนซ์ในการผลิตถุงมือ ในขั้นตอนการล้างให้ทำ wet gel leaching ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที แล้วทำ dry film leaching โดยการจุ่มหรือพ่นน้ำ

2. การใช้น้ำยางพรีวัลคาไนซ์ที่ปั่นซ้ำ (recentrifuged prevulcanised latex) และในขั้นตอนการล้างให้ทำ wet gel leaching ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที แล้วทำ dry film leaching

3. ใช้น้ำยางโปรตีนต่ำมาผลิต และในขั้นตอนการล้างให้ทำ wet gel leaching ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาทีแล้วทำ dry film leaching ต่อ

4. การทำคลอริเนชัน (chlorination) ที่ผิวของถุงมือยาง โดยการจุ่มลงในสารละลายคลอรีนก่อน แล้วทำให้แห้ง

5. การใช้พอลิเมอร์สังเคราะห์เคลือบที่ผิวของถุงมือยาง โดยการจุ่มลงในน้ำยางสังเคราะห์ เช่น โคพอลิเมอร์ของ 2-hydroxyethyl methacrylate กับ monomer ต่างๆ หลายชนิด

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินการ

3.1 การวิเคราะห์ทดสอบใช้เวลาดำเนินการ 11 เดือน (พ.ย.2538-ก.ย.2539) โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.1.1 จัดซื้อสารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

3.1.2 จัดหาตัวอย่างถุงมือทางการแพทย์ จำนวน 17 ตัวอย่าง

3.1.3 เตรียมสารเคมีต่างๆ

3.2 วัสดุและอุปกรณ์

3.2.1 ตัวอย่างถุงมือยางทางการแพทย์ ที่ผลิตจากยางธรรมชาติจำนวน 12 ตัวอย่าง

3.2.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ทุกตัวเป็น Analytical grade และน้ำที่ใช้ในการวิเคราะห์ เป็นน้ำกลั่นซ้ำ 2 ครั้ง

3.2.2.1 สารละลายกรด Trichloroacetic (TCA) ความเข้มข้น ร้อยละ 40 (มวล /ปริมาตร) โดยละลายในน้ำกลั่น

3.2.2.2 สารละลายกรด Dodeca-Tungstophosphoric (Phosphotungstic acid , PTA) ความเข้มข้นร้อยละ 40 (มวล/ปริมาตร) โดยละลายในน้ำกลั่น

3.2.2.3 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์

3.2.2.4 สารละลาย tri-Sodium citrate dihydrate ความเข้มข้นร้อยละ 3 (มวล/ปริมาตร) โดยละลายในน้ำกลั่น

3.2.2.5 น้ำยา Folin-Ciocalteu ความเข้มข้นร้อยละ 72 (มวล/ปริมาตร)

3.2.2.6 น้ำยา A:สารละลาย Sodium carbonate anhydrous ความเข้มข้นร้อยละ 6 (มวล/ปริมาตร)

3.2.2.7 น้ำยา B:สารละลาย Copper sulfate pentahydrate ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 (มวล/ปริมาตร) ในสารละลาย Sodium citrate (ข้อ 3.2.4)

3.2.2.8 น้ำยา C:ให้เตรียมใหม่ทุกครั้งก่อนทำการวิเคราะห์ โดยใช้น้ำยา A (ข้อ 3.2.2.6) ปริมาตร 50 มิลลิลิตรผสมกับน้ำยา B (ข้อ 3.2.2.7) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร

3.2.2.9 โปรตีนมาตรฐาน Ovalbumin (chicken egg albumin)

3.2.3 อุปกรณ์

3.2.3.1 ฟลาสก์พลาสติกชนิดโพลีโพรไพลีนขนาด 250 มิลลิลิตรจำนวน 12ใบ

3.2.3.2 ขวดพลาสติกพร้อมฝาชนิดโพลีโพรไพลีนขนาด 50 มิลลิลิตร จำนวน 60 ใบ

3.2.3.3 ปิเปตพลาสติกชนิดปรับปริมาตรได้ขนาด 0.2-1.0 มิลลิลิตร , 5 มิลลิลิตร และ 10 มิลลิลิตร

3.2.3.4 บีกเกอร์ชนิดทนความร้อน ขนาด 400 มิลลิลิตร 2 ใบ บีกเกอร์พลาสติก ขนาด 3 ลิตร 1 ใบ

3.2.3.5 เซลล์ชนิดไมโครสำหรับวัดการดูดกลืนแสง (Polystyrene micro cuvette) จำนวน 50 อัน

3.2.3.6 ฟิล์มพลาสติก (Parafilm) 1 กล่อง

3.2.3.7 กระดาษเช็งทำแบบตัดขนาด 7x7 ตารางเซ็นติเมตร, กรรไกร 1 อัน

3.2.3.8 ถุงมือพลาสติก 10 คู่, ถุงพลาสติกขนาด 3x5 นิ้ว จำนวน 30 ใบ

3.2.4 เครื่องมือ

3.2.4.1 เครื่องชั่งไฟฟ้า ชั่งได้ละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

3.2.4.2 เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) ซึ่งมีอัตราเร็วรอบในการหมุนไม่น้อยกว่า 2000Xg

3.2.4.3 อ่างน้ำที่เขย่าได้ (Shaking water bath) ซึ่งควบคุมอุณหภูมิ เวลา และจำนวนรอบในการเขย่าได้

3.2.4.4 เครื่องผสมแบบวอร์เทกซ์ (Vortex mixer)

3.2.4.5 UV.-Visible Spectrophotometer

3.2.4.6 ตู้อบความร้อนชนิดชนิดมีพัดลมภายใน ซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิได้

ข้อควรระวัง[7]

อุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ที่สกัดจากถุงมือยางทางการแพทย์จะต้องทำจากพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน หรือพลาสติกชนิดโพลีสไตรีน เพื่อป้องกันการเกาะติดของโปรตีนกับผิวด้านในของอุปกรณ์ เนื่องจากโปรตีนเป็นสารที่โมเลกุลมีขั้วเป็นพวกโพลา ถ้าใช้อุปกรณ์ที่ทำจากแก้วซึ่งเป็นสารที่โมเลกุลมีขั้วโพลาเช่นกัน ก็จะเกิดการเกาะติดของโปรตีน ที่ผิวด้านในของอุปกรณ์ที่ทำจากแก้ว ทำให้ผลการวิเคราะห์ผิดไป

3.3 ขั้นตอนการวิจัย

3.3.1 เตรียมชิ้นตัวอย่าง

ตัดกระดาษแข็งให้มีขนาด 7x7 ตารางเซ็นติเมตร สวมถุงมือพลาสติกแล้ววางกระดาษแข็งบนถุงมือยางตัวอย่างตรงบริเวณฝ่ามือ ใช้กรรไกรที่มีความคมตัดถุงมือยาง ให้ได้ขนาดเท่ากระดาษ ถุงมือ 1 ข้าง จะได้ชิ้นตัวอย่าง 2 ชิ้น เตรียมชิ้นตัวอย่างทั้งหมด จำนวน 5 ข้าง ต่อ 1 ตัวอย่าง

3.3.2 การดำเนินการ[7]

3.3.2.1 ชั่งน้ำหนักฟลาสก์ ใช้คีมคีบชิ้นตัวอย่างใส่ลงในฟลาสก์ แล้วชั่งน้ำหนักใหม่อีกครั้งจดน้ำหนักของชิ้นตัวอย่างอ่านค่าละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง

3.3.2.2 เติมน้ำกลั่นลงในฟลาสก์ปริมาตร 20 มิลลิลิตร

3.3.2.3 ปิดปากฟลาสก์ด้วยแผ่นฟิล์มพลาสติก (parafilm) แล้วนำไปใส่ในอ่างน้ำที่เขย่าได้ (shaking water bath) ปรับตั้งอุณหภูมิที่ 37 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทุกๆ 30 นาที เขย่าฟลาสก์เป็นเวลา 30 วินาที เมื่อครบ 3 ชั่วโมง ยกฟลาสก์ออก เขย่าแล้วเทส่วนที่เป็นของเหลวทั้งหมดลงในขวดพลาสติก ปิดฝาให้สนิท

3.3.2.4 นำขวดพลาสติกไปปั่นแยก ด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) ด้วยความเร็วรอบไม่น้อยกว่า 2000xg เป็นเวลา 20 นาที เพื่อแยกส่วนที่ปนเปื้อนและตะกอนของแป้งออก

3.3.2.5 ใช้ปิเปตพลาสติกดูดสารละลายส่วนที่ใสปริมาตร 6 มิลลิลิตรใส่ใน ขวดพลาสติกใบใหม่ เติมสารละลาย 35% TCA ลงไป 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมแบบเวอร์เทกซ์ แล้วเติมสารละลาย 40% PTA ลงไป 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ปิดฝาให้สนิทตั้งทิ้งไว้ 20 นาที

3.3.2.6 นำขวดพลาสติกไปปั่นแยก เพื่อให้ตะกอนของโปรตีนรวมตัวกันเป็นก้อนแข็งใช้ความเร็วรอบในการหมุนเหวี่ยงไม่น้อยกว่า 6000xg เป็นเวลา 40+5 นาที เทส่วนที่เป็นของเหลวทิ้ง คว่ำขวดพลาสติกลงบนกระดาษกรองเพื่อให้ส่วนที่เป็นของเหลวไหลออกหมด

3.3.2.7 ละลายตะกอนโปรตีนในขวดพลาสติก ด้วยสารละลายโซเดียม-ไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าขวด

พลาสติกด้วย เครื่องผสมแบบวอร์เทกซ์ นาน 30 วินาที เขย่าขวดสารละลาย 4 ครั้งภายในเวลา 20 นาที (เขย่า 1 ครั้งทุกๆ 5 นาที) เพื่อให้ตะกอนของโปรตีนละลายน้ำได้หมด กรณีที่ตะกอนของโปรตีนละลายไม่หมด ให้เพิ่มปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ได้ แต่ต้องไม่เกิน 6 มิลลิลิตร จดปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ทั้ง หมด เพื่อนำมา คำนวณหาค่าของปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำ ที่สกัดจากถุงมือยาง ในการวิเคราะห์หาปริมาณของโปรตีนจะต้องวิเคราะห์ทันที หากจำเป็นต้องเก็บให้เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 3± 1 องศาเซลเซียส และต้องวิเคราะห์ให้เสร็จภายในเวลา 48 ชั่วโมง ในการละลายตะกอนของโปรตีน ถ้าใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ให้นำมาวิเคราะห์ต่อได้เลย แต่ถ้าใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มากกว่า 1 มิลลิลิตร ให้ดูดสารละลายตัวอย่างที่ละลายดีแล้ว 1 มิลลิลิตร เพื่อวิ-เคราะห์ต่อไป

3.3.2.8 เติมน้ำยา C ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร ลงในขวดพลาสติกที่มีสารละลายของโปรตีนอยู่ 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ 10 นาที เติมน้ำยา D ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ลงในขวดพลาสติกเดิม เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมแบบวอร์เท็กซ์ ตั้งทิ้งไว้เพื่อให้เกิดสีน้ำเงินอย่างสมบูรณ์เป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสง 750 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-VIS. Spectrophotometer ซึ่งต้องเปิดเครื่องไว้ก่อนอย่างน้อยเป็นเวลา 15 นาที ก่อนใช้งาน วัดการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง เปรียบเทียบกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความ เข้มข้น 0.2 โมลาร์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร (blank solution) ซึ่งเติมสารเคมีอื่นๆเช่นเดียวกับการวิ-เคราะห์ตัวอย่าง ตามข้อ 3.3.2.8

3.3.2.9 เปรียบเทียบค่าปริมาณโปรตีน จากกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์โปรตีนมาตรฐานที่รู้ค่าความเข้มข้น (**Standard calibration curve)**

3.3.2.10 นำผลที่ได้จากการเปรียบเทียบ กับกราฟของสารละลายโปรตีน - มาตรฐานมาคำนวณหาปริมาณของโปรตีนจากน้ำหนักของถุงมือยางตัวอย่าง โดยใช้สูตร

$$C = \frac{c \times V \times W}{6 \times G}$$

C = ความเข้มข้นของ Ovalbumin ซึ่งเทียบเท่าโปรตีนที่สกัดจากถุงมือยาง , ไมโครกรัม / กรัมของถุงมือยาง

c = ความเข้มข้นของโปรตีน ที่อ่านได้จากกราฟของสารละลายมาตรฐาน, ไมโครกรัม

v = ปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ละลายตะกอนของโปรตีน, มิลลิลิตร

w = ปริมาตรของน้ำกลั่นที่ใช้ในการสกัดโปรตีนจากถุงมือยาง, มิลลิลิตร

G = น้ำหนักของชิ้นตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ จำนวน 2 ชิ้น, กรัม

หาค่าเฉลี่ยของแต่ละข้างของถุงมือยาง ค่าแต่ละข้างจะแตกต่างจากค่าเฉลี่ยทั้งหมดไม่เกินร้อยละ 15 จึงจะถือว่าผลการวิเคราะห์นั้นใช้ได้

3.3.3 วิธีเตรียมกราฟมาตรฐานของสารละลายโปรตีนมาตรฐาน

3.3.3.1 ชั่งน้ำหนัก Ovalbumin 0.010 กรัมในขวดพลาสติก ละลายในน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 37±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เขย่าเป็นระยะๆเพื่อช่วยให้โปรตีนละลาย เก็บสารละลายนี้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า -15 องศาเซลเซียสไว้เป็น stock solution ซึ่งจะเก็บไว้ได้หลายวัน สารละลายนี้มีปริมาณของโปรตีน 0.001 กรัม / มิลลิลิตร หรือ 1 มิลลิกรัม / มิลลิลิตร

3.3.3.2 เตรียมสารละลายโปรตีนมาตรฐาน ที่มีความเข้มข้นต่างกันดังนี้

				ปริมาตรสุดท้าย
5 ml of	1 mg/ml	+ 2.8 ml NaOH	= 640 µg/ml	3.8 ml
4 ml of	640 µg/ml	+ 4 ml NaOH	= 320 µg/ml	4.0 ml
4 ml of	320 µg/ml	+ 4 ml NaOH	= 160 µg/ml	4.0 ml
4 ml of	160 µg/ml	+ 4 ml NaOH	= 80 µg/ml	4.0 ml
4 ml of	80 µg/ml	+ 4 ml NaOH	= 40 µg/ml	4.0 ml
4 ml of	40 µg/ml	+ 4 ml NaOH	= 20 µg/ml	8.0 ml
4 ml of	NaOH		= 0 µg/ml	

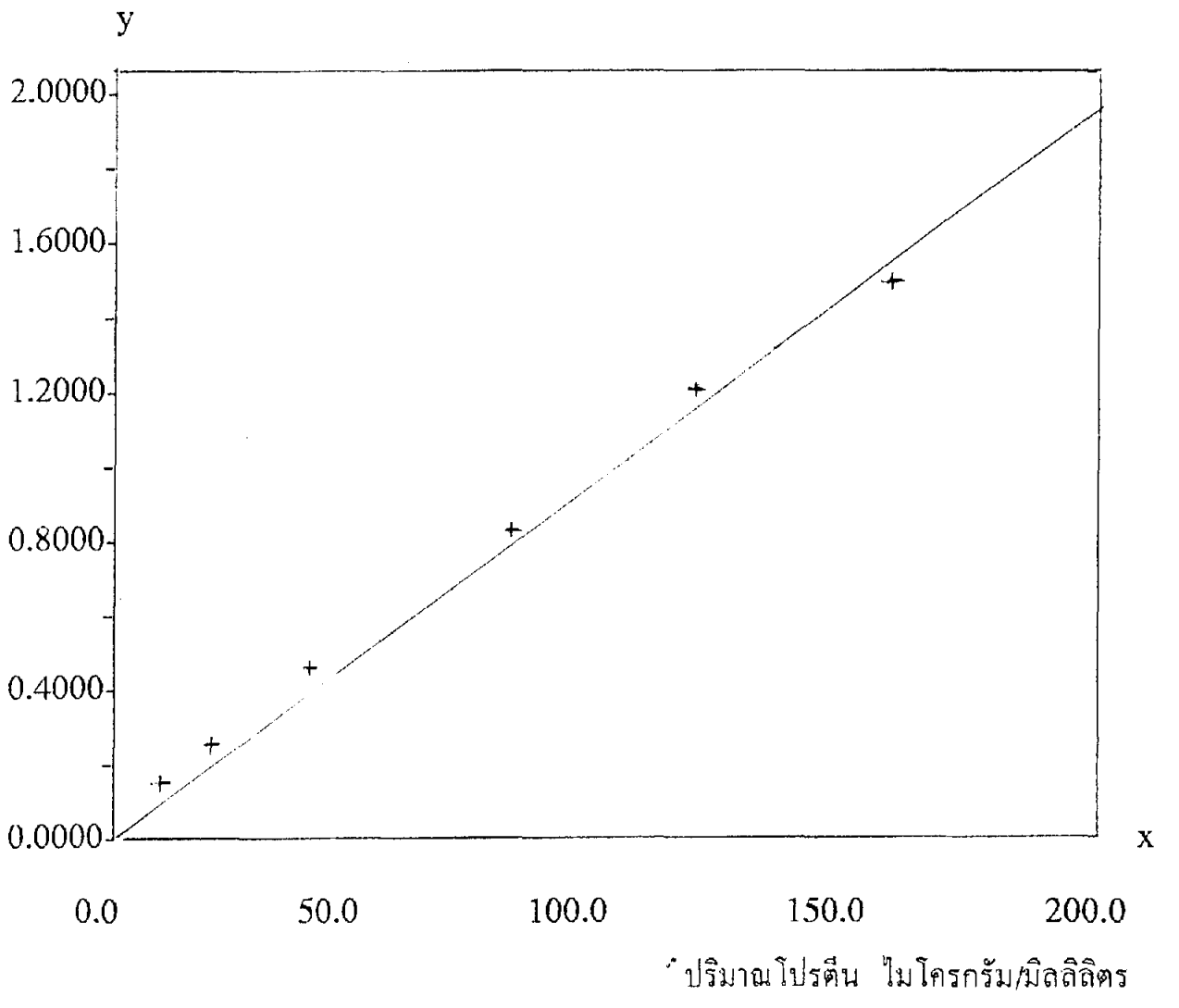
ดูดสารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้นต่างๆข้างต้น ด้วยปิเปตพลาสติกใส่ในขวดพลาสติกขวดละ 1 มิลลิลิตร เติมสารเคมีต่างๆเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ตัวอย่างตามข้อ 3.3.2.8 แล้วนำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสง 750 นาโนเมตร เทียบกับค่าความเข้มข้นของโปรตีนดังแสดงในตารางที่ 1 และรูปที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายโปรตีนมาตรฐาน

CALIBRATION			
Wavelength(s)	Sample ID	Concentration	Ordinate value
750.0	STD 01	10.094 µg/ml	0.1290
750.0	STD 02	20.019 µg/ml	0.2920
750.0	STD 03	40.377 µg/ml	0.4554
750.0	STD 04	80.753 µg/ml	0.8941
750.0	STD 05	121.13 µg/ml	1.1726
750.0	STD 06	161.51 µg/ml	1.4228

นำค่าความเข้มข้นของโปรตีนและค่าการดูดกลืนแสง (ordinate value) มาทำเป็นกราฟมาตรฐานของโปรตีนมาตรฐาน จะได้กราฟเส้นตรงซึ่งไว้ใช้เปรียบเทียบหาปริมาณโปรตีนในตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์

กราฟมาตรฐานของโปรตีนมาตรฐาน



กราฟมาตรฐานของโปรตีนมาตรฐาน แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโปรตีน ตั้งแต่ 10.094 , 20.019 , 40.377 , 80.753 ,121.13 ถึง 161.51 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับซึ่งกำหนดไว้บนแกน X เปรียบเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงของโปรตีนแต่ละความเข้มข้น โดยกำหนดไว้บนแกน Y ซึ่งจะได้กราฟเส้นตรงที่ลากจากจุดที่ความเข้มข้นของโปรตีนเป็น 0 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และการดูดกลืนแสงที่ 0 ไปยังจุดที่มีความเข้มข้นสูงขึ้นตามลำดับ

3.3.4 การหาค่า Recovery ของสารละลายโปรตีนมาตรฐาน

เพื่อเป็นการตรวจสอบความแม่นยำในการวิเคราะห์ เตรียมสารละลายโปรตีนมาตรฐานวิธีการเดียวกับข้อ 3.3.3.2 แต่ใช้น้ำกลั่นเป็นตัวเจือจาง ดูดสารละลายที่มีความเข้มข้น 10, 20, 40, 80, 120 และ 160 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร อย่างละ 1 มิลลิลิตร ทำการตกตะกอนโปรตีน และวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ตามข้อ 3.3.2.5 ถึงข้อ 3.3.2.9 ทั้งนี้ในการวิเคราะห์ให้ทำซ้ำสอง (duplicate)

ตารางที่ 2 ผลการหาค่า Recovery ของสารละลายมาตรฐาน

CONCENTRATION			
Wavelenght (s)	sample ID	Ordinate Value	Concentration
750.0	REC O1	0.1162	11.558 µg/ml
750.0	REC O2	0.1183	11.041 µg/ml
750.0	REC O3	0.2253	22.574 µg/ml
750.0	REC O4	0.2423	23.353 µg/ml
750.0	REC O5	0.4448	46.542 µg/ml
750.0	REC O6	0.4101	42.911 µg/ml
750.0	REC O7	0.8008	83.792 µg/ml
750.0	REC O8	0.7909	82.756 µg/ml
750.0	REC O9	1.0867	113.70 µg/ml
750.0	REC 10	1.0148	106.18 µg/ml
750.0	REC 11	1.2888	134.85 µg/ml
750.0	REC 12	1.3147	137.56 µg/ml

จากตารางที่ 2 เมื่อนำค่าความเข้มข้นที่วัดได้มาหาค่าเฉลี่ยและหาเปอร์เซ็นต์ recovery โดยใช้สูตร

$$R = \frac{\text{ความเข้มข้นที่วัดได้ x 100}}{\text{ค่าความเข้มข้นที่เตรียมไว้}}$$

เมื่อ R = เปอร์เซ็นต์ recovery ของโปรตีนเทียบกับกราฟมาตรฐานโปรตีนค่าที่คำนวณได้ของแต่ละความเข้มข้นต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 85 หรือไม่มากกว่าร้อยละ 115 จึงจะยอมรับผลในการวิเคราะห์

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ตารางที่ 5 ตัวอย่างถุงมือยางสำหรับตรวจโรคชนิดไม่มีแป้ง

ปริมาณของโปรตีนที่ละลายน้ำ			หน่วยไมโครกรัม/กรัม ของถุงมือยาง			
ชิ้นที่	ตัวอย่างที่ 7	ตัวอย่างที่ 8	ตัวอย่างที่ 9	ตัวอย่างที่ 10	ตัวอย่างที่ 11	ตัวอย่างที่ 12
1	22.90	27.33	20.55	57.67	66.20	72.26
2	23.80	28.39	23.33	57.51	63.77	67.65
3	21.88	26.72	22.99	47.89	67.12	84.76
4	22.39	27.12	22.52	64.94	68.56	73.88
5	25.48	24.29	23.53	54.38	68.92	66.51
เฉลี่ย	23.29	26.77	22.79	55.28	66.92	73.01

จากตารางที่ 4 และตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่าตัวอย่างถุงมือยางชนิดที่มีแป้งมีปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้สูงกว่าถุงมือยางชนิดไม่มีแป้ง คือตัวอย่างถุงมือยางชนิดที่มีแป้งมีปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้อยู่ระหว่าง 293.03 ไมโครกรัม/กรัม ถึง 878.00 ไมโครกรัม/กรัม แต่ตัวอย่างถุงมือยางชนิดไม่มีแป้งมีปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้เพียง 20.55 ไมโครกรัม/กรัม ถึง 84.76 ไมโครกรัม/กรัม เท่านั้น ซึ่งโดยคร่าวๆตัวอย่างถุงมือยางชนิดหลังมีปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ น้อยกว่าตัวอย่างถุงมือยางชนิดแรกถึง 10 เท่า จากเอกสารทางวิชาการบางฉบับของปี 1994 [2,8] ได้รายงานว่าแป้งข้าวโพดที่ใช้เป็นสารหล่อลื่นในถุงมือยางเป็นพาหะของโปรตีน โดยจะช่วยพาโปรตีนที่มีอยู่ในยางธรรมชาติ มาอยู่ที่บริเวณผิวของถุงมือยาง ทำให้โปรตีนดังกล่าวสามารถแพร่กระจายไปได้ทั้งในน้ำและในอากาศ ทำให้พบว่าผู้ป่วยบางรายที่เกิดอาการแพ้นั้น นอกจากจะแพ้โดยการสวมใส่อยู่เป็นประจำแล้ว ยังอาจแพ้โดยการหายใจเอาอากาศที่มีแป้งข้าวโพดฟุ้งกระจายอยู่ได้ด้วย

จากการประชุม ISO / TC 45 ครั้งที่ 43 ณ เมืองเมดาน ประเทศอินโดนีเซีย ระหว่างวันที่ 27 กันยายน 2538 ถึงวันที่ 2 ตุลาคม 2538 ผู้แทนมาเลเซียได้เสนอที่ประชุมให้มีการปรับปรุงวิธีการวิเคราะห์โดยแจ้งว่าความเข้มข้นของสารละลายกรดPhosphotungstic ร้อยละ 40 ที่ใช้ในการตกตะกอนโปรตีนนั้นสามารถลดความเข้มข้นลงได้เหลือเพียงร้อยละ 1.6 ซึ่งเพียงพอและไม่มีผลทำให้การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนผิดไป โดยผู้แทนมาเลเซียแจ้งว่า ได้ทดลองทำการวิเคราะห์ตัวอย่างถุงมือยางประมาณร้อยข้างซึ่งได้ผลการวิเคราะห์เท่ากัน ที่ประชุมจึงมีมติว่าให้เลื่อนการพิจารณากำหนดมาตรฐาน ISO / CD 12243 ออกไปในปีต่อไป

เพื่อให้ได้วิธีการวิเคราะห์ที่เหมาะสมและถูกต้อง ในฐานะที่ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตถุงมือยางรายใหญ่ ซึ่งมาตรฐานนี้จะมีผลบังคับใช้ต่อผลิตภัณฑ์ถุงมือยางทางการแพทย์ ที่ผลิตออกมาและส่งจำหน่ายในต่างประเทศด้วย กรมวิทยาศาสตร์บริการ กองฟิสิกส์และวิศวกรรม กลุ่มงานเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ 1 ในฐานะตัวแทนประเทศไทยในการเข้าร่วมประชุม ISO/TC 45 Rubber and Rubber Products จึงได้เข้าร่วมทดลองเพื่อหาวิธีการวิเคราะห์ที่ถูกต้อง เพื่อนำไปพิจารณาในการประชุม ISO/TC 45 ในครั้งต่อไป โดยได้ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างถุงมือยางทางการแพทย์ จำนวน 5 ตัวอย่าง ใช้สารละลายกรด Phosphotungstic ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 40 เปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ที่ใช้สารละลายกรด Phosphotungstic ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1.6 ซึ่งผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 6 และที่ 7 ปรากฏว่าได้ผลใกล้เคียงกัน แสดงว่าใช้สารละลายกรด Phosphotungstic ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1.6 ก็เพียงพอในการตกตะกอนโปรตีน ที่สกัดจากถุงมือยางทางการแพทย์ และจะนำผลการวิเคราะห์นี้ไปเสนอต่อที่ประชุม ISO/TC 45 ในครั้งต่อไป

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำจากถุงมือยางทางการแพทย์
โดยใช้สารละลายกรด Phosphotungstic ที่มีความเข้มข้นต่างกัน

ตารางที่ 6 ใช้สารละลายกรด Phosphotungstic ความเข้มข้นร้อยละ 40 ในการตกตะกอนของโปรตีน

ปริมาณของโปรตีนที่ละลายน้ำ หน่วย ไมโครกรัม/กรัม ของถุงมือยาง					
ชิ้นที่	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 4	ตัวอย่างที่ 5
1	342.22	201.08	268.65	134.44	297.44
2	333.41	213.01	269.04	128.90	294.44
3	342.23	211.95	269.95	121.76	301.86
4	339.28	195.60	263.76	108.35	298.73
5	319.45	213.35	256.86	124.37	293.03
เฉลี่ย	335.32	207.00	265.65	123.56	297.10

ตารางที่ 7 ใช้สารละลายกรด Phosphotungstic ความเข้มข้นร้อยละ 1.6 ในการตกตะกอนของโปรตีน

ปริมาณของโปรตีนที่ละลายในน้ำ หน่วย ไมโครกรัม/กรัม ของถุงมือยาง					
ชิ้นที่	ตัวอย่างที่1	ตัวอย่างที่2	ตัวอย่างที่3	ตัวอย่างที่4	ตัวอย่างที่5
1	353.82	221.82	252.80	125.97	320.29
2	357.75	205.76	259.23	121.48	315.07
3	345.65	198.25	236.44	124.30	316.01
4	350.82	199.84	243.95	124.42	314.68
5	343.67	224.50	231.82	121.43	313.17
เฉลี่ย	350.34	210.03	244.85	123.52	315.84

จากตารางที่ 6 และตารางที่ 7 จะเห็นว่าการตกตะกอนโปรตีนด้วยสารละลายกรด Phosphotungstic ความเข้มข้นร้อยละ 40 และ 1.6 เมื่อนำมาวิเคราะห์จะได้ปริมาณของโปรตีนใกล้เคียงกัน ดังนั้นในการตกตะกอนโปรตีนก่อนนำมาวิเคราะห์ สามารถใช้สารละลายกรด Phosphotungstic ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1.6 ได้และเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายได้ด้วย

บทที่ 4
การลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้

4.1 การศึกษาทดลองเพื่อลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ จากถุงมือยางทางการแพทย์

จากการนำตัวอย่างถุงมือยางทางการแพทย์ ที่ผลิตจากโรงงานภายในประเทศมาวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ พบว่าส่วนใหญ่ในถุงมือยางชนิดที่มีแป้งช่วยในการหล่อลื่น มีปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูง จึงได้ศึกษาทดลองเพื่อหาวิธีการในการลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ให้น้อยลง จากการศึกษา [8] พบว่าเทคนิคในการลดปริมาณโปรตีนในถุงมือยางทางการแพทย์ สามารถทำได้หลายวิธี มีอยู่วิธีหนึ่ง[3] คือการทำคลอริเนชัน(Chlorination) ที่ผิวของถุงมือยาง โดยการจุ่มลงในสารละลายคลอรีน จากเอกสารดังกล่าวได้นำมาพิจารณา ในการลดปริมาณของโปรตีนที่ละลายน้ำจากถุงมือยางทางการแพทย์ด้วยการล้างด้วยน้ำประปาอีกหนึ่งครั้ง โดยใช้ปริมาณของคลอรีนที่มีอยู่ในน้ำประปาทำให้เกิดการทำปฏิกิริยาคลอริเนชัน ที่ผิวของถุงมือยาง

จึงได้นำถุงมือยางทางการแพทย์มาทดลอง ล้างด้วยน้ำประปาอีกหนึ่งครั้ง โดยใช้ถุงมือยาง 5 ข้างต่อน้ำประปาหนึ่งลิตร คนด้วยแท่งแก้วเป็นเวลา 5 นาทีเทน้ำทิ้งแล้วทำให้แห้งนำถุงมือยางไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำตัวอย่างถุงมือยางไปสกัด แล้ววิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำ

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำจากถุงมือยางทางการแพทย์ก่อนและหลังจากล้างด้วยน้ำประปา 5 ข้าง / น้ำ 1 ลิตร

ปริมาณของโปรตีนที่ละลายน้ำ			หน่วยไมโครกรัม/กรัม ของถุงมือยาง			
	ตัวอย่างที่ 1		ตัวอย่างที่ 2		ตัวอย่างที่ 3	
ชิ้นที่	ก่อนล้าง	หลังล้าง	ก่อนล้าง	หลังล้าง	ก่อนล้าง	หลังล้าง
1	819.47	400.74	404.10	100.31	428.62	128.556
2	814.45	399.91	423.42	104.90	413.74	121.28
3	827.47	387.84	427.81	103.08	414.16	129.46
4	856.32	427.05	410.78	98.47	424.84	139.05
5	822.37	376.16	395.61	101.27	423.72	133.01
เฉลี่ย	828.02	398.34	412.34	101.43	421.02	130.27

จากตารางที่ 8 จะเห็นว่าเมื่อล้างถุงมือยางด้วยน้ำประปาเพิ่มอีกหนึ่งครั้ง จะช่วยลดปริมาณของโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากถุงมือยางลง โดยประมาณระหว่าง 1-4 เท่า คือตัวอย่างที่ 1 ลดลง 1 เท่า ตัวอย่างที่ 2 ลดลงประมาณ 4 เท่า และตัวอย่างที่ 3 ลดลงเกือบ 3 เท่า ซึ่งการล้างด้วยน้ำประปานี้จะช่วยชะล้างสารเคมี และโปรตีนที่อยู่บริเวณผิว นอก จากนั้นคลอรีนที่มีอยู่ในน้ำประปา จะทำให้เกิดปฏิกิริยาคลอริเนชันขึ้นที่ผิวของถุงมือยาง อีกด้วย เทคนิคนี้เป็นเทคนิคที่สะดวกง่ายต่อการปฏิบัติตลอดจนค่าใช้จ่ายไม่สูงนัก ผู้ผลิตเพียงแต่สร้างถังล้างถุงมือยางเพิ่มขึ้นอีกหนึ่งถังก่อนนำไปเข้าตู้อบแห้ง จึงคิดว่าน่าจะเป็นเทคนิคที่ดีที่สุด ในการลดปริมาณโปรตีนจากถุงมือยางที่ผลิตจากยางธรรมชาติได้อย่างดีวิธีหนึ่ง

4.2 ปัญหาและอุปสรรค

เนื่องจากการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ จากถุงมือยางทางการแพทย์ ต้องใช้อุปกรณ์เฉพาะคือ ฟลาสก์ ปีเปต หลอดทดลอง เซลล์สำหรับวัดการดูดกลืนแสง (cuvette) ตลอดจนขวดที่ใช้ในการเก็บสารละลายที่สกัดโปรตีนจากตัวอย่างถุงมือยาง ทั้งหมดต้องทำจากพลาสติกเพื่อลดการเกาะติด (adsorption) ของโปรตีนกับพื้นผิวด้านข้างของอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์ ถ้าใช้อุปกรณ์ที่เป็นแก้ว (SiO_2) ซึ่งเป็นสารที่มีขั้ว (polar) จะทำให้เกิดการเกาะติดของโปรตีนกับผิวของอุปกรณ์ที่ทำจากแก้ว ซึ่งจะทำให้ผลการวิเคราะห์ผิดไปจากความจริง นอกจากนี้ในการวิเคราห์จะต้องมีความชำนาญสูงและวิเคราะห์ภายใต้สภาวะที่สม่ำเสมอทุกครั้ง รวมทั้งต้องมีการวางแผนงานที่ดี เพราะในการวิเคราะห์มีขั้นตอนต่างๆมาก ใช้เวลานาน จะต้องวิเคราะห์ให้เสร็จภายใน 2 วัน โดยเก็บตัวอย่างไว้ในที่อุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันไม่ให้โปรตีนถูกทำลาย

เมื่อวิเคราะห์เสร็จและนำไปวิเคราะห์การดูดกลืนแสง ด้วยเครื่อง UV-VIS. Spectrophotometer ปรากฏว่าปริมาณของสารละลายตัวอย่างในขั้นตอนสุดท้ายมีปริมาตรเพียง 1.4 มิลลิลิตรซึ่งเมื่อเทใส่ในเซลล์ (cuvette) ที่มีขนาดทั่วไป ปรากฏว่าสารละลายอยู่ในระดับที่ต่ำมาก ไม่ถึงระดับความสูงของลำแสง UV จากเครื่อง Spectrophoto meter จึงแก้ปัญหาด้วยการยกระดับของเซลล์ให้สูงขึ้น เพื่อให้ตรงกับระดับของแสง UV ที่ส่องผ่านสารละลายพอดี จึงจะวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ แต่วิธีการนี้อาจทำให้ผลการวิเคราะห์คลาดเคลื่อน จึงต้องหาวิธีแก้ไขปัญหานี้ โดยการ เพิ่มตัวทำละลายตะกอนของโปรตีนเป็น 2 เท่า ก่อนทำปฏิกิริยาการเกิดสีเพื่อให้ได้ปริมาตรเพียงพอในการวัดการดูดกลืนแสง แต่เนื่องจากโปรตีนในตัวอย่างมีปริมาณน้อย ทำให้ผลของการวิเคราะห์คลาดเคลื่อนมาก จึงเปลี่ยนวิธีการวิเคราะห์เป็นการเพิ่มปริมาณของสาร ละลายตัวอย่างเป็น 2 เท่า แล้วเพิ่มปริมาณของสารเคมีทุกตัวที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็น 2 เท่าเช่นกัน จะได้สารละลายขั้นตอนสุดท้ายเพียงพอในการวัดการดูดกลืนแสง และได้ผลการวิเคราะห์ที่คลาดเคลื่อนน้อยลง แต่เนื่องจากสารเคมีที่ใช้มีราคาแพง ในการสั่งซื้อต้องซื้อจากต่างประเทศทำให้เสียเวลานาน ดังนั้นจึงแก้ปัญหาด้วยการเปลี่ยนไปใช้เซลล์ชนิดไมโคร (micro cuvette) แทน

4.3 ข้อเสนอแนะ

4.3.1 ในการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำ ที่สกัดจากถุงมือยางนั้นใช้เวลาต่อเนื่อง 2-3 วันต่อการวิเคราะห์ 1 ตัวอย่าง และเนื่องจากโปรตีนถูกทำลายง่าย เมื่อวิเคราะห์ไม่เสร็จจะต้องเก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียส ซึ่งควรทำให้ถึงขั้นตอนที่ได้เป็นตะกอนของโปรตีนแล้ว จะสามารถเก็บไว้ได้ 2 วันแล้วนำมาวิเคราะห์ต่อ การวิเคราะห์ควรทำในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิระหว่าง 25±2 องศาเซลเซียส

4.3.2 เป็นการวิเคราะห์ที่ใช้ปริมาณของตัวอย่างและสารเคมีต่างๆในปริมาณที่น้อย ดังนั้นในการดูดสารละลายทุกชนิดมาใส่ในอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ ต้องพยายามควบคุมอัตราเร็วในการ ดูด-ปล่อย สารละลายออกจากปิเปต ให้ใกล้เคียงกันทุกครั้งจึงจะได้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้อง และจะต้องใช้ไมโครปิเปตในการดูดสารเคมีที่ใช้ปริมาณน้อยเพื่อให้ได้ผลที่ถูกต้อง

4.3.3 ใช้เซลล์ชนิดไมโคร (micro cuvette) ในการใส่สารละลาย เพื่อวัดการดูดกลืนแสง เพื่อให้แสง UV จากเครื่อง Spectrophotometer ส่องผ่านสารละลายได้อย่างดี

4.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

4.4.1 วิธีการวิเคราะห์นี้สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำ จากผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์อื่นๆที่ผลิตจากยางธรรมชาติ เช่น สายน้ำเกลือ สายยางสำหรับสวนปัสสาวะ-อุจจาระ สายยางสำหรับผู้ป่วยที่ใช้ในการกลืนแป้งเพื่อการเอ็กซ์เรย์ระบบทางเดินอาหาร ถุงยางอนามัยและจุกนมยาง เป็นต้น

4.4.2 เพื่อนำไปพิจารณากำหนดเป็นมาตรฐาน วิธีวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำ จากถุงมือยางทางธรรมชาติอีกวิธีหนึ่ง ในการประชุม ISO/TC 45 ครั้งที่ 44 ณ เมืองเคปทาวน์ ประเทศอาฟริกาใต้

4.4.3 เพื่อเผยแพร่เทคนิคการลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำ ที่สกัดจากถุงมือยางทางการแพทย์ให้แก่โรงงานผู้ผลิต เพื่อปรับปรุงคุณภาพให้เป็นไปตามความต้องการของตลาดต่างประเทศ เป็นการเพิ่มปริมาณการส่งออกและช่วยเศรษฐกิจของประเทศให้ดีขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ บริษัท THAI JONG INDUSTRY จำกัด บริษัท DOCTOR BOO จำกัด และบริษัท มาลาอินเตอร์เทรด จำกัด ผู้ผลิตถุงมือยางทางการแพทย์ที่ให้ความสนับสนุน ในการนำตัวอย่างถุงมือยางมาวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้

ขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์ 8 ว. คุณจุมภฏ ก้อนแก้ว หัวหน้ากลุ่มงานทดสอบวัสดุก่อสร้าง ที่ได้กรุณามอบเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) ให้ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ท้ายที่สุดนี้ขอขอบคุณ หัวหน้ากลุ่มงานเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ 1 ตลอดจนผู้ร่วมงานในกลุ่มงานเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ 1 งานวิเคราะห์ทดสอบยาง ที่ให้ความกรุณา แนะนำสนับสนุนตลอดจนการอนุเคราะห์ต่างๆในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. สมาคมผู้ผลิตถุงมือยางไทย กรมศุลกากร

2. เอกสารประกอบการสัมมนา "Current U.S. Import Requirements and Regulation Devices" ระหว่างวันที่ 12-13 มีนาคม 2539 ณ.โรงแรมนิโก้ กรุงเทพมหานคร กรมส่งเสริมการส่งออก กระทรวงพาณิชย์

3. นุชนาฏ ณ.ระนอง และ วราภรณ์ ขจรไชยกูล "เทคโนโลยีการลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ ในผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติ" เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่อง "ผลกระทบของโปรตีนในผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติ ต่อเศรษฐกิจของประเทศ" วันที่ 21 มิถุนายน 2539 ณ.โรงแรมสยามซิตี้ กรุงเทพมหานคร

4. Czuppon A.B.,Chen Z.Rennert S.,et al. The Rubber Elongation Factor of Rubber Tree (*Heavea brasilliensis*) Is the Major Allergen in Latex. *Journal of Allergy and Clinical Immunology.* 1993, 92, 960

5. Dennis H.S., Henzel W.J., et al. Amino Acid Sequence of Rubber Elongation Factor Protein Associated with Rubber Particles in Hevea Latex. *Journal of Biological Chemistry.* 1989, 264, 18618

6. Subramanium A. The Chemistry of Natural Rubber Latex in " Latex Allergy ". *Immunology and Allergy Clinics of North America.* 1995, 15 (1), 18

7. ISO/CD 12243 "Determination of Water Extractable Proteins in Latex Gloves"

8. Tomazic V.J. Cornstarch Powder on Latex Products in and Allergen Carrier. *Journal of Allergy and Clinical Immunology.* 1994, 93 (4), 751-757

9. Alenius H., Kalkkinen N., Lukka m., et al. Prohevein from the Rubber Tree (*Heavea brasilliensis*) Is the Major Latex Allergen. Clinical and Experimebtal Allergy. 1995, 24, 659-665

ภาคผนวก

กรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นหน่วยงานหนึ่งที่ได้ร่วมทำ Round Robin Test วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำ ที่สกัดจากถุงมือยางทางการแพทย์ โดยประเทศมาเลเซีย ได้ส่งตัวอย่างถุงมือยางทางการแพทย์รวม 6 ตัวอย่าง พร้อมทั้งสารเคมีที่มาเลเซียเตรียมเพื่อให้ใช้ในการวิเคราะห์จำนวน 3 ตัวอย่าง และให้วิเคราะห์โดยใช้สารเคมีที่กรมวิทยาศาสตร์บริการเตรียมเองจำนวน 3 ตัวอย่าง เพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ รวมทั้งนำผลการวิเคราะห์ไปพิจารณาในการประชุม ISO/TC 45 Rubber and Rubber Products ครั้งที่ 44 และได้เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ตัวอย่างที่ผลิตในรุ่นเดียวกันนี้ กับคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งทางมาเลเซียได้จัดส่งมาเพื่อวิเคราะห์วิธีการเดียวกับกรมวิทยาศาสตร์บริการ

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างในการทำ Round Robin Test

ปริมาณของโปรตีนที่ละลายน้ำ			หน่วยไมโครกรัม/กรัม ของถุงมือยาง	
No.	ตัวอย่าง A 1 สารเคมีกรมวิทยาศาสตร์บริการ		ตัวอย่าง A 2* สารเคมีมาเลเซีย	
	A 1-1	A 1-2	A 2*-1	A 2*-2
1	203.54	211.45	179.59	176.91
2	207.26	192.41	177.71	178.10
3	191.65	194.80	208.53	187.06
4	198.25	207.40	179.17	182.26
5	198.62	196.85	196.94	198.38
6	186.99	188.58	179.96	181.75
7	192.49	201.34	181.13	184.89
8	205.29	196.54	171.49	180.57
9	191.57	181.84	189.12	214.47
10	196.24	198.53	188.37	190.77
X	197.19	196.98	185.20	187.55
S.D.	6.67	8.37	10.87	10.38

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างในการทำ Round Robin Test

ปริมาณของโปรตีนที่ละลายน้ำ หน่วยไมโครกรัม/กรัม ของถุงมือยาง				
No.	ตัวอย่าง B 1 สารเคมีกรมวิทยาศาสตร์บริการ		ตัวอย่าง B 2* สารเคมีมาเลเซีย	
	B 1-1	B 1-2	B 2*-1	B 2*-2
1	13.19	9.38	22.09	21.61
2	8.53	10.30	18.05	14.65
3	18.03	16.57	19.46	12.05
4	11.03	10.76	16.77	11.02
5	25.00	21.56	22.60	27.71
6	25.42	23.05	25.21	28.24
7	16.37	17.86	13.57	13.60
8	21.37	19.99	7.33	9.07
9	18.29	13.32	21.56	15.61
10	27.88	28.75	12.10	12.50
X	18.51	17.15	17.86	16.61
S.D.	6.45	6.33	5.52	6.85

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างในการทำ Round Robin Test

ปริมาณของโปรตีนที่ละลายน้ำ			หน่วยไมโครกรัม/กรัม ของถุงมือยาง	
No.	ตัวอย่าง C 1 สารเคมีกรมวิทยาศาสตร์บริการ		ตัวอย่าง C 2* สารเคมีมาเลเซีย	
	C 1-1	C 1-2	C 2*-1	C 2*-2
1	457.40	488.69	388.73	385.70
2	467.89	455.23	380.50	374.13
3	456.47	458.15	387.08	335.36
4	439.63	446.67	390.26	372.13
5	476.06	475.81	432.36	427.14
6	453.71	449.25	388.33	360.92
7	468.33	443.46	345.33	323.10
8	455.60	442.02	324.72	332.40
9	477.17	450.85	348.16	323.27
10	467.76	455.10	355.57	321.00
X	462.00	456.52	374.10	355.52
S.D.	11.53	17.69	30.85	34.82

หมายเหตุ ตัวอย่าง A1 , B1 และ C1 ใช้สารเคมีของกรมวิทยาศาสตร์บริการในกาวิเคราะห์

ตัวอย่าง A2* , B2* และ C2* ใช้สารเคมีที่มาเลเซียเตรียมและจัดส่งมาให้ในการวิเคราะห์

จากตารางที่ 9-11 แสดงผลการวิเคราะห์ทั้ง 6 ตัวอย่าง ซึ่งจะพบว่าตัวอย่างที่มีโปรตีนที่ละลายน้ำได้สูง มีค่าแตกต่างกันมาก คือมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานสูง สาเหตุมาจาก

1. ค่าโปรตีนที่ได้อยู่นอก Limitation of Standard Calibration Curve ซึ่งมีขีดจำกัดปริมาณโปรตีนไม่ควรเกิน 200 ไมโครกรัม ดังนั้นในการวิเคราะห์ตัวอย่างที่มีโปรตีน

สูงจะต้องทำให้เจือจางลงก่อน แล้วจึงนำมาวิเคราะห์และเมื่อคำนวณกลับไปที่ปริมาตรเดิม ทำให้ค่าแตกต่างสูงขึ้น

2. สารเคมีที่มาเลเซียเตรียมและจัดส่งมาให้นั้นได้รับช้า ซึ่งกว่าจะได้นำมาวิเคราะห์ก็เกินระยะเวลาที่กำหนดไว้ คือไม่ควรเกินหนึ่งเดือน ดังนั้นจึงคาดว่าน่าจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลการวิเคราะห์ตัวอย่าง ที่ใช้สารเคมีของมาเลเซียได้ผลในปริมาณน้อยกว่าตัวอย่างที่ใช้สารเคมีของกรมวิทยาศาสตร์บริการ

นอกจากนี้มาเลเซียได้จัดส่งตัวอย่างถุงมือยางทางการแพทย์ รวมทั้งสารเคมีเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ ที่ผลิตและเตรียมขึ้นในเวลาเดียวกัน ให้ทางคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร เพื่อทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกัน ซึ่งคณะวิทยาศาสตร์จุฬาฯ ได้ทำการวิเคราะห์เพียง 1 ตัวอย่างเท่านั้น และสถาบันวิจัยยางไม่ได้ทำการวิเคราะห์ จึงไม่สามารถทำ cross check ระหว่างห้องปฏิบัติการได้

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างถุงมือยางทางการแพทย์ จากคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในการทำ Round Robin Test

ปริมาณของโปรตีนที่ละลายน้ำ			หน่วยไมโครกรัม/กรัม ของถุงมือยาง	
No.	ตัวอย่าง A 1 สารเคมีจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย		ตัวอย่าง A 2* สารเคมีมาเลเซีย	
	A 1-1	A 1-2	A 2*-1	A 2*-2
1	171.05	186.45	106.98	160.26
2	193.04	174.90	137.31	164.82
3	184.92	259.69	149.09	158.53
4	227.21	178.55	147.36	130.51
5	175.32	206.80	145.42	155.72
6	187.72	185.18	132.12	146.48
7	198.90	207.83	151.07	157.02
8	222.40	186.27	117.76	138.52
9	193.23	212.00	141.05	131.75
10	207.47	206.21	140.76	148.60
X	156.16	200.39	136.89	149.22
S.D.	18.25	24.79	10.98	11.20

หมายเหตุ ตัวอย่าง A1 ใช้สารเคมีของคณะวิทยาศาสตร์จุฬาฯในการวิเคราะห์

ตัวอย่าง A2* ใช้สารเคมีที่มาเลเซียเตรียมและจัดส่งมาให้ในการวิเคราะห์

จากตารางที่ 9 และตารางที่ 12 ซึ่งเป็นผลการวิเคราะห์ตัวอย่างที่ผลิตในรุ่นเดียวกัน ผลการวิเคราะห์ตัวอย่าง A1 ใกล้เคียงกัน ส่วนผลการวิเคราะห์ตัวอย่าง A2 ให้ค่าแตกต่างกันค่อนข้างมาก แต่เนื่องจากผลการวิเคราะห์ของกรมวิทยาศาสตร์บริการมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำกว่าผลการวิเคราะห์ ของคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาฯ นอกจากนี้ กรมวิทยาศาสตร์ฯ ยังได้ทำการวิเคราะห์ตัวอย่าง ที่ประเทศมาเลเซียจัดส่งมาครบทั้งหมด 6 ตัวอย่าง ดังนั้นที่ประชุมของคณะอนุกรรมการวิชาการ ว่าด้วยมาตรฐานอุตสาหกรรมยาง (มอก. 253) มีมติให้นำผลการวิเคราะห์จากกรมวิทยาศาสตร์ฯ ไปพิจารณาในการกำหนด

มาตรฐานวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำ จากถุงมือยางทางการแพทย์ ของ ISO/TC 45 Rubber and Rubber Products ในครั้งต่อไป

จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างถุงมือยางทางการแพทย์ของประเทศมาเลเซีย ในตารางที่ 9,10 ,11 และ 12 ทำให้รู้ถึงคุณภาพว่าใกล้เคียงกับถุงมือยางทางการแพทย์ที่ผลิตจากโรงงานบางโรงงานภายในประเทศไทย แต่ยังมีอีกหลายโรงงานที่ยังไม่ได้รับการวิเคราะห์ดังนั้นจึงไม่สามารถสรุปได้ว่า ถุงมือยางที่ผลิตภายในประเทศจะมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของต่างประเทศหรือไม่