

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย

3.1 วัสดุ

3.1.1 **น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียสูง** (High ammonia concentrated latex, HA Latex) มีปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry rubber content, DRC) ประมาณ 60% ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid content, TSC) ในน้ำยางอยู่ในช่วง 61-62% และเก็บรักษาด้วยแอมโมเนีย 0.7% เปอร์เซนต์ ผลิตโดยบริษัท บัตตานีอุตสาหกรรม (1971) จำกัด

3.1.2 **กำมะถัน** (Sulphur, S) ใช้ในรูป 50% dispersion เป็นเกรดที่ใช้ในอุตสาหกรรมยาง มีลักษณะเป็นผงสีเหลือง ใช้เป็นสารวัลคาไนซ์ (Vulcanizing agent) ผลิตโดยบริษัท Ciech S.A. ประเทศโปแลนด์

3.1.3 **ซิงค์ออกไซด์** (Zinc oxide, ZnO) ใช้ในรูป 50% dispersion เป็นชนิด white seal มีลักษณะเป็นผงสีขาว ใช้เป็นสารกระตุ้น (Activator) ในปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ ผลิตโดยบริษัท China National Chemical Construction Ltd. ประเทศจีน

3.1.4 **สารตัวเร่ง** (Accelerator) ใช้ในรูป 50% dispersion มี 2 ชนิด คือ ซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต (Zinc-N-diethyl dithiocarbamate, ZDEC) มีลักษณะเป็นผงสีขาวครีม ใช้เป็นสารตัวเร่งหลัก (Primary accelerator) ในปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ ผลิตโดยบริษัท China National Chemical Construction Ltd. ประเทศจีน และซิงค์เมอร์แคปโทเบนโซไทอะโซล (Zinc-2-mercaptobenzothiazole, ZMBT) ใช้ในรูป 50% dispersion มีลักษณะเป็นผงสีเหลืองอ่อน ใช้เป็นสารตัวเร่งเสริม (Secondary accelerator) ในปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ ผลิตโดยบริษัท Akzo Chemicals B.V. ประเทศเนเธอร์แลนด์

3.1.5 **สารป้องกันการเสื่อม** (Antioxidant) ใช้ Wingstay L เป็นสารป้องกันการเสื่อมประเภท Polymeric hindered phenol ใช้ในรูป 50% dispersion มีลักษณะเป็นผงสีครีม จัดจำหน่ายโดยบริษัทโอเรียลตัลสยาม จำกัด

3.1.6 **สารช่วยในการกระจายตัว** (dispersing agent) มี 2 ชนิด คือ เบนโทไนท์เคลย์ (Bentonite clay) เป็นเกรดที่ใช้ในอุตสาหกรรมยาง มีลักษณะเป็นผงสีเทา ใช้เป็นสารป้องกันการตกตะกอนของสารเคมีที่เตรียมในรูป dispersion ผลิตโดยบริษัท Shiraiishi Calcium Kaisha Ltd. ประเทศญี่ปุ่น และ วัลทามอล (Vultamol) เป็นเกลือของ Alkylated naphthalene sulphonic acid มีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาลอ่อน ใช้เป็นสารช่วยให้สารเคมีที่บดเกิดการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ผลิตโดยบริษัท BASF ประเทศเยอรมัน

3.1.7 คลอโรฟอร์ม (Chloroform, CHCl_3) เป็นของเหลวใส ใช้ทดสอบระดับการวัลคาไนซ์ (Degree of vulcanization) ของน้ำยางคอมปาวด์ถุงมือ โดยวิธีทดสอบด้วยคลอโรฟอร์ม (Chloroform test) ผลิตโดยบริษัท J.T.Baker Inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.1.8 แคลเซียมไนเตรท (Calcium nitrate, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) ใช้ในรูปสารละลายเข้มข้น 20% โดยน้ำหนัก เป็นเกรดที่ใช้ในอุตสาหกรรม มีความบริสุทธิ์ 99% มีลักษณะเป็นผลึกสีขาวใส ใช้เป็นสารช่วยจับตัว (Coagulant) ในการเตรียมถุงมือยาง ผลิตโดยบริษัท Carlo Erba ประเทศฝรั่งเศส

3.1.9 แคลเซียมคลอไรด์ (Calcium chloride, CaCl_2) มีลักษณะเป็นก้อนแบนสีขาวขุ่น เป็นเกรดที่ใช้ในอุตสาหกรรม ใช้ในรูปสารละลายผสมของแคลเซียมไนเตรทกับแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 20 : 20 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก เพื่อใช้เป็นสารจับตัวในการเคลือบถุงมือ วิธีการเตรียมแสดงในข้อ 3.3.2.2.2

3.1.10 โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide, KOH) ใช้ในรูปสารละลายเข้มข้น 20% โดยน้ำหนัก และใช้เตรียมสบู่โพแทสเซียมโอเลอเทท มีลักษณะเป็นก้อนกลมแบนสีขาวขุ่น ใช้เตรียมน้ำยางคอมปาวด์ถุงมือ ผลิตโดยบริษัท Carlo Erba ประเทศฝรั่งเศส

3.1.11 โพแทสเซียมโอเลอเทท (Potassium oleate, $\text{C}_{18}\text{H}_{33}\text{OOK}$) ใช้ในรูปสารละลาย 20% โดยน้ำหนัก เตรียมได้จากปฏิกิริยาของกรดโอเลอิกกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ใช้เป็นสารรักษาความเสถียร (Stabilizer) สำหรับน้ำยางคอมปาวด์ถุงมือ วิธีการเตรียมแสดงในภาคผนวก ข.

3.1.12 อะคริลิกพอลิเมอร์ (Acrylic polymer) ใช้เป็นสารเคลือบถุงมือ ที่ใช้ในการทดลองมี 3 ชนิด คือ

3.1.12.1 NeoCryl A-45 เป็นอิมัลชันของอะคริลิกโคพอลิเมอร์ (Acrylic copolymer emulsion) มีลักษณะสีขาวขุ่น มีปริมาณเนื้อสาร 37.5% มีความหนาแน่น ที่ 20°C เท่ากับ 1.05 g/cm^3 ค่า pH ที่ 25°C เท่ากับ 10 และความหนืดเท่ากับ $20 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ (วัดด้วยเครื่อง Brookfield ที่ 25°C) ใช้เป็นพอลิเมอร์หลักในสารเคลือบ ผลิตโดย บริษัท NeoResins ประเทศเนเธอร์แลนด์

3.1.12.2 NeoCryl A-633 เป็นอิมัลชันของโคพอลิเมอร์ของอะคริลิกกับสไตรีน (Acrylic styrene copolymer emulsion) มีลักษณะสีค่อนข้างเหลือง มีปริมาณเนื้อสาร 42.0% มีความหนาแน่น ที่ 20°C เท่ากับ 1.03 g/cm^3 ค่า pH ที่ 25°C เท่ากับ 8.5 และความหนืดเท่ากับ $100 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ (วัดด้วยเครื่อง Brookfield ที่ 25°C) ใช้เป็นพอลิเมอร์เสริมในสารเคลือบ ร่วมกับ NeoCryl A-45 ผลิตโดย บริษัท NeoResins ประเทศเนเธอร์แลนด์

3.1.12.3 NeoCryl XK-51 เป็นอิมัลชันของอะคริลิกโคพอลิเมอร์ (Acrylic copolymer emulsion) มีลักษณะสีขาว มีปริมาณเนื้อสาร 42.5% มีความหนาแน่น ที่ 20°C เท่ากับ 1.04 g/cm³ ค่า pH ที่ 25°C เท่ากับ 7.2 และความหนืดเท่ากับ 100 mPa.s (วัดด้วยเครื่อง Brookfield ที่ 25°C) ใช้เป็นพอลิเมอร์เสริมในสารเคลือบร่วมกับ NeoCryl A-45 ผลิตโดย บริษัท NeoResins ประเทศเนเธอร์แลนด์

3.1.13 Dimethyl siloxane มีลักษณะเป็นอิมัลชันสีขาว มีปริมาณเนื้อสาร 37.69% ใช้เป็นสารเพิ่มความลื่นของผิวถุงมือ (Slip additive) ผลิตโดยบริษัท Union Carbide จำกัด ประเทศไทย

3.1.14 DC 36 มีลักษณะเป็นอิมัลชันสีขาว มีปริมาณเนื้อสาร 36.36% ใช้เป็นสารเพิ่มความลื่นของผิวถุงมือ (Slip additive) ผลิตโดยบริษัท Dow Corning ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.1.15 Terric 16A29 ใช้ในรูปสารละลายเข้มข้น 20% โดยน้ำหนัก เป็นเกรดที่ใช้ในอุตสาหกรรม มีลักษณะเป็นเกล็ดสีขาว เป็นสารที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างแอลกอฮอล์สายโซ่ยาวที่มีคาร์บอน 14-15 อะตอม กับ ethylene oxide ประมาณ 29 โมล ต่อแอลกอฮอล์ 1 โมล มีความหนาแน่น ที่ 50°C เท่ากับ 1.05 g/cm³ ค่า pH ของสารละลายเข้มข้น 1% เท่ากับ 6.0-8.0 และความหนืดที่ 50°C เท่ากับ 105 cps. หลอมที่อุณหภูมิ 45°C เป็นสารรักษาความเสถียรชนิดไม่มีขั้ว (Non-ionic surfactant) ใช้เป็นสารรักษาความเสถียรในสารเคลือบ ผลิตโดยบริษัท Huntsman Corporation Pty Limited ประเทศออสเตรเลีย

3.1.16 Terric N30 ใช้ในรูปสารละลายเข้มข้น 20% โดยน้ำหนัก เป็นเกรดที่ใช้ในอุตสาหกรรม มีลักษณะเป็นเกล็ดสีขาว เป็นสารที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่าง nonylphenol กับ ethylene oxide ประมาณ 30 โมล ต่อแอลกอฮอล์ 1 โมล มีความหนาแน่น ที่ 50°C เท่ากับ 1.066 g/cm³ ค่า pH ของสารละลายเข้มข้น 1% เท่ากับ 6.0-8.0 และความหนืดที่ 50°C เท่ากับ 150 cps. หลอมที่อุณหภูมิ 40°C เป็นสารรักษาความเสถียรชนิดไม่มีขั้ว (Non ionic surfactant) ใช้เป็นสารรักษาความเสถียรในสารเคลือบ ผลิตโดยบริษัท Huntsman Corporation Pty Limited ประเทศออสเตรเลีย

3.1.17 Rhodapex CO-436 ใช้ในรูปสารละลายเข้มข้น 20% โดยน้ำหนัก เป็นเกรดที่ใช้ในอุตสาหกรรม มีลักษณะเป็นของเหลวใส มีกลิ่นคล้ายแอลกอฮอล์ เป็นของผสมของสารรักษาความเสถียรชนิดมีประจุลบกับตัวทำละลาย (anionic surfactant / solvent) ประกอบด้วย ammonium nonylphenol ether sulphate, branched 60%, ethanol 15% และน้ำ 25% มีความหนาแน่น ที่ 25°C เท่ากับ 1.065 g/cm³ ค่า pH ของสารละลายเข้มข้น 10% wt/wt

เท่ากับ 6.5-7.5 และความหนืดที่ 25°C น้อยกว่า 500 cps. ใช้เป็นสารรักษาความเสถียรในสารเคลือบ ผลิตโดยบริษัท Rhodia INC. ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.1.18 อิมัลวินดับบลิว (Emulwin W) ใช้ในรูปสารละลายเข้มข้น 10% โดยน้ำหนัก มีลักษณะเป็นของเหลวหนืดสีเหลือง เป็นสารประกอบพอลิเอเทอร์ที่มีหมู่ไฮดรอกซี (OH) เชื่อมต่อที่ปลาย มีหมู่อัลคิลและวงแหวนเบนซีนต่ออยู่ที่ปลายด้านหนึ่ง (Alkyl aryl polyether) เป็นสารรักษาความเสถียรชนิดไม่มีขั้ว (Non-ionic surfactant) ใช้เป็นสารรักษาความเสถียรเสริมในสารเคลือบ ผลิตโดยบริษัท Bayer ประเทศเยอรมัน

3.1.19 Atlas G-5774 ใช้ในรูปสารละลายเข้มข้น 20% โดยน้ำหนัก เป็นเกรดที่ใช้ในอุตสาหกรรม มีลักษณะเป็นของเหลวใส เป็นสารละลาย Alkoxylated fatty alcohol solution มีปริมาณเนื้อสารอย่างน้อย 65.0% มีความหนาแน่น ที่ 30°C เท่ากับ 0.021 g/cm³ ค่า pH ของสารละลายเข้มข้น 1% เท่ากับ 6.0-8.0 และความหนืดที่ 25 °C เท่ากับ 750 cps. เป็นสารรักษาความเสถียรชนิดไม่มีขั้ว (Non-ionic surfactant) ใช้เป็นสารรักษาความเสถียรในสารเคลือบ ผลิตโดยบริษัท Chemical and Polymer ประเทศอังกฤษ

3.1.20 AD33 (ammonium salt of nonylphenol ethoxy ether sulphate) ใช้ในรูปสารละลาย 20% โดยน้ำหนัก มีลักษณะเป็นของเหลวสีเหลืองใส มีปริมาณเนื้อสาร 37.5% ใช้เป็นสารรักษาความเสถียรในสารเคลือบ ผลิตโดยบริษัท Sefic ประเทศฝรั่งเศส

3.1.21 SDS (Sodium dodecyl sulphate) ใช้ในรูปสารละลายเข้มข้น 20% โดยน้ำหนัก มีลักษณะเป็นผงสีขาว มีความบริสุทธิ์ 99.0% มีความหนาแน่น เท่ากับ 0.4 g/cm³ ความสามารถในการละลาย 250 g/l (ที่ 20 °C) เป็นสารรักษาความเสถียรชนิดมีประจุลบ (Anionic surfactant) ใช้เป็นสารรักษาความเสถียรในสารเคลือบ ผลิตโดย บริษัท Merck ประเทศเยอรมัน

3.1.22 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide, NaOH) ใช้ในรูปสารละลายเข้มข้น 0.2 N มีลักษณะเป็นก้อนสีขาวใส ใช้ละลายตะกอนโปรตีนในการทดสอบปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ในถุงมือ ผลิตโดย บริษัท Merck ประเทศเยอรมัน

3.1.23 คอปเปอร์ซัลเฟตเพนตะไฮเดรต (Copper sulfate pentahydrate, CuSO₄·5H₂O) น้ำหนักโมเลกุล 249.68 ใช้ในรูปสารละลายเข้มข้น 1.5% น้ำหนักต่อปริมาตร ในสารละลายเข้มข้น 3% w/v ของ Na₃C₆H₅O₇·2H₂O มีลักษณะเป็นผงสีฟ้า มีความบริสุทธิ์มากกว่า 99.0% ใช้เตรียม Reagent B ในการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ในถุงมือ ผลิตโดย บริษัท Fluka chemika ประเทศสวิทเซอร์แลนด์

3.1.24 โฟลิน-ซีโอคัลโต ฟีนอล รีเอเจนต์ (Folin-Ciocalteu's Phenol Reagent) ใช้ในรูปสารละลายเข้มข้น 72% น้ำหนักต่อปริมาตร มีลักษณะเป็นของเหลวใส มีความหนาแน่น 1.24 g/cm³ ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ในถุงมือ ผลิตโดย บริษัท Merck ประเทศเยอรมัน

3.1.25 กรดไตรคลอโรอะซิติก (Trichloroacetic acid, CCl₃COOH (TCA)) ใช้ในรูปสารละลายเข้มข้น 35% น้ำหนักต่อปริมาตร มีลักษณะเป็นก้อนเล็กๆ สีขาวใส มีความบริสุทธิ์มากกว่า 99.0% เป็นสารกัดกร่อนอย่างรุนแรง ใช้ตกตะกอนโปรตีนในการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ในถุงมือ ผลิตโดย บริษัท Carlo Erlo ประเทศฝรั่งเศส

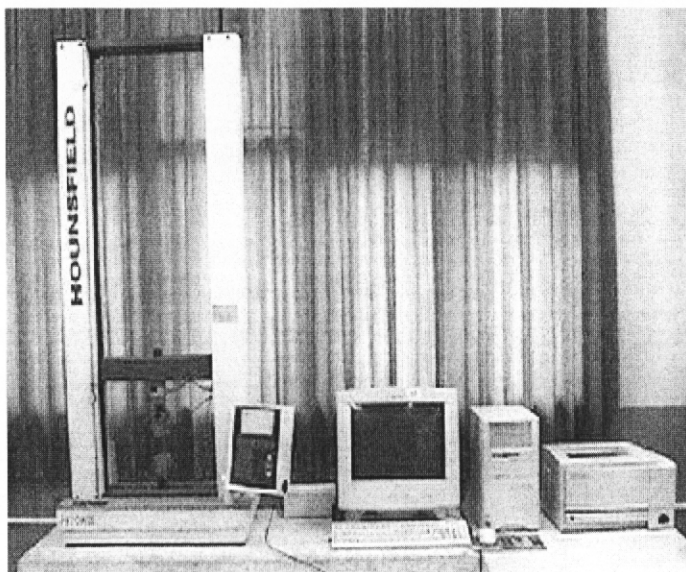
3.1.26 กรดฟอสโฟทังสติก (Phosphotungstic acid, H₃[P(W₃O₁₀)₄·xH₂O, (PTA)) ใช้ในรูปสารละลายเข้มข้น 40% น้ำหนักต่อปริมาตร ใช้ตกตะกอนโปรตีนในการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ในถุงมือ บริษัท Hopkin & William ประเทศอังกฤษ

3.1.27 โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate anhydrous, Na₂CO₃) ใช้ในรูปสารละลายเข้มข้น 6% น้ำหนักต่อปริมาตร มีลักษณะเป็นผงสีขาวละเอียด มีความบริสุทธิ์ (หลังจากอบที่ 285°C) อยู่ในช่วง 99.9-100.0% ใช้เตรียม Reagent A ในการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ในถุงมือ ผลิตโดยบริษัท J.T.Baker. Inc. Co, Ltd. ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.1.28 ไตรโซเดียมซิเตรทไดไฮเดรต (Tri-sodium citrate dihydrate, Na₃C₆H₅O₇·2H₂O) ใช้ในรูปสารละลายเข้มข้น 3% น้ำหนักต่อปริมาตร มีลักษณะเป็นเม็ดเล็กๆ ใส มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 294.10 มีความบริสุทธิ์ มากกว่า 99% ใช้เตรียม Reagent B ในการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ในถุงมือ ผลิตโดยบริษัท Carlo Erlo ประเทศฝรั่งเศส

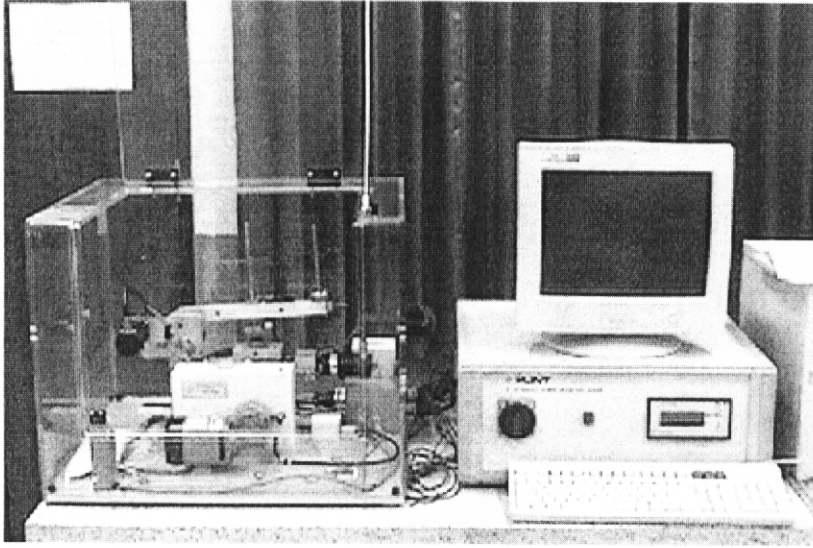
3.2 อุปกรณ์

3.2.1 **เครื่องทดสอบสมบัติด้านการดึง (tensometer)** ยี่ห้อ Hounsfield รุ่น H10KS ผลิตโดย บริษัท Hounsfield Test Equipment Ltd. ประเทศอังกฤษ สามารถรับแรงได้สูงสุด 10 กิโลนิวตัน หน้าจอแสดงการทำงานของระบบดิจิทัล สามารถตั้งค่าต่างๆ ได้ ปรับความเร็วในการดึงได้ 0.01 ถึง 1000 มิลลิเมตรต่อนาที มีเซลล์รับแรง (load cell) เป็นตัวแปลงสัญญาณจากค่าแรงที่ดึงผ่านวงจรรีเลย์ทรอนิกเป็นค่าแรงดึงหรือแรงกดในหน่วยนิวตัน ใช้ทดสอบสมบัติด้านการดึงของถุงมือเคลือบ ลักษณะเครื่องมือแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 เครื่องทดสอบสมบัติด้านการดึง

3.2.2 **เครื่องทดสอบความเสียดทาน (Friction Test Machine)** ยี่ห้อ Plint รุ่น TE 75R ผลิตโดย บริษัท Plint and Partners Ltd. ประเทศอังกฤษ สามารถทดสอบได้สองแบบทั้งฟิล์มยางบางและฟิล์มยางหนา โดยฟิล์มยางบางจะใช้แผ่นกระจกผิวไม่เรียบ (wavy surface glass) กดลงบนผิวยางทดสอบที่หุ้มอยู่บนลูกยางครึ่งทรงกลม (Hemisphere rubber) ส่วนยางหนาจะใช้ลูกบอลกดลงบนฟิล์มยางที่วางบนยางรองรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส เครื่องทดสอบควบคุมการทำงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถตั้งสภาวะการทดสอบต่างๆ ได้ และแปรผลออกมาเป็นค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานได้โดยตรง ลักษณะเครื่องมือแสดงดังรูปที่ 3.2



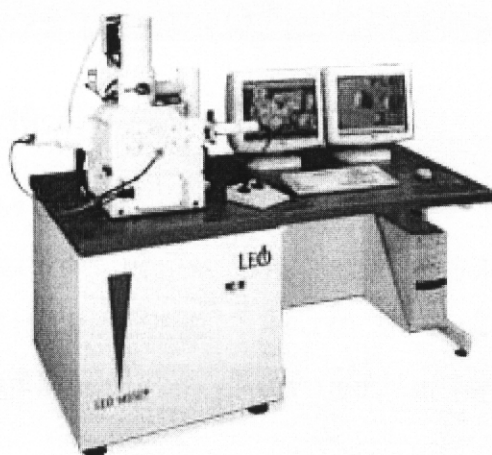
รูปที่ 3.2 เครื่องทดสอบความเสียดทาน

3.2.3 กล้องจุลทรรศน์พร้อมอุปกรณ์ถ่ายภาพ (Optical microscope) ยี่ห้อ Nikon ประกอบด้วย กล้องจุลทรรศน์ซึ่งมีเลนส์วัตถุกำลังขยาย 4, 10, 20, 40 และ 100 เท่า และเลนส์ตา กำลังขยาย 10 เท่า ตัวกล้องต่อกับอุปกรณ์ถ่ายภาพ ยี่ห้อ Nikon ซึ่งมี tube lens ขนาด 1.5, 2.5 และ 5 เท่า ผลิตโดย บริษัท Nikon ประเทศญี่ปุ่น ใช้วัดขนาดอนุภาคสารเคลือบบนผิวถุงมือเคลือบ แสดงลักษณะกล้องจุลทรรศน์ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 กล้องจุลทรรศน์พร้อมอุปกรณ์ถ่ายภาพ

3.2.4 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM) ยี่ห้อ LEO รุ่น LEO 1455 VP ผลิตโดยบริษัท K.E.Developments LTD. ประเทศอังกฤษ สามารถใช้ได้ทั้ง HP และ VP mode ที่ใช้ในการทดสอบเป็น mode VP ซึ่งมี VPSE Detector (Variable Pressure Secondary electron Detector) เป็นตัวดักจับสัญญาณโปรตอนที่เกิดจากการกระทบของอิเล็กตรอนจากตัวอย่างกับโมเลกุลของอากาศ แล้วส่งต่อไปยังหลอดขยายสัญญาณ ใช้ศึกษาลักษณะผิวของถุงมือเคลือบ และสัณฐานวิทยาของสารเคลือบ แสดงลักษณะเครื่อง SEM ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 เครื่อง SEM รุ่น LEO 1455 VP

3.2.5 เครื่องอุลตราเซ็นทริฟิวจ์ ยี่ห้อ Hermel รุ่น Z 323 K ผลิตโดยบริษัท Hermle-Labortechnik ประเทศเยอรมัน สามารถปรับความเร็วได้สูงสุด 13,500 rpm ควบคุมอุณหภูมิขณะทำงานด้วยระบบหล่อเย็น ปรับอุณหภูมิได้ต่ำสุด -5°C ใช้ทดสอบปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ในถุงมือ ลักษณะเครื่องมือแสดงดังรูปที่ 3.5

3.2.6 เครื่องวัดขนาดอนุภาค (Particle Size Analyzer) ยี่ห้อ Coulter รุ่น Coulter LS 230 ผลิตโดย บริษัท Coulter Corporation Ltd. ประเทศสหรัฐอเมริกา สามารถวัดขนาดอนุภาคได้ในช่วง 0.04-2000 ไมครอน (μm) ใช้วัดขนาดอนุภาคของสารเคลือบ



รูปที่ 3.5 เครื่องอุณหภูมิตริฟิวซ์

3.2.7 เครื่องดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์ (Differential Scanning Calorimeter, DSC) รุ่น DSC (QC) ผลิตโดยบริษัท Rheometric Scientific Co.,Ltd. ประเทศอังกฤษ สามารถใช้งานในช่วงอุณหภูมิ -160°C ถึง 770°C โดยใช้ไนโตรเจนเหลวเป็นตัวลดยุณหภูมิ ใช้ในการหาอุณหภูมิสถานะแก้ว (Glass Transition Temperature, T_g) ของสารเคลือบ

3.2.8 เครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Fourier transform infrared spectrophotometer, FT-IR) รุ่น FTIR 1600 ผลิตโดย บริษัท Perkin-Elmer Co.,Ltd. ประเทศสหรัฐอเมริกา ต่อกับเครื่องเขียนกราฟ (Plotter) ยี่ห้อ Roland รุ่น DXY - 1100 ผลิตโดยบริษัท Roland DG Coporation ประเทศญี่ปุ่น ใช้ศึกษาโครงสร้างทางเคมีของสารเคลือบ โดยอาศัยรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงอินฟราเรดที่ความยาวคลื่น $0.2-200$ ไมโครเมตร หรือรังสีที่มีเลขคลื่น $12500-50\text{ cm}^{-1}$

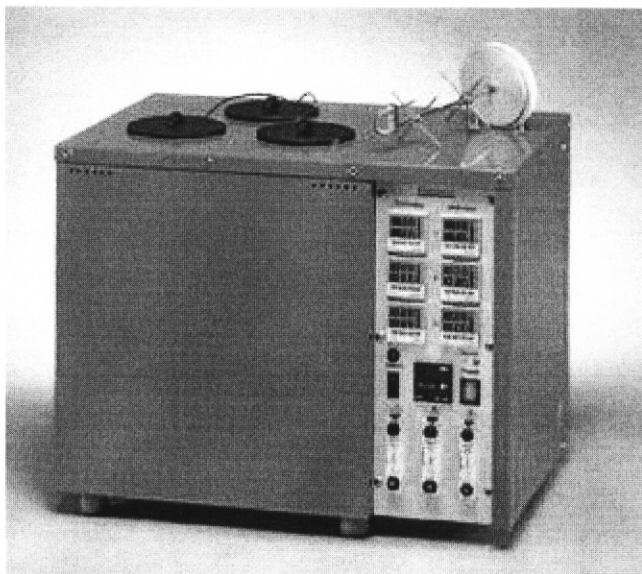
3.2.9 ตู้อบอากาศร้อน (Hot air oven) ผลิตโดยบริษัท Fisher Scientific ประเทศสหรัฐอเมริกา ปรับอุณหภูมิได้ในช่วง $25-200^{\circ}\text{C}$ มีระบบพัดลมหมุนเวียนอากาศภายใน

3.2.10 เครื่องบดสารเคมี (Ball mill) เป็นเครื่องมือสำหรับบดสารเคมีให้อยู่ในรูป dispersion ประกอบด้วยมอเตอร์ต่อกับแกนหมุนสำหรับวางขวดพลาสติก ที่มีขนาดประมาณ $1,000\text{ cm}^3$ ซึ่งภายในใส่สารเคมีตามสูตร และบรรจุลูกแก้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร โดยให้ปริมาตรรวมของสารเคมีและลูกแก้วประมาณ $3/4$ ของปริมาตรขวด

3.2.11 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH-meter) Model 215 ผลิตโดย บริษัท Denver Instrument Company ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.12 อ่างน้ำปรับอุณหภูมิได้ (Water bath) ยี่ห้อ Grant รุ่น W28 ผลิตโดยบริษัท Grant Instrument (Cambridge) Ltd. ประเทศอังกฤษ ปรับอุณหภูมิของน้ำในอ่างได้สูงสุด 100°C ใช้ควบคุมอุณหภูมิของถังจุ่ม และล้างยาง (Leaching)

3.2.13 เตาอบบ่มเร่ง (Ageing Oven) ยี่ห้อ Elastocon รุ่น EB07 ผลิตโดยบริษัท Elastocon AB ประเทศสวีเดน เป็นเตาอบแบบ Multi-cell Ageing มี 3 ห้องทดสอบ แต่ละห้องมีความจุ 3×2.4 ลิตร สามารถทดสอบได้ในช่วงอุณหภูมิ $45-200^{\circ}\text{C}$ สามารถปรับอัตราการไหลของอากาศได้ในช่วง $120-800$ cc./min. มีระบบควบคุมอุณหภูมิซึ่งจะทำงานทันทีเมื่ออุณหภูมิต่างจากค่าที่ตั้งไว้ 1°C ภายในห้องทดสอบมีที่แขวนตัวอย่างซึ่งจะหมุนตลอดเวลา ลักษณะเครื่องมือแสดงดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 เตาอบบ่มเร่งแบบ multi-cell

3.2.14 เครื่องชั่งไฟฟ้า (Electrical Balance) ยี่ห้อ Vibra รุ่น HG-5000 ผลิตโดยบริษัท Shinko ประเทศญี่ปุ่น ชั่งได้ละเอียด 0.01 กรัม สามารถรับน้ำหนักได้สูงสุด 5000 กรัม และยี่ห้อ A&D รุ่น HR-200 ผลิตโดย บริษัท diethelm & Co., Ltd. ประเทศญี่ปุ่น ชั่งได้ละเอียด 0.0001 กรัม สามารถรับน้ำหนักได้สูงสุด 210 กรัม

3.2.15 ไมโครมิเตอร์ (Micrometer) ผลิตโดยบริษัท Mitutoyo ประเทศญี่ปุ่น สามารถวัดได้ละเอียด 0.01 มิลลิเมตร ใช้วัดความหนาของถุงมือเคลือบ

3.2.16 เครื่องกวนไฟฟ้า (Mechanical Stirrer) ยี่ห้อ Sted Fast™ รุ่น SL 2400 ผลิตโดยบริษัท Fisher Scientific Ltd. ประเทศสหรัฐอเมริกา สามารถเปลี่ยนใบพัดที่ใช้ในการกวนได้ และปรับความเร็วได้ 10 ระดับ ใช้กวนสารเคลือบ

3.2.17 เตาความร้อนที่มีระบบหมุนด้วยแม่เหล็ก (Fisher stirring hot plate) ผลิตโดยบริษัท Fisher Scientific Ltd. ประเทศสหรัฐอเมริกา สามารถปรับระดับความร้อนและความเร็วในการกวนได้ 10 ระดับ

3.2.18 แบบสำหรับชุบน้ำยาง (Former) ทำด้วยเซรามิก เป็นแป้นรูปทรงกระบอกยาว 16 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร เพื่อเตรียมแผ่นฟิล์มเคลือบ และแป้นรูปมือทางการแพทย์สำหรับเตรียมถุงมือเคลือบ

3.2.19 UV-visible Spectrophotometer ยี่ห้อ Jenway รุ่น 6405 ผลิตโดย บริษัท Jenway Ltd. ประเทศอังกฤษ สามารถวัดได้ในช่วงความยาวคลื่น 190 ถึง 950 นาโนเมตร scan ได้ความเร็วสูงสุด 1400 nm./min. มีค่า transmittance อยู่ในช่วง 0-199.9%T ใช้วัดค่าการดูดกลืนแสงของโปรตีน ในการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้

3.2.20 เครื่องวัดความหนืด (Du noüy surface tension apparatus) ยี่ห้อ KRÜSS รุ่น K6 ผลิตโดยบริษัท KRÜSS GmbH ประเทศเยอรมัน ใช้วัดความตึงผิวของสารเคลือบ (ส่วนประกอบและรายละเอียดการทดสอบแสดงในข้อ 3.3.8.1)

3.2.21 เครื่องวัดความหนืด (Brookfield viscometer) ยี่ห้อ Brookfield รุ่น RVDV-100 ประกอบด้วย spindle 7 ขนาด คือ RV1- RV7 ในการทดลองใช้ spindle RV2 ปรับความเร็วได้ 4 ระดับ คือ 10, 20, 50 และ 100 รอบ/นาที ผลิตโดยบริษัท Scientific Promotion Ltd. ประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้วัดความหนืดของสารเคลือบ

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมสารเคมีและคอมปาวด์ของถุ่มีอย่างธรรมชาติ

3.3.1.1 การเตรียมสารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการเตรียมคอมปาวด์ในการผลิตถุ่มีอย่างธรรมชาติ เตรียมในรูป dispersion โดยการนำสารเคมีชนิดต่างๆ ตามสูตรที่ต้องการ ใส่ในขวดพลาสติกให้ได้ปริมาตรรวมประมาณ 75% ของปริมาตรขวด นำมาบดด้วยเครื่องบดสารเคมี (Ball mill) จนสารเคมีมีขนาดอนุภาคเล็กลงสามารถแขวนลอยอยู่ได้โดยไม่เกิดการตกตะกอน และสามารถผสมเข้ากับยางธรรมชาติได้ดีมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ สารเคมีที่ใช้มีสูตรและวิธีการเตรียมดังนี้

1. กำมะถัน เตรียมในรูป 50% dispersion โดยใช้สูตรดังนี้

ชนิดของสารเคมี	น้ำหนัก (g)
กำมะถัน	50.0
Bentonite	1.0
Vultamol	1.0
น้ำกลั่น	48.0

นำสารเคมีที่เตรียมตามสูตรมาบดด้วยเครื่องบดสารเคมีเป็นเวลา 72 ชั่วโมง

2. ZDEC เตรียมในรูป 50% dispersion โดยใช้สูตรดังนี้

ชนิดของสารเคมี	น้ำหนัก (g)
ZDEC	50.0
Bentonite	1.0
Vultamol	1.0
น้ำกลั่น	48

นำสารเคมีที่เตรียมตามสูตรมาบดด้วยเครื่องบดสารเคมีเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3. ZMBT เตรียมในรูป 50% dispersion โดยใช้สูตรดังนี้

ชนิดของสารเคมี	น้ำหนัก (g)
ZMBT	50.0
Bentonite	1.0
Vultamol	1.0
น้ำกลั่น	48.0

นำสารเคมีที่เตรียมตามสูตรมาบดด้วยเครื่องบดสารเคมีเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4. ซิงค์ออกไซด์ เตรียมในรูป 50% dispersion โดยใช้สูตรดังนี้

ชนิดของสารเคมี	น้ำหนัก (g)
ซิงค์ออกไซด์	50.0
Bentonite	1.0
Vultamol	1.0
น้ำกลั่น	48.0

นำสารเคมีที่เตรียมตามสูตรมาบดด้วยเครื่องบดสารเคมีเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

5. Wingstay-L เตรียมในรูป 50% dispersion โดยใช้สูตรดังนี้

ชนิดของสารเคมี	น้ำหนัก (g)
Wingstay-L	50.0
Bentonite	1.0
Vultamol	1.0
น้ำกลั่น	48.0

นำสารเคมีที่เตรียมตามสูตรมาบดด้วยเครื่องบดสารเคมีเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

นอกจากการเตรียมในรูป dispersion แล้ว ยังเตรียมสารเคมีที่จำเป็นอีกหลายชนิด ดังต่อไปนี้

1. สบู่โพแทสเซียมโอเลอิก เตรียมความเข้มข้น 20% โดยน้ำหนัก เตรียมจากการใช้กรดโอเลอิกผสมกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้สูตรและวิธีการเตรียมดังนี้

	ชนิดของสารเคมี	น้ำหนัก (g)
ส่วนที่ 1	กรดโอเลอิก	100.0
	น้ำกลั่น	370.0

ส่วนที่ 2	โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์	19.86
	น้ำกลั่น	77.52

นำส่วนที่ 1 ไปอุ่นที่อุณหภูมิ 80 °C แล้วเติมส่วนที่ 2 อย่างช้าๆ พร้อมทั้งกวนด้วยความเร็วสูง อุ่นต่อไปพร้อมทั้งกวนอีกประมาณ 1 ชั่วโมง

2. สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เตรียมความเข้มข้น 20% โดยน้ำหนัก โดยการละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 20 กรัม ในน้ำกลั่น 80 กรัม

3. สารละลายแคลเซียมไนเตรท เตรียมความเข้มข้น 20% โดยน้ำหนัก โดยการละลายแคลเซียมไนเตรท 20 กรัม ในน้ำกลั่น 80 กรัม

4. การเตรียมสารรักษาความเสถียร เตรียมความเข้มข้น 20% โดยน้ำหนัก ซึ่งมีวิธีการเตรียมดังนี้

- Terric 16A 29, Terric N30 และ AD 33 โดยการละลาย Terric 16A 29, Terric N30 และ AD 33 อย่างละ 20.0 g ในน้ำกลั่น 80.0 g

- Rhodapex CO-463 โดยการละลาย 33.33 g ของ 60% Rhodapex CO-463 ในน้ำกลั่น 66.67 g

- Atlas G-5774 โดยการละลาย 30.77 g ของ 65% Atlas G-5774 ในน้ำกลั่น 69.23 g

- AD 33 โดยการละลาย 53.33 g ของ 37.5% AD 33 ในน้ำกลั่น 46.67 g

3.3.1.2 การเตรียมคอมปาวด์เพื่อใช้ในการเตรียมถุงมือยางธรรมชาติ

น้ำยางคอมปาวด์ที่ใช้สำหรับการเตรียมถุงมือยางธรรมชาติ มีสูตรการเตรียม ดังตารางที่ 3.1 ซึ่งเตรียมโดยชั่งน้ำยางและสารเคมีต่างๆ ตามสูตร กวนผสมให้เข้ากัน แล้ว บ่มน้ำยางไว้โดยการกวนด้วยความเร็วต่ำ (ประมาณ 50 รอบ/นาที) เป็นเวลา 36 ชั่วโมง นำมา ทดสอบปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid content, %TSC) [ภาคผนวก ก.1] และระดับการ วัลคาไนซ์ด้วยคลอโรฟอร์ม (Chloroform test) [ภาคผนวก ก.2] น้ำยางคอมปาวด์ที่เหมาะสม สำหรับนำไปใช้งานควรมีระดับ Chloroform number อยู่ในช่วง 1.5 - 2.5 นำคอมปาวด์ที่ได้ไป เตรียมถุงมือยางธรรมชาติต่อไป

ตารางที่ 3.1 สูตรน้ำยางคอมปาวด์สำหรับเตรียมถุงมือยางธรรมชาติ

สารเคมี	น้ำหนักเนื้อสาร (g)	น้ำหนักสาร (g)		
		สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
60% HA-Latex	100.0	167.0	167.0	167.0
20% KOH	0.2	1.0	1.0	1.0
20% Potassium oleate	0.2	1.0	1.0	1.0
50% Sulphur dispersion	1.25	2.5	2.5	2.5
50% ZDEC dispersion	1.0	2.0	2.0	2.0
50% ZMBT dispersion	0.25	0.5	0.5	0.5
50% ZnO dispersion	1.0	2.0	2.0	2.0
50% Wingstay-L dispersion	1.0	2.0	2.0	2.0
น้ำกลั่น*	-	171.67	84.25	31.80
น้ำหนักรวม	104.90	349.67	262.25	209.8

* สูตร 1, 2 และ 3 ควบคุม TSC = 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

3.3.2 การเตรียมสารเคลือบ

3.3.2.1 การเคลือบผิวถุงมือด้านเดียวด้วย NeoCryl A-45 และ NeoCryl A-633

เป็นการศึกษาเบื้องต้นในการเตรียมถุงมือเคลือบด้านเดียว กล่าวคือ ด้านนอกของถุงมือ ซึ่งเมื่อถอดถุงมือออกจากแบบพิมพ์และกลับด้านแล้วจะเป็นด้านที่สัมผัสกับมือผู้สวมใส่ เตรียมสารเคลือบดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.3.2.1.1 การแปรอัตราส่วนของ NeoCryl A-45 ต่อ NeoCryl A-633

เตรียมสารเคลือบตามสูตรในตารางที่ 3.2 โดยผสม NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 กวนให้เข้ากันด้วยความเร็วสูงอย่างน้อย 5 นาที แล้วเติมน้ำกลั่นให้ได้ความเข้มข้นตามต้องการ กวนต่อด้วยความเร็วปานกลางอย่างน้อย 10 นาที เพื่อให้สารเคมีต่างๆ ผสมเข้ากันอย่างสม่ำเสมอก่อนนำไปใช้เคลือบ

ตารางที่ 3.2 สูตรสารเคลือบที่แปรอัตราส่วนของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633

ชนิดของสารเคมี	น้ำหนักสาร (กรัม)		
	อัตราส่วนของ NeoCryl A-45 : NeoCryl A-633 (by wt.)		
	1:1	1:3	3:1
NeoCryl A-45 (37.50%)	53.33	26.67	80.0
NeoCryl A-633 (42.0%)	47.62	71.43	23.81
น้ำกลั่น	399.05	401.90	396.19
น้ำหนักรวม	500.0		

3.3.2.1.2 การแปรปริมาณสารเพิ่มความลื่น

เตรียมสารเคลือบตามสูตรในตารางที่ 3.3 โดยเลือกใช้อัตราส่วนของ NeoCryl A-45 ต่อ NeoCryl A-633 เป็น 3:1 แล้วแปรปริมาณสารเพิ่มความลื่น (ไดเมทิลไซลอกเซน) ให้มีปริมาณ 10, 20, 30 และ 40% โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ เตรียมโดยผสม NeoCryl A-45, NeoCryl A-633 และ Terric 16A29 กวนให้เข้ากันด้วยความเร็วสูงประมาณ 2 นาที เติมไดเมทิลไซลอกเซน กวนต่ออย่างน้อย 5 นาที เติมน้ำและ Emulwin W กวนด้วยความเร็วปานกลางประมาณ 10 นาที เพื่อให้สารเคมีต่างๆ ผสมเข้ากันอย่างสม่ำเสมอก่อนนำไปใช้เคลือบ

ตารางที่ 3.3 สูตรสารเคลือบที่แปรปริมาณสารเพิ่มความลื่น

ชนิดของสารเคมี	น้ำหนักสาร (g)				
	ปริมาณ dimethyl siloxane (% by wt. of polymer)				
	0	10	20	30	40
Dimethyl siloxane (37.69%)	0	9.66	17.70	24.49	30.33
Terric 16A29 (20.0%)	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
Emulwin W (10.0%)	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
น้ำกลั่น (ควบคุม%TSC= 8%)	356.19	355.98	355.80	355.65	355.53
น้ำหนักรวม	500.0				

3.3.2.2 การเคลือบผิวถุงมือสองด้าน

3.3.2.2.1 การเตรียมสารเคลือบด้านนอก

3.3.2.2.1.1 การเตรียมสารเคลือบด้วย NeoCryl A-45 และ NeoCryl A-633

จากการศึกษา ในข้อ 3.3.2.1 พบว่าสารเคลือบสารเคลือบที่ให้สมบัติในการเคลือบที่ดี คือ ใช้อัตราส่วน NeoCryl A-45 ต่อ NeoCryl A-633 เป็น 3:1 จึงใช้อัตราส่วนนี้ในการเตรียมสารเคลือบด้านนอก แต่ใช้สารเพิ่มความลื่น คือ DC 36 ในปริมาณ 15% โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการลดความเสียหาย และมีความเสถียรดีกว่า (มัสวานี, 2544) ดังนั้นจึงดัดแปลงสูตรสารเคลือบด้านนอก ดังสูตรแสดงในตารางที่ 3.4 ซึ่งเตรียมสารเคลือบ โดยผสม Terric 16A29 ลงใน NeoCryl A-45 พร้อมทั้งกวนด้วยความเร็วสูงประมาณ 2 นาที เติมน้ำ NeoCryl A-633 กวนต่อประมาณ 5 นาที เติมน้ำ DC 36 กวนต่ออย่างน้อย 5 นาที เติมน้ำและ Emulwin W กวนด้วยความเร็วปานกลางประมาณ 10 นาที เพื่อให้สารเคมีต่างๆ ผสมเข้ากันอย่างสม่ำเสมอ ก่อนนำไปใช้เคลือบ

ตารางที่ 3.4 สูตรพอลิเมอร์เคลือบที่ใช้เคลือบผิวด้านนอกของถุงมือที่เคลือบด้วย NeoCryl A-45 และ NeoCryl A-633

ชนิดของสารเคมี	น้ำหนักสาร (กรัม)
NeoCryl A-45 (37.50%)	80.0
NeoCryl A-633 (42.0%)	23.81
DC 36 (36.34%)	16.51
Terric 16A29 (20.0%)	38.33
Emulwin W (10.0%)	23.0
น้ำกลั่น	585.02
น้ำหนักรวม	766.67

3.3.2.2.1.2 การเตรียมสารเคลือบด้วย NeoCryl A-45 และ NeoCryl

XK-51

ทำการทดลองเตรียมสารเคลือบ โดยการใช้น้ำ NeoCryl XK-51 และ NeoCryl A-45 ผสมกับ NeoCryl XK-51 โดยแปรอัตราส่วน NeoCryl A-45 ต่อ NeoCryl XK-51 เป็น 1:1, 2:1 และ 3:1 ดังสูตรแสดงในตารางที่ 3.5 ซึ่งมีวิธีการเตรียมโดยวิธีการเดียวกับการเตรียมสารเคลือบในข้อ 3.3.2.2.1

ตารางที่ 3.5 สูตรพอลิเมอร์เคลือบที่ใช้เคลือบผิวด้านนอกของถุงมือที่เคลือบด้วย NeoCryl A-45 และ/หรือ NeoCryl XK-51

ชนิดของสารเคมี	น้ำหนักสาร (g)			
	NeoCryl XK-51 อย่างเดียว	NeoCryl A-45 : NeoCryl XK-51 (by wt.)		
		1:1	2:1	3:1
NeoCryl A-45 (37.50%)	0	40.0	53.33	60.0
NeoCryl XK-51 (42.5%)	70.59	35.29	23.53	17.65
DC 36 (36.34%)	12.38	12.38	12.38	12.38
Terric 16A29 (20%)	28.75	28.75	28.75	28.75
Emulwin W (10%)	17.25	17.25	17.25	17.25
น้ำกลั่น	446.03	441.33	439.76	438.97
น้ำหนักรวม	575.0			

3.3.2.2.2 การเตรียมสารเคลือบผิวถุงมือด้านใน

ในการเตรียมถุงมือยางธรรมชาติ จะต้องใช้สารช่วยจับตัว เพื่อให้หน้ายางคอมปาวด์จับตัวบนแบบพิมพ์ ในการเคลือบถุงมือด้านใน จะต้องให้สารเคลือบผสมกับสารช่วยจับตัว และมีความเสถียรในสภาวะลาเท็กซ์ ดังนั้นในสารเคลือบจึงประกอบด้วย 3 ส่วน คือ พอลิเมอร์ที่ใช้เคลือบ สารช่วยจับตัว และสารรักษาความเสถียร โดยก่อนเตรียมสารเคลือบจะต้องปรับความเข้มข้นของพอลิเมอร์ที่ใช้เคลือบ และสารช่วยจับตัว ดังนี้

3.3.2.2.2.1 การปรับความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้

1. การปรับความเข้มข้นพอลิเมอร์ โดยปรับความเข้มข้นของ NeoCryl A-45 : NeoCryl A-633 (stock polymer A) และ NeoCryl A-45 : NeoCryl XK-51 (stock polymer B) โดยใช้อัตราส่วน 3:1 และปรับให้มีความเข้มข้น 20% โดยน้ำหนัก โดยใช้ DC 36 ปริมาณ 15% โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ เป็นสารเพิ่มความลื่น ดังสูตรแสดงในตารางที่ 3.6 และ 3.7 ตามลำดับ ซึ่งนำมาเตรียมโดยผสมพอลิเมอร์เข้าด้วยกัน กวนด้วยความเร็วสูงประมาณ 2 นาที เติมสารเพิ่มความลื่น กวนต่ออย่างน้อย 5 นาที เติมน้ำ กวนด้วยความเร็วปานกลางประมาณ 10 นาที ให้สารเคมีต่างๆ ผสมเข้ากัน เก็บพอลิเมอร์เคลือบที่เตรียมนี้ไว้ใช้งานต่อไป โดยก่อนนำมาใช้งานจะต้องกวนด้วยความเร็วปานกลางอย่างน้อย 15 นาที

ตารางที่ 3.6 สูตรการปรับความเข้มข้นของ NeoCryl A-45 : NeoCryl A-633 เท่ากับ 3:1 โดยให้มีความเข้มข้น 20% โดยน้ำหนัก (stock polymer A)

ชนิดของสารเคมี	น้ำหนักสาร (g)
NeoCryl A-45 (37.50%)	400.0
NeoCryl A-633 (42.0%)	119.05
DC 36 (36.34%)	82.55
น้ำกลั่น	548.40
น้ำหนักรวม	1150.0

ตารางที่ 3.7 สูตรการปรับความเข้มข้นของ NeoCryl A-45 : NeoCryl XK-51 เท่ากับ 3:1 โดยให้มีความเข้มข้น 20% โดยน้ำหนัก (stock polymer B)

ชนิดของสารเคมี	น้ำหนักสาร (g)
NeoCryl A-45 (37.50%)	400.0
NeoCryl XK-51 (42.5%)	117.65
DC 36 (36.34%)	82.55
น้ำกลั่น	549.80
น้ำหนักรวม	1150.0

2. การปรับความเข้มข้นสารช่วยจับตัว (stock coagulant)

โดยใช้สารละลายผสมของแคลเซียมไนเตรทและแคลเซียมคลอไรด์ เตรียมความเข้มข้น 20:20 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก โดยการละลายแคลเซียมไนเตรท 200 g และแคลเซียมคลอไรด์ 200 g ในน้ำกลั่น 600 g

3.3.2.2.2 การแปรอัตราส่วนของ NeoCryl A-45 ต่อ NeoCryl XK-51

เตรียมสารเคลือบด้านในโดยใช้ NeoCryl XK-51 และของผสมระหว่าง NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 โดยแปรอัตราส่วนของ NeoCryl A-45 ต่อ NeoCryl XK-51 เป็น 1:1, 2:1 และ 3:1 ดังสูตรแสดงในตารางที่ 3.8 เตรียมโดยผสม NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 กวนด้วยความเร็วสูงประมาณ 2 นาที เติม DC 36 กวนต่ออย่างน้อย 5 นาที เติมน้ำกลั่น และ Terric 16A29 ประมาณ 80% ลงไป พร้อมทั้งกวนด้วยความเร็วสูงผสม Terric 16A29 ส่วนที่เหลือลงในสารช่วยจับตัวที่ปรับความเข้มข้นแล้ว (stock coagulant) คนให้ผสมเข้ากันอย่างสม่ำเสมอ ค่อยๆ เติมลงในสารเคลือบ พร้อมทั้งกวนด้วยความเร็วสูงประมาณ 3 นาที เติม Emulwin W กวนต่อด้วยความเร็วปานกลางประมาณ 10 นาที เพื่อให้สารเคมีต่างๆ ผสมเข้ากันอย่างสม่ำเสมอก่อนนำไปใช้เคลือบ

ตารางที่ 3.8 สูตรสารเคลือบผิวด้านในที่ใช้ NeoCryl A-45 และ/หรือ NeoCryl XK-51

ชนิดของสารเคมี	น้ำหนักสาร (g)			
	NeoCryl XK-51	NeoCryl A-45 : NeoCryl XK-51 (by wt.)		
		1:1	2:1	3:1
NeoCryl A-45 (37.50%)	0	24.0	32.0	36.0
NeoCryl XK-51 (42.5%)	42.35	21.18	14.12	10.59
DC 36 (36.34%)	7.43	7.43	7.43	7.43
Terric 16A29 (20%)	51.17	51.17	51.17	51.17
Emulwin W (10%)	3.1	3.1	3.1	3.1
Stock coagulant (20%)	258.75	258.75	258.75	258.75
น้ำกลั่น	154.70	151.87	150.93	150.46
น้ำหนักรวม	517.5			

3.3.2.2.3 อิทธิพลของชนิดสารรักษาความเสถียรต่อสมบัติ

ของสารเคลือบ

แปรชนิดสารรักษาความเสถียรดังสูตรในตารางที่ 3.9 โดยแบ่งน้ำกลั่นเป็นสองส่วน ส่วนแรกใช้ละลายสารช่วยจับตัว ส่วนที่สองใช้ละลายสารรักษาความเสถียร ผสมสารละลายสารรักษาความเสถียร ประมาณ 80% ลงในพอลิเมอร์ที่ปรับความเข้มข้นแล้ว (stock polymer A) กวนด้วยความเร็วสูง เทสารละลายสารรักษาความเสถียรที่เหลือลงในสารช่วยจับตัว คนให้ผสมเข้ากันอย่างสม่ำเสมอ แล้วค่อยๆ เติมลงใน พอลิเมอร์เคลือบที่เตรียมไว้ พร้อมทั้งกวนด้วยความเร็วสูงประมาณ 3 นาที กวนต่อด้วยความเร็วปานกลางประมาณ 10 นาที เพื่อให้สารเคมีต่างๆ ผสมเข้ากันอย่างสม่ำเสมอก่อนนำไปใช้เคลือบ ส่วนการศึกษาอิทธิพลของสารรักษาความเสถียรต่อสารผสมของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ใช้สูตรและวิธีการเตรียมเหมือนกัน แต่เปลี่ยนพอลิเมอร์ที่ปรับความเข้มข้นเป็น stock polymer B

ตารางที่ 3.9 สูตรสารเคลือบผิวด้านในที่ใช้สารรักษาความเสถียรต่างชนิดกัน

ชนิดของสารเคมี	น้ำหนักสาร (g)			
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4
Stock Polymer A (20%)	20.0	20.0	20.0	20.0
Surfactant *	5.0	5.0	10.0	10.0
Ca(NO ₃) ₂	20.0	10.0	20.0	10.0
CaCl ₂	0	5.0	0	5.0
น้ำกลั่น	55.0	60.0	50.0	55.0
น้ำหนักรวม	100.0			

หมายเหตุ 1. * สารรักษาความเสถียรที่ใช้ คือ Terric N30, Terric 16A29, Rhodapex CO-436, SDS, Atlas G-5774 และ AD33

2. สารเคลือบสูตร 3 และ 4 ใช้เมื่อสารเคลือบในสูตร 1 และ 2 เกิดการจับตัว ตามลำดับ

3.3.2.2.4 การแปรปริมาณสารช่วยจับตัวน้ำยาง

ศึกษาเฉพาะสารเคลือบที่เตรียมจาก NeoCryl A-45

ผสมกับ NeoCryl A-633 เตรียมสารเคลือบตามสูตรในตารางที่ 3.10 ด้วยวิธีการเดียวกับข้อ

3.3.2.2.3

3.3.2.2.5 การแปรปริมาณสารรักษาความเสถียร

แปรปริมาณสารรักษาความเสถียรในสูตรสารเคลือบที่

เตรียมจาก NeoCryl A-45 ผสมกับ NeoCryl A-633 ดังสูตรแสดงในตารางที่ 3.11 เตรียมโดยใช้

วิธีเดียวกับข้อ 3.3.2.2.3 ส่วนการแปรปริมาณสารรักษาความเสถียรในสารเคลือบที่เตรียมจาก

NeoCryl A-45 ผสมกับ NeoCryl XK-51 ใช้สูตรและวิธีการเตรียมเหมือนกัน แต่เปลี่ยนพอลิเมอร์

เป็น stock polymer B

ตารางที่ 3.10 สูตรสารเคลือบที่แปรปริมาณสารช่วยจับตัวและชนิดของสารรักษาความเสถียร

ชนิดของสารเคมี	น้ำหนักสาร (g)				
	สูตร 1 ^a	สูตร 2 ^b	สูตร 3 ^c	สูตร 4 ^d	สูตร 5 ^e
Stock Polymer A (20%)	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Surfactant * (20%)	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
Ca(NO ₃) ₂	20.0	10.0	5.0	10.0	5.0
CaCl ₂	10.0	10.0	10.0	5.0	5.0
น้ำกลั่น	25.0	35.0	40.0	40.0	45.0
น้ำหนักรวม	100.0				

หมายเหตุ 1. * สารรักษาความเสถียรที่ใช้ คือ Terric N30, Terric 16A29 และ AD33

2. a, b, c, d, e ใช้อัตราส่วน Ca(NO₃)₂ ต่อ CaCl₂ เท่ากับ 20:10, 10:10, 5:10, 10:5 และ 5:5 เปรอ์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

ตารางที่ 3.11 สูตรสารเคลือบที่แปรปริมาณสารรักษาความเสถียร

ชนิดของสารเคมี	น้ำหนักสาร (g)	
	สูตร 1 ^a	สูตร 2 ^b
Stock polymer A (20%)	20.0	20.0
Surfactant * (20%)	5.0, 10.0, 15.0, 20.0, 25.0	5.0, 10.0, 15.0, 20.0, 25.0
Ca(NO ₃) ₂	20.0	10.0
CaCl ₂	10.0	10.0
น้ำกลั่น	ควบคุม TSC = 4%	
น้ำหนักรวม	100.0	

หมายเหตุ 1. * สารรักษาความเสถียรที่ใช้ คือ Terric N30, Terric 16A29 และ AD33

2. a, b ใช้อัตราส่วน Ca(NO₃)₂ ต่อ CaCl₂ เท่ากับ 20:10 และ 10:10 เปรอ์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

3.3.2.2.2.6 การแปรความเข้มข้นสารเคลือบ

เตรียมสารเคลือบจาก NeoCryl A-45 ผสมกับ NeoCryl A-633 และ NeoCryl A-45 ผสมกับ NeoCryl XK-51 ตามสูตรในตารางที่ 3.12 และ 3.13 ตามลำดับ โดย ผสม สารรักษาความเสถียร (Terric 16A29) ประมาณ 80% ลงใน พอลิเมอร์เคลือบที่ปรับความเข้มข้นเตรียมไว้ พร้อมทั้งกวนด้วยความเร็วสูง เติสารรักษาความเสถียรที่เหลือลงในสารช่วยจับตัวที่ปรับความเข้มข้นเตรียมไว้ คนให้ผสมเข้ากันอย่างสม่ำเสมอ ค่อยๆ เติมลงในพอลิเมอร์เคลือบที่เตรียมไว้ พร้อมทั้งกวนด้วยความเร็วสูงประมาณ 3 นาที เติม Emulwin W กวนต่อด้วยความเร็วปานกลางประมาณ 10 นาที เพื่อให้สารเคมีต่างๆ ผสมเข้ากันอย่างสม่ำเสมอก่อนนำไปใช้เคลือบ

ตารางที่ 3.12 สูตรสารเคลือบที่มีแปรความเข้มข้นของ NeoCryl A-45 และ NeoCryl A-633

ชนิดของสารเคมี	น้ำหนักสาร (g)			
	ความเข้มข้นสารเคลือบ (% by wt.)			
	2	3	4	5
Stock polymer A (20%)	50.0	75.0	100.0	125.0
Terric 16A29 (20%)	50.0	50.0	50.0	50.0
Stock coagulant	250.0	250.0	250.0	250.0
Emulwin W (10% by wt.)	3.0	3.0	3.0	3.0
น้ำกลั่น	147.0	122.0	97.0	72.0
น้ำหนักรวม	500.0			

ตารางที่ 3.13 สารเคลือบที่แปรความเข้มข้นของ NeoCryl A-45 และ NeoCryl XK-51

ชนิดของสารเคมี	น้ำหนักสาร (g)			
	ความเข้มข้นสารเคลือบ (% by wt.)			
	2	3	4	5
Stock polymer B (20%)	50.0	75.0	100.0	125.0
Terric 16A29 (20%)	75.0	75.0	75.0	75.0
Stock coagulant	250.0	250.0	250.0	250.0
Emulwin W (10% by wt.)	3.0	3.0	3.0	3.0
น้ำกลั่น	122.0	97.0	72.0	47.0
น้ำหนักรวม	500.0			

3.3.2.2.7 การแปรชนิดของสารรักษาความเสถียรต่อสมบัติ

ของถุงมือเคลือบ

เตรียมสารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 และ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 โดยแปรชนิดสารรักษาความเสถียร และทำการทดลองที่ความเข้มข้นสารเคลือบ 3 และ 4% โดยน้ำหนัก ตามสูตรในตารางที่ 3.14 และ 3.15 ตามลำดับ ใช้วิธีการเตรียมทำนองเดียวกับข้อ 3.3.2.2.6

ตารางที่ 3.14 สูตรสารเคลือบของ NeoCryl A-45 และ NeoCryl A-633 ที่แปรชนิดของสารรักษาความเสถียร

ชนิดของสารเคมี	น้ำหนักสาร (g)					
	TSC = 3%			TSC = 4%		
Stock Polymer A (20%)	75.0	75.0	75.0	100.0	100.0	100.0
Terric 16A29 (20%)	50.0	-	-	50.0	-	-
Terric N30 (20%)	-	50.0	-	-	50.0	-
AD33 (20%)	-	-	50.0	-	-	50.0
Stock Coagulant	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0
Emulwin W (10% by wt.)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
น้ำกลั่น	122.0	122.0	122.0	97.0	97.0	97.0
น้ำหนักรวม	500.0					

ตารางที่ 3.15 สูตรสารเคลือบของ NeoCryl A-45 และ NeoCryl XK-51 ที่แปรชนิดของสารรักษา
ความเสถียร

ชนิดของสารเคมี	น้ำหนักสาร (g)					
	TSC = 3%			TSC = 4%		
Stock Polymer B (20%)	75.0	75.0	75.0	100.0	100.0	100.0
Terric 16A29 (20%)	75.0	-	-	75.0	-	-
Terric N30 (20%)	-	75.0	-	-	75.0	-
AD33 (20%)	-	-	75.0	-	-	75.0
Stock Coagulant	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0
Emulwin W (10% by wt.)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
น้ำกลั่น	122.0	122.0	122.0	97.0	97.0	97.0
น้ำหนักรวม	500.0					

3.3.2.2.8 การแปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตในสารเคลือบ

เตรียมสารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl

A-633 และ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 โดยแปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต ตามสูตร
ในตารางที่ 3.16 และ 3.17 ตามลำดับ โดยผสม Terric 16A29 ประมาณ 80% ลงในพอลิเมอร์
เคลือบที่ปรับความเข้มข้นแล้ว กวนด้วยความเร็วสูง ประมาณ 2 นาที เติม CaCO_3 slurry กวน
ให้ผสมเข้ากัน ผสม Terric 16A29 ส่วนที่เหลือลงในสารช่วยจับตัวที่ปรับความเข้มข้น คนให้ผสม
เข้ากันอย่างสม่ำเสมอ ค่อยๆ เติมลงในพอลิเมอร์เคลือบ พร้อมทั้งกวนด้วยความเร็วสูงประมาณ
3 นาที กวนต่อด้วยความเร็วปานกลางประมาณ 10 นาที เพื่อให้สารเคมีต่างๆ ผสมเข้ากันอย่าง
สม่ำเสมอก่อนนำไปใช้เคลือบ

ตารางที่ 3.16 สูตรสารเคลือบของ NeoCryl A-45 และ NeoCryl A-633 ที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต

ชนิดของสารเคมี	น้ำหนักสาร (g)			
	ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต (% by wt.)			
	1	2	3	4
Stock polymer A (20%)	100.0	100.0	100.0	100.0
Terric 16A29 (20%)	50.0	50.0	50.0	50.0
Stock coagulant	250.0	250.0	250.0	250.0
Emulwin W (10% by wt.)	3.0	3.0	3.0	3.0
CaCO ₃ slurry (75% by wt.)	6.67	13.33	20.0	26.67
น้ำกลั่น	90.33	83.67	77.0	70.33
น้ำหนักรวม	500.0			

ตารางที่ 3.17 สูตรสารเคลือบของ NeoCryl A-45 และ NeoCryl XK-51 ที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต

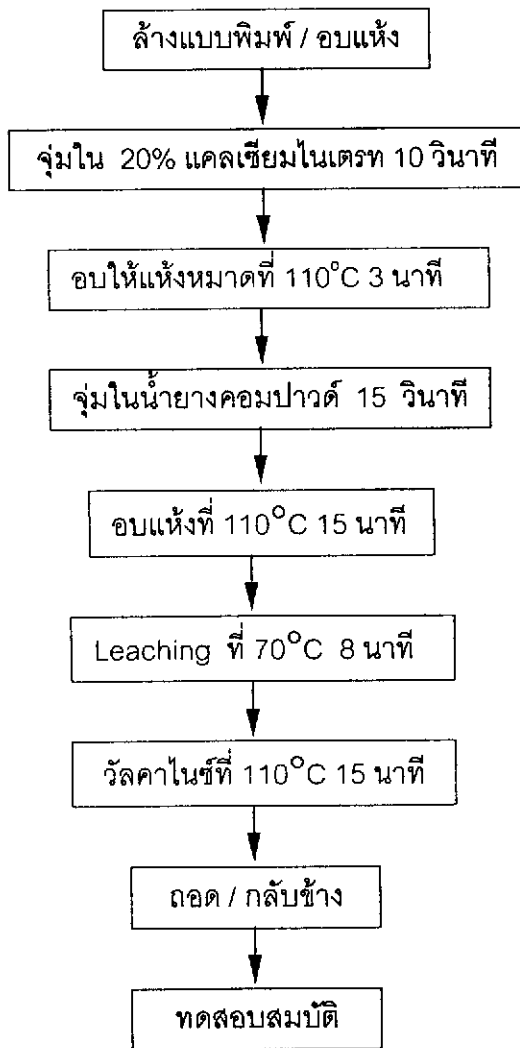
ชนิดของสารเคมี	น้ำหนักสาร (g)		
	ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต (% by wt.)		
	1	2	3
Stock polymer B (20%)	75.0	75.0	75.0
Terric 16A29 (20%)	75.0	75.0	75.0
Stock coagulant	250.0	250.0	250.0
Emulwin W (10% by wt.)	3.0	3.0	3.0
CaCO ₃ slurry (75% by wt.)	6.67	13.33	20.0
น้ำกลั่น	90.33	83.67	77.0
น้ำหนักรวม	500.0		

3.3.3 การเตรียมถุงมือยางธรรมชาติ

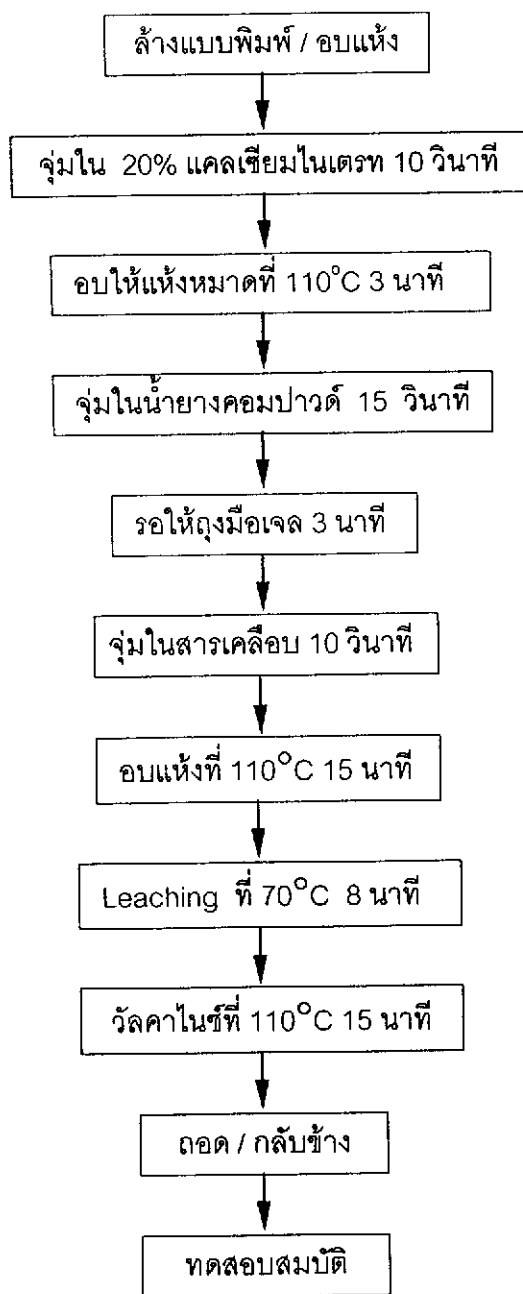
เตรียมถุงมือยางธรรมชาติโดยใช้สูตรน้ำยางคอมปาวด์ตามตารางที่ 3.1 (สูตร2) เตรียมถุงมือตามขั้นตอนในรูปที่ 3.7 โดยล้างแบบพิมพ์ (Former) ให้สะอาด อบให้แห้ง นำมาจุ่มสารช่วยจับตัวน้ำยาง (ละลายแคลเซียมไนเตรทเข้มข้น 20% โดยน้ำหนัก) เป็นเวลา 10 วินาที นำแบบพิมพ์อบให้แห้งหมาดที่อุณหภูมิ 110°C ประมาณ 3 นาที จากนั้นจุ่มแบบพิมพ์ในน้ำยางคอมปาวด์ เป็นเวลา 15 วินาที แล้วอบที่อุณหภูมิ 110°C เวลา 15 นาที แล้วล้างด้วยน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 8 นาที อบต่อที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 15 นาที ให้เกิดการวัลคาไนซ์สมบูรณ์ทดสอบสมบัติต่างๆ ของถุงมือที่ได้ คือ สมบัติเชิงฟิสิกส์ก่อนและหลังการบ่มแรง เทียบกับมาตรฐาน ASTM D3577 และ D3578 (2000) โดยทดสอบค่า โมดูลัสที่ระยะยืด 500% (500% Modulus), ความต้านทานต่อแรงดึง (Tensile Strength) และความสามารถในการยืดจนขาด (Elongation at Break) นอกจากนี้ทดสอบสมบัติอื่นๆ ที่สำคัญ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน และปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้

3.3.4 การเตรียมถุงมือเคลือบ

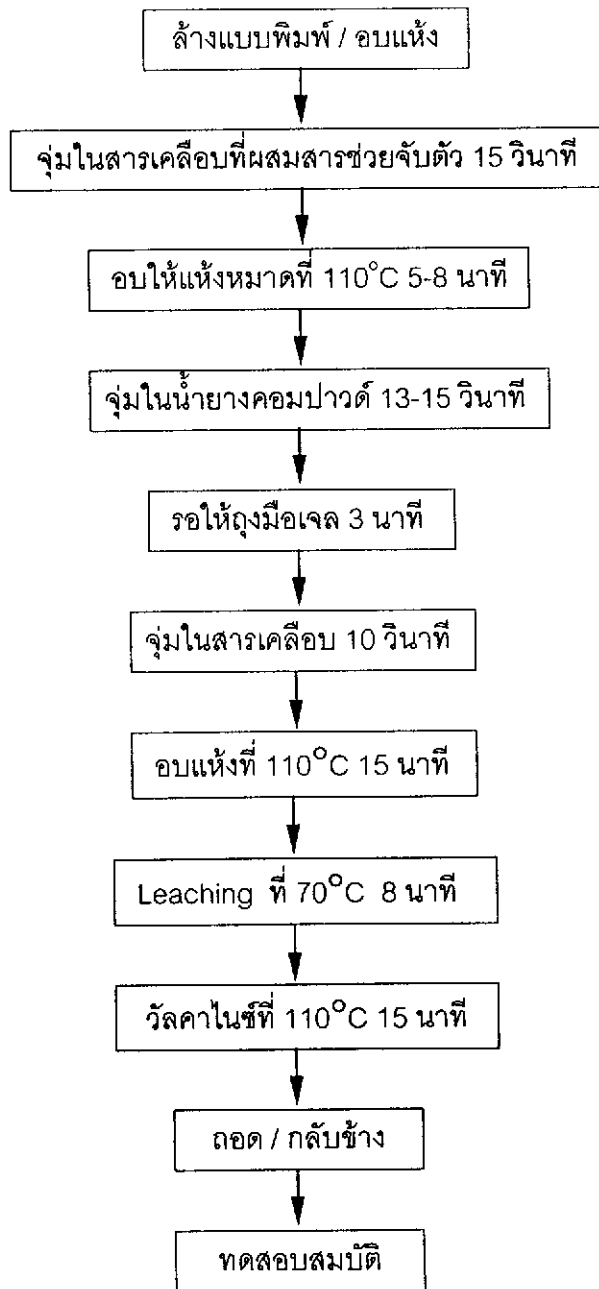
ในการทดลองนี้เตรียมถุงมือเคลือบสองชนิด คือ ถุงมือที่เคลือบด้านเดียว คือ ผิวด้านนอก ซึ่งเมื่อถอดถุงมือออกจากแบบพิมพ์แล้วกลับด้าน จะเป็นด้านที่สัมผัสกับมือผู้สวมใส่ และถุงมือเคลือบผิวทั้งสองด้าน โดยการเตรียมถุงมือเคลือบทั้งสองชนิดจะใช้สูตรน้ำยางคอมปาวด์ในตารางที่ 3.1 เหมือนในการเตรียมถุงมือก่อนเคลือบ วิธีการเตรียมถุงมือที่เคลือบด้านเดียวจะเคลือบถุงมือหลังจากรอให้น้ำยางคอมปาวด์เจลที่อุณหภูมิห้องประมาณ 3 นาที ดังขั้นตอนในรูปที่ 3.8 ส่วนการเตรียมถุงมือเคลือบสองด้านจะเคลือบด้านในพร้อมกับการจุ่มแบบพิมพ์ลงในสารช่วยจับตัว และเคลือบด้านนอกหลังจากรอให้น้ำยางคอมปาวด์เจลเช่นเดียวกัน ดังแผนภาพในรูปที่ 3.9 นำถุงมือเคลือบที่ได้ทั้งสองชนิดทดสอบสมบัติดังที่กล่าวในข้อ 3.3.3



รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการเตรียมถุงมือยางธรรมชาติ



รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการเตรียมถุงมือเคลือบด้านเดียว (แบบที่ 1)



รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการเตรียมถุงมือเคลือบที่เคลือบผิวสองด้าน

3.3.4.1 การเคลือบด้านเดียวด้วย NeoCryl A-45 และ NeoCryl A-633

เป็นการเคลือบเฉพาะผิวด้านนอก ตามขั้นตอนการเคลือบในรูปที่ 3.8 โดยศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนของพอลิเมอร์ ความเข้มข้นของพอลิเมอร์ ปริมาณสารเพิ่มความลื่นต่อสมบัติของถุงมือ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.3.4.1.1 อิทธิพลอัตราส่วนของ NeoCryl A-45 : NeoCryl A-633 ต่อสมบัติของถุงมือเคลือบ

เป็นการศึกษาสมบัติพื้นฐานของพอลิเมอร์ที่จะใช้เคลือบถุงมือ โดยศึกษาความสามารถในการยึดและการยึดติดผิวถุงมืออย่างธรรมชาติ ค่าความตึงผิวและสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของพอลิเมอร์เคลือบ ทำโดยการแปรอัตราส่วนของ NeoCryl A-45 ต่อ NeoCryl A-633 เป็น 1:1, 1:3 และ 3:1 โดยน้ำหนัก ผสมน้ำกลั่นให้ได้ความเข้มข้นของพอลิเมอร์เคลือบ 8% โดยน้ำหนัก ดังสูตรและวิธีการเตรียมในข้อ 3.3.2.1.1 นำพอลิเมอร์มาเคลือบถุงมืออย่างธรรมชาติที่ได้จากกระบวนการจุ่มตามขั้นตอนในรูปที่ 3.8 ทดสอบสมบัติการยึดของถุงมือ เพื่อศึกษาการยึดติดของพอลิเมอร์เคลือบบนผิวของถุงมือ โดยตั้งด้วย ความเร็ว 500 มม./นาที ด้วยเครื่องทดสอบสมบัติด้านการยึด (tensometer)

3.3.4.1.2 อิทธิพลของปริมาณสารเพิ่มความลื่นต่อสมบัติของพอลิเมอร์เคลือบและถุงมือเคลือบ

การทดลองนี้ใช้โดเมทิลไซลอกเซนเป็นสารเพิ่มความลื่น โดยเลือกใช้อัตราส่วนของ NeoCryl A-45 : NeoCryl A-633 ที่เหมาะสมจากข้อ 3.3.4.1.1 คือ 3:1 มาแปรปริมาณสารเพิ่มความลื่น เป็น 0, 10, 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ และใช้ Terric 16A29 ปริมาณ 1.0% โดยน้ำหนัก ร่วมกับ Emulwin W ปริมาณ 0.3% โดยน้ำหนัก ช่วยเพิ่มความเสถียรและเป็นสารช่วยเปียก (wetting agent) ผสมน้ำกลั่นให้ได้ความเข้มข้นของพอลิเมอร์เคลือบ 8.0% โดยน้ำหนัก ดังสูตรและวิธีการเตรียมในข้อ 3.3.2.1.2 วัดความตึงผิวของพอลิเมอร์เคลือบ นำมาเคลือบถุงมือ ตามขั้นตอนในรูปที่ 3.8 ทดสอบปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้และสมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือเคลือบตามมาตรฐาน ASTM D-3577 และ D-3578 (2000)

3.3.4.1.3 อิทธิพลของความเข้มข้นพอลิเมอร์เคลือบต่อสมบัติของพอลิเมอร์เคลือบและถุงมือเคลือบ

เลือกพอลิเมอร์เคลือบจากข้อ 3.3.4.1.2 ที่มีปริมาณไดเมทิลไซลอคเซนในสูตรเท่ากับ 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ เนื่องจากให้ประสิทธิภาพในการเคลือบที่ดี มาแปรความเข้มข้นของพอลิเมอร์เคลือบเป็น 2, 4, 6, 8, 10 และ 12% โดยน้ำหนักเตรียมสารเคลือบตามวิธีการในข้อ 3.3.2.1.2 วัดความตึงผิวของพอลิเมอร์เคลือบ นำมาเตรียมถุงมือเคลือบ และทดสอบสัมประสิทธิ์ความเสียหายและสมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือเคลือบเช่นเดียวกับข้อ 3.3.4.1.2

3.3.4.1.4 อิทธิพลของการบ่มเร่งต่อสมบัติของถุงมือเคลือบ

ใช้พอลิเมอร์เคลือบสูตรที่ให้สมบัติของสารเคลือบ และถุงมือหลังการเคลือบที่ดีที่สุด โดยเตรียมถุงมือเคลือบตามขั้นตอนในรูปที่ 3.8 ใช้ความเข้มข้นพอลิเมอร์เคลือบเท่ากับ 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ทดสอบสมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือเคลือบหลังการบ่มเร่งคือ ความต้านทานต่อแรงดึง 500% ไมครูลัส และเปอร์เซ็นต์การยืดขาด แล้วเปรียบเทียบกับสมบัติก่อนการบ่มเร่งจากข้อ 3.3.4.1.3

3.3.4.1.5 การศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้พอลิเมอร์เคลือบกับคอมปาวด์ถุงมือจากโรงงาน

ใช้คอมปาวด์ในการเตรียมถุงมือจากโรงงาน (บริษัท เซาท์แลนด์โปรดักส์ จำกัด) และใช้พอลิเมอร์เคลือบสูตรเดียวกับในข้อ 3.3.4.1.4 เคลือบถุงมือที่ได้ตามขั้นตอนในรูปที่ 3.8 ทดสอบสมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือเคลือบก่อนและหลังการบ่มเร่งเช่นเดียวกับข้อ 3.3.4.1.4

3.3.4.1.6 อิทธิพลของวิธีการล้าง (leaching) ต่อปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้

การทดลองนี้เลือกสูตรสารเคลือบในข้อ 3.3.4.1.2 ที่มีปริมาณสารเพิ่มความลื่นที่ให้ประสิทธิภาพในการเคลือบดีที่สุด และมีปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ต่ำสุด มาศึกษาหาปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ โดยการเตรียมถุงมือเคลือบโดยใช้วิธีการล้างที่ต่างกัน ดังนี้

แบบที่ 1 ล้างถุงมือเคลือบหลังจากอบให้คงตัวที่ 110°C เวลา 15 นาที ด้วยน้ำอุ่นอุณหภูมิ 70°C เวลา 8 นาที เช่นเดียวกับขั้นตอนในรูปที่ 3.8

แบบที่ 2 ล้างถุงมือสองครั้ง ครั้งแรกล้างถุงมือก่อนเคลือบหลังจากอบให้ฟิล์มยางคงตัวที่ 110°C เวลา 15 นาที ด้วยน้ำอุ่นอุณหภูมิ 70°C เวลา 8 นาที ครั้งที่สองล้างถุงมือหลังจากเคลือบและอบแห้งที่ 110°C เวลา 5 นาที ด้วยน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 70°C เวลา 8 นาที ตามขั้นตอนในรูปที่ 3.10

3.3.4.2 การเคลือบสองด้าน

เป็นการเคลือบถุงมือทั้งด้านในและด้านนอก ดังขั้นตอนในรูปที่ 3.9 โดยศึกษาปัจจัยต่างๆ ดังนี้

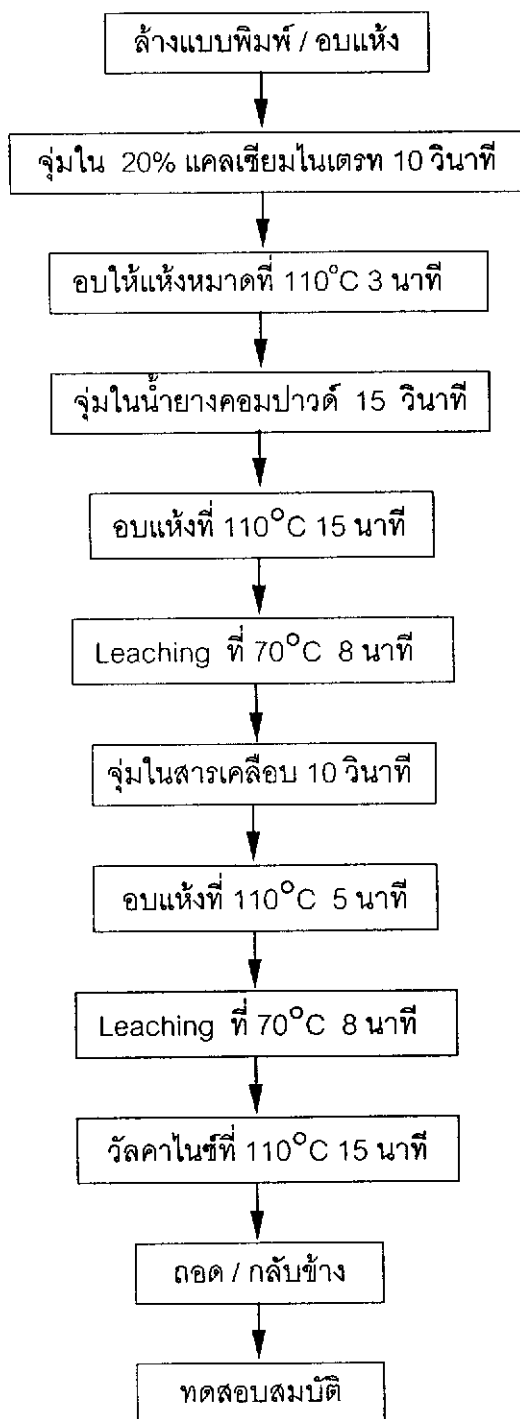
3.3.4.2.1 การเคลือบด้านนอก

3.3.4.2.1.1 อิทธิพลอัตราส่วนของ NeoCryl A-45 ต่อ NeoCryl A-633 ต่อสมบัติของสารเคลือบและถุงมือเคลือบ

การศึกษาอัตราส่วนของพอลิเมอร์ ในข้อ 3.3.4.1.1 พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมของ NeoCryl A-45 : NeoCryl A-633 คือ 3:1 ดังนั้นจึงทำการทดลองโดยใช้พอลิเมอร์เคลือบที่อัตราส่วนนี้สำหรับการเคลือบผิวถุงมือทั้งสองด้าน โดยเตรียมสารเคลือบผิวด้านนอกความเข้มข้น 6% โดยน้ำหนัก ดังสูตรและวิธีการเตรียมสารเคลือบในข้อ 3.3.2.2.1.1

3.3.4.2.1.2 อิทธิพลอัตราส่วนของ NeoCryl A-45 ต่อ NeoCryl XK-51 ต่อสมบัติของสารเคลือบและถุงมือเคลือบ

ทำการศึกษาการเคลือบถุงมือด้วย NeoCryl XK-51 และของผสมของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 โดยแปรอัตราส่วน NeoCryl A-45 ต่อ NeoCryl XK-51 เป็น 1:1, 2:1 และ 3:1 ตามลำดับ เตรียมสารเคลือบความเข้มข้น 6% โดยน้ำหนัก ดังสูตรและวิธีการเตรียมในข้อ 3.3.2.2.1.2 และ วัดค่าความตึงผิว และความหนืดของสารเคลือบ เตรียมถุงมือเคลือบตามขั้นตอนในรูปที่ 3.9 ทดสอบสมบัติต่างๆ ของถุงมือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหาย และสมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือเคลือบก่อนและหลังบ่มแรงตามมาตรฐาน ASTM D-3577 และ D-3578 (2000)



รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการเตรียมถุงมือเคลือบผิวด้านเดียว (แบบที่ 2)

3.3.4.2.2 การเคลือบด้านใน

3.3.4.2.2.1 อิทธิพลของอัตราส่วน NeoCryl A-45 ต่อ NeoCryl XK-51 ต่อสมบัติของสารเคลือบและถุงมือเคลือบ

เคลือบถุงมือด้วย NeoCryl XK-51 และของผสมของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 โดยแปรอัตราส่วน NeoCryl A-45 : NeoCryl XK-51 เป็น 1:1, 2:1 และ 3:1 ตามลำดับ เตรียมสารเคลือบความเข้มข้น 4% โดยน้ำหนัก ดังสูตรและวิธีการเตรียมในข้อ 3.3.2.2.2 และวัดค่าความตึงผิว และความหนืดของสารเคลือบ เตรียมถุงมือเคลือบตามขั้นตอนในรูปที่ 3.9 ทดสอบสมบัติต่างๆ ของถุงมือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน และสมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือเคลือบก่อนและหลังบ่มเร่งตามมาตรฐาน ASTM D-3577 และ D-3578 (2000)

3.3.4.2.2.2 อิทธิพลของชนิดสารรักษาความเสถียรต่อสมบัติของสารเคลือบ

การทดลองนี้เป็นการศึกษาความเสถียรของสารเคลือบ โดยใช้สารรักษาความเสถียรชนิดต่างๆ คือ Terric N30, Terric 16A29, Rhodapex CO-436, SDS, Atlas G-5774 และ AD33 โดยศึกษาที่ความเข้มข้นสารเคลือบ 4% โดยน้ำหนัก ปริมาณสารรักษาความเสถียร 5% โดยน้ำหนัก ถ้าหากสารเคลือบเกิดการจับตัวเพิ่มปริมาณสารรักษาความเสถียร เป็น 10% โดยน้ำหนัก และใช้ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 20% โดยน้ำหนัก และ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 10% โดยน้ำหนัก ร่วมกับ CaCl_2 5% โดยน้ำหนัก เป็นสารช่วยจับตัว ดังสูตรและวิธีการเตรียมในข้อ 3.3.2.2.2.3 นำสารเคลือบสูตรที่ไม่เกิดการจับตัว มาเตรียมฟิล์มเคลือบ โดยล้างแบบพิมพ์ให้สะอาด อบให้แห้ง นำมาจุ่มในสารเคลือบ 15 วินาที สังเกตการติดผิวของสารเคลือบบนแบบพิมพ์ อบให้แห้งขนาดที่ 110°C ประมาณ 5 นาที จากนั้นจุ่มในน้ำยาทำความสะอาดดังสูตรในตารางที่ 3.1 (TSC = 40%) เป็นเวลา 15 วินาที สังเกตการติดผิวของคอมปาวด์บนสารเคลือบ นำฟิล์มเคลือบไปอบแห้งและวัดคาไนซ์ที่ 110°C เวลา 30 นาที สังเกตความหนาและความสม่ำเสมอของฟิล์มเคลือบ

3.3.4.2.2.3 อิทธิพลของปริมาณสารช่วยจับตัวต่อความหนาและลักษณะฟิล์มเคลือบ

3.3.4.2.2.3 อิทธิพลของปริมาณสารช่วยจับตัวต่อความหนาและลักษณะฟิล์มเคลือบ

ศึกษาอิทธิพลของสารช่วยจับตัวต่อความหนาและลักษณะฟิล์มของการเคลือบด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 โดยใช้สารรักษาความเสถียรที่เหมาะสมจากข้อ 3.3.4.2.2.1 กล่าวคือระบบสารเคลือบมีความเสถียรสูง และให้ผิวฟิล์ม

เคลือบที่ดี โดยใช้ในปริมาณ 5% โดยน้ำหนัก แล้วทำการแปรความเข้มข้นของสารช่วยจับตัว ในอัตราส่วนของ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ต่อ CaCl_2 คือ 20:10, 10:10, 5:10, 10:5, และ 5:5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เตรียมสารเคลือบให้มีความเข้มข้น 4 % โดยน้ำหนัก ดังสูตรและวิธีการเตรียมในข้อ 3.3.2.2.4 ทดสอบความตึงผิวของสารเคลือบ นำมาเตรียมฟิล์มเคลือบตามขั้นตอนเหมือนในข้อ 3.3.4.2.2.2 วัดความหนาและสังเกตลักษณะผิวของฟิล์มเคลือบที่ได้

3.3.4.2.2.4 อิทธิพลของความเข้มข้นน้ำยาคอมปาวด์ต่อความหนาของฟิล์มเคลือบ

วัดความหนาและศึกษาลักษณะการติดผิวของคอมปาวด์จากสารเคลือบที่ใช้สารรักษาความเสถียรที่เหมาะสมจากข้อ 3.3.4.2.2.2 เคลือบด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 ที่มีอัตราส่วนของ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ต่อ CaCl_2 ที่เหมาะสมที่สุดจากข้อ 3.3.4.2.2.3 มาแปรความเข้มข้นน้ำยาคอมปาวด์ เป็น 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เตรียมฟิล์มเคลือบตามขั้นตอนในข้อ 3.3.4.2.2.2 แต่ใช้เวลาในการจุ่มแบบพิมพ์ลงในน้ำยาคอมปาวด์เพียง 13 วินาที แล้วสังเกตลักษณะผิวและวัดความหนาของฟิล์มเคลือบที่ได้

3.3.4.2.2.5 อิทธิพลของปริมาณสารรักษาความเสถียรต่อความเสถียรของสารเคลือบและลักษณะผิวของฟิล์มเคลือบ

ศึกษาอิทธิพลของปริมาณสารรักษาความเสถียรที่เหมาะสมจากข้อ 3.3.4.2.2.1 โดยแปรปริมาณสารรักษาความเสถียรในสารเคลือบเป็น 1, 2, 3, 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ใช้สารช่วยจับตัวที่มีอัตราส่วนของ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ต่อ CaCl_2 เท่ากับ 20:10 และ 10:10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ซึ่งจากข้อ 3.3.4.2.2.3 ให้ลักษณะการติดผิวที่ดี แล้วเตรียมสารเคลือบความเข้มข้น 4% โดยน้ำหนัก ดังสูตรและวิธีการเตรียมในข้อ 3.3.2.2.4 ศึกษาความเสถียรของสารเคลือบ โดยสังเกตการจับตัวหลังจากทิ้งไว้เป็นเวลานาน นำมาเตรียมฟิล์มเคลือบลักษณะเดียวกับข้อ 3.3.4.2.2.4 สังเกตลักษณะผิวของฟิล์มเคลือบที่ได้

3.3.4.2.2.6 อิทธิพลของความเข้มข้นสารเคลือบต่อสมบัติของสารเคลือบและถุงมือเคลือบ

การทดลองนี้ใช้ Terric 16A29 ในปริมาณที่เหมาะสมจากข้อ 3.3.4.2.2.5 กล่าวคือ ปริมาณ 2.0% และ 3.0% โดยน้ำหนัก สำหรับการเคลือบด้วยของผสมของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 และของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ตาม

ลำดับ ร่วมกับ Emulwin W 0.06% โดยน้ำหนัก เป็นสารรักษาความเสถียร และใช้ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 10% โดยน้ำหนัก ร่วมกับ CaCl_2 10% โดยน้ำหนัก เป็นสารช่วยจับตัว ซึ่งเป็นสูตรที่ให้สารเคลือบเกาะติดบนแบบพิมพ์ได้ดี และจุ่มน้ำยางคอมปาวด์ติดสม้และผิวเรียบดีที่สุด เตรียมสารเคลือบโดยแปรความเข้มข้นของสารเคลือบ เป็น 2, 3, 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ดังสูตรและวิธีการเตรียมในข้อ 3.3.2.2.6 ทดสอบความตึงผิวของสารเคลือบ เตรียมถุงมือเคลือบตามขั้นตอนในรูปที่ 3.9 แล้วทดสอบสมบัติต่างๆ ของถุงมือเคลือบ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน ปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ และสมบัติเชิงฟิสิกส์ทั้งก่อนและหลังบ่มเร่งตามมาตรฐาน ASTM D-3577

3.3.4.2.2.7 อิทธิพลของชนิดของสารรักษาความเสถียรต่อสมบัติของสารเคลือบและถุงมือเคลือบ

ใช้สารรักษาความเสถียรที่เหมาะสมในข้อ 3.3.4.2.2.5 คือ Terric 16A29, Terric N30 และ AD33 ในปริมาณ 2.0% และ 3.0% โดยน้ำหนัก สำหรับการเคลือบด้วยของผสมของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 และของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ร่วมกับ Emulwin W 0.06% โดยน้ำหนัก เป็นสารรักษาความเสถียรของสารเคลือบ ใช้ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 10% โดยน้ำหนัก ร่วมกับ CaCl_2 10% โดยน้ำหนัก เป็นสารช่วยจับตัว เตรียมสารเคลือบความเข้มข้น 3 และ 4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ดังสูตรและวิธีการเตรียมในข้อ 3.3.2.2.7 วัดความหนืดของสารเคลือบ เตรียมถุงมือเคลือบ และทดสอบสมบัติต่างๆ ของถุงมือเคลือบเช่นเดียวกับข้อ 3.3.4.2.2.6

3.3.4.2.2.8 อิทธิพลของอุณหภูมิสารเคลือบ

ศึกษาสมบัติของถุงมือเคลือบจากการเคลือบที่อุณหภูมิแตกต่างกัน คือ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส โดยเลือกสารเคลือบจากตารางที่ 3.14 ที่ให้สมบัติด้านการเคลือบดีที่สุดจากข้อ 3.3.4.2.2.7 คือใช้ Terric 16A29 เป็นสารรักษาความเสถียร เตรียมสารเคลือบของสารผสม NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 ความเข้มข้น 4% โดยน้ำหนัก และของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ความเข้มข้น 3% โดยน้ำหนัก ตามลำดับ โดยบ่มสารเคลือบที่อุณหภูมิที่ต้องการก่อนการเคลือบ 30 นาที เคลือบถุงมือที่อุณหภูมิดังกล่าว ตามขั้นตอนในรูปที่ 3.9 แล้วทดสอบสมบัติที่สำคัญ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน และสมบัติเชิงฟิสิกส์ทั้งก่อนและหลังการบ่มเร่งตามมาตรฐาน ASTM D-3577

3.3.4.2.2.9 อิทธิพลของการบ่มสารเคลือบ

ศึกษาอิทธิพลของการบ่มสารเคลือบ โดยเลือกสารเคลือบจากตารางที่ 3.14 ความเข้มข้นเดียวกับข้อ 3.3.4.2.2.8 โดยแปรสสารรักษาความเสถียรเป็น Terric 16A29, Terric N30 และ AD33 และบ่มสารเคลือบที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ก่อนนำมาเตรียมถุงมือเคลือบ เตรียมถุงมือเคลือบและทดสอบสมบัติเช่นเดียวกับข้อ 3.3.4.2.2.6 แล้วเปรียบเทียบกับถุงมือที่ไม่บ่มสารเคลือบ

3.3.4.2.2.10 อิทธิพลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อสมบัติของสารเคลือบและถุงมือเคลือบ

ศึกษาผลของการใช้แคลเซียมคาร์บอเนต โดยใช้สารเคลือบสูตรเดียวกับข้อ 3.3.4.2.2.8 มาแปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตเป็น 1, 2, 3, และ 4 % โดยน้ำหนัก สำหรับการเคลือบด้วย NeoCryl A-45 ผสมกับ NeoCryl A-633 และ 1, 2 และ 3% โดยน้ำหนัก สำหรับการเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ตามลำดับ ดังสูตรและวิธีการเตรียมในข้อ 3.3.2.2.2.8 สังเกตลักษณะของสารเคลือบ ทดสอบความตึงผิว เตรียมถุงมือเคลือบตามขั้นตอนในรูปที่ 3.9 แล้วทดสอบสมบัติของถุงมือนัดนี้ คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน ปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ และสมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือก่อนและหลังบ่มแรง ตามมาตรฐาน ASTM D-3577

3.3.5 ศึกษาสมบัติของพอลิเมอร์เคลือบ

ศึกษาสมบัติของพอลิเมอร์เคลือบ สูตรที่ให้สมบัติของถุงมือเคลือบดีที่สุด ดังนี้ คือ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH), ขนาดอนุภาค, ค่าอุณหภูมิสถานะแก้ว (Glass Transition Temperature, Tg) และ หมู่ฟังก์ชันต่างๆ

3.3.6 การทดสอบสมบัติของสารเคลือบและถุงมือเคลือบ

ทดสอบสมบัติต่างๆ ของสารเคลือบและถุงมือเคลือบ ดังนี้

3.3.6.1 การทดสอบความตึงผิว (บุญธรรม, 2534)

นำตัวอย่างสารเคลือบมาทดสอบความตึงผิว โดยปรับระดับเครื่องทดสอบ นำลวดวงแหวนที่เตาสะอาดคล้องกับคานเหล็กที่ต่อกับตัวเครื่อง หมุนเข็มวัดไปที่ตำแหน่งศูนย์ แล้วหมุนแกนปรับระดับคานเหล็ก ซึ่งอยู่ด้านหลังเครื่องให้อยู่ในแนวกึ่งกลางของช่องบอกระยะปรับระดับที่วางจานแก้ว แล้ววางบนที่วางจานแก้ว หมุนที่ปรับระดับให้จานแก้วเคลื่อนขึ้น จน

สารเคลือบแต่ละลวดวงแหวน ค่อยๆ หมุนสารเคลือบในงานแก้วลงพร้อมๆ กับหมุนเข็มวัดให้คานเหล็กอยู่กับที่โดยรักษาระดับคานเหล็กให้อยู่ระดับกึ่งกลางของช่องบอกระยะ ปรับทั้งสองตำแหน่งเรื่อยๆ จนลวดวงแหวนแยกจากผิวสารเคลือบ อ่านค่าความตึงผิวที่ได้จากเข็มวัดที่หน้าปัดของเครื่อง ซึ่งมีหน่วยเป็น mN/m หรือ dyne/cm. วัดความตึงผิวตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ค่าที่อ่านได้ต้องต่างกันไม่เกิน 0.2 dyne/cm. และจะต้องล้างลวดวงแหวน ด้วยน้ำกลั่น และเผาให้สะอาดทุกครั้ง ก่อนจะทดลองตัวอย่างต่อไป

3.3.6.2 การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

ตัดตัวอย่างถุงมือขนาดประมาณ 5x5 เซนติเมตร วางลงบนลูกยางครึ่งทรงกลม (Hemisphere rubber) ยึดด้วยนอตยึดตัวอย่างให้แน่น โดยให้ผิวทางด้านที่จะทดสอบอยู่ด้านบน ทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน โดยตั้งค่าระยะ stroke เท่ากับ 5 มม. ใช้น้ำหนัก 1 นิวตัน กดลงบนคานซึ่งติดอยู่กับแผ่นแก้วผิวไม่เรียบ (Wavy surface glass) ซึ่งจะให้น้ำหนักกดบนขึ้นตัวอย่างยางเท่ากับ 2 นิวตัน เมื่อทดสอบแผ่นแก้วจะเคลื่อนที่ในลักษณะ 4 ทิศทาง มี load cell วัดแรง และโปรแกรมคอมพิวเตอร์แปรผลออกมาเป็นค่าความเสียดทาน โดยใช้หลักการคำนวณ ดังสมการที่ 3.1

$$F = \mu N$$

$$\mu = F/N \dots\dots\dots 3.1$$

เมื่อ F คือ แรงที่อ่านได้จาก load cell (N)

N คือ น้ำหนักที่กดบนขึ้นตัวอย่างยาง (N)

μ คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

3.3.6.3 การทดสอบสมบัติเชิงฟิสิกส์

ทดสอบสมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือเคลือบ ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D412 ทำโดยนำถุงมือเคลือบมาตัดขึ้นทดสอบเป็นรูปดัมเบลขนาด Die Type C ดึงด้วยเครื่องทดสอบสมบัติด้านการดึง โดยใช้อัตราเร็วในการดึงขึ้นทดสอบ 500 มิลลิเมตรต่อนาที วัดแรงดึงและระยะยืดแล้วคำนวณสมบัติต่างๆ ดังต่อไปนี้

3.3.6.3.1 ความต้านทานต่อการดึง (Tensile Strength, TS) สูตรคำนวณความต้านทานต่อแรงดึง แสดงดังสมการที่ 3.2

$$TS \text{ (MPa)} = F/A \dots\dots\dots 3.2$$

เมื่อ F คือ แรงที่ใช้ดึงขึ้นทดสอบจนขาด (N)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบก่อนการดึง (mm^2)

3.3.6.3.2 โมดูลัสที่ระยะยืด 500 เปอร์เซ็นต์ (500% Modulus) สูตรคำนวณค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 500 เปอร์เซ็นต์แสดงดังสมการที่ 3.3

$$500\% \text{ Modulus} = F_{500}/A \dots\dots\dots 3.3$$

เมื่อ F_{500} คือ แรงที่ใช้ในการดึงให้ชิ้นทดสอบยืด 500 เปอร์เซ็นต์ (N)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบก่อนการดึง (mm^2)

3.3.6.3.3 เปอร์เซ็นต์การยืดขาด (Elongation at break, %EB) สูตรคำนวณเปอร์เซ็นต์การยืดขาด แสดงดังสมการที่ 3.4

$$EB \text{ (\%)} = 100 (L - L_0) / L_0 \dots\dots\dots 3.4$$

เมื่อ L คือ ระยะห่างระหว่างรอยขีดบนชิ้นทดสอบขณะที่ชิ้นทดสอบขาด (cm.)

L_0 คือ ระยะห่างระหว่างรอยขีดบนชิ้นทดสอบก่อนการดึง (cm.)

3.3.6.4 การทดสอบสมบัติหลังการบ่มแรงด้วยอากาศร้อน (Hot air ageing resistance) ทดสอบสมบัติหลังการบ่มแรงด้วยอากาศร้อน ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D573 โดยนำชิ้นทดสอบรูปดัมเบลขนาด Die Type C มาบ่มแรงด้วยอากาศร้อนในเตาอบบ่มแรง (รูปที่ 3.6) ที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 166 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดแล้ว ตั้งชิ้นทดสอบไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 16 ชั่วโมง แต่ไม่เกิน 96 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นทดสอบไปทดสอบด้านการดึงด้วยเครื่องทดสอบสมบัติด้านการดึง เช่นเดียวกับข้อ 3.3.8.3

3.3.6.5 การตรวจสอบลักษณะผิวของถุงมือเคลือบ

ตรวจสอบลักษณะผิวของถุงมือเคลือบ โดยส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) และส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์พร้อมอุปกรณ์ถ่ายภาพ การส่องด้วยกล้อง SEM โดยนำตัวอย่างถุงมือเคลือบวางบน

แทนวางตัวอย่างที่เป็นทองเหลือง เคลือบด้วยทอง 45 วินาที นำมาวางในห้องทดสอบ เปิดเครื่องทดสอบ ทดสอบโดยใช้ VP mode ส่งลักษณะผิวของถุงมือเคลือบที่กำลังขยาย 100, 300 และ 700 เท่า การส่งลักษณะผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์พร้อมอุปกรณ์ถ่ายภาพ โดยตัดตัวอย่างถุงมือเคลือบเป็นแผ่นเล็กๆ วางบนแผ่นสไลด์ ตรวจสอบลักษณะผิวที่กำลังขยาย 400 เท่า (40x10 เท่า) ถ่ายภาพผิววางโดยใช้ tube lens กำลังขยาย 5 เท่า

3.3.6.6 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้

วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ในถุงมือเคลือบ โดยวิธี Modified Lowry method ตามมาตรฐาน ASTM D 5712 (2000)

3.3.6.6.1 การเตรียมกราฟมาตรฐาน เตรียมกราฟของโปรตีนมาตรฐาน เพื่อใช้คำนวณหาปริมาณโปรตีนในตัวอย่งถุงมือ โดยแปรความเข้มข้นของโปรตีนมาตรฐาน ดังนี้

- เตรียม Stock solution ความเข้มข้น 0.001 g/ml (1000 $\mu\text{g/ml}$) โดยการชั่ง Standard protein (Bovine serum albumin, BSA) 0.01 g ละลายน้ำ 10 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วเจือจางสารละลายโปรตีนมาตรฐาน (BSA) ให้มีความเข้มข้นต่างๆ ดังนี้

ความเข้มข้น 160 $\mu\text{g/ml}$ โดยเติม 5 ml ของ 1000 $\mu\text{g/ml}$ ใน 0.2 M NaOH 26.25 ml

ความเข้มข้น 80 $\mu\text{g/ml}$ โดยเติม 5 ml ของ 160 $\mu\text{g/ml}$ ใน 0.2 M NaOH 5 ml

ความเข้มข้น 40 $\mu\text{g/ml}$ โดยเติม 5 ml ของ 80 $\mu\text{g/ml}$ ใน 0.2 M NaOH 5 ml

ความเข้มข้น 20 $\mu\text{g/ml}$ โดยเติม 5 ml ของ 40 $\mu\text{g/ml}$ ใน 0.2 M NaOH 5 ml

ความเข้มข้น 10 $\mu\text{g/ml}$ โดยเติม 5 ml ของ 20 $\mu\text{g/ml}$ ใน 0.2 M NaOH 5 ml

ซึ่งจะได้ความเข้มข้นของสารละลายโปรตีนมาตรฐานเป็น 160, 80, 40, 20, และ 10 $\mu\text{g/ml}$ ตามลำดับ นำโปรตีนมาตรฐานที่มีความเข้มข้นต่างๆ ดังกล่าวปริมาตร 0.8 ml เติมลงในหลอดรีแตริฟิวจ์ แล้วเติม Reagent C* ปริมาตร 0.3 ml ผสมกันเป็นเวลา 10 นาที แล้วเติม Reagent D** ปริมาตร 0.1 ml ใช้เครื่องแกว่ง 30 วินาที แล้วตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

หมายเหตุ Reagent C* = สารละลายผสมของ 6% w/v Na_2CO_3 anhydrous 20 ml
กับ 1.5% w/v $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.4 ml

Reagent D** = สารละลาย Folin-Ciocalteu Reagent เข้มข้น 72% w/v

นำสารละลายโปรตีนมาตรฐานที่เตรียมได้มาวัดการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่อง UV-visible spectrophotometer โดยเติมสารละลายโปรตีนมาตรฐานลงในเซลล์ขนาด 1 เซนติเมตร วัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 ± 10 นาโนเมตร

- เตรียม Blank โดยไม่ใช้สารละลายโปรตีนมาตรฐาน และใช้วิธีการวิเคราะห์เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ความเข้มข้นโปรตีนมาตรฐาน
- เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง กับ ความเข้มข้นโปรตีนมาตรฐาน (แสดงในภาคผนวก ค)

3.3.6.6.2 การหาโปรตีนละลายน้ำได้ในถุงมือ (Extractable Proteins) การหาปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ในถุงมือ เริ่มด้วยการสกัดโปรตีนจากถุงมือ ตกตะกอนโปรตีนละลายตะกอน แล้ววัดการดูดกลืนแสงเทียบกับโปรตีนมาตรฐาน ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- ตัดตัวอย่างจากถุงมือให้ได้ขนาดประมาณ 7×7 cm² ซึ่งน้ำหนักที่แน่นอน (M_0) นำมาใส่ ในขวด polypropylene ขนาด 125 cm² เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร (ซึ่งน้ำหนักที่แน่นอน, M_w) นำไปอุ่นสกัดใน water bath ที่อุณหภูมิ 30-40 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยแกว่งทุกๆ 30 นาที ครั้งละ 1 นาที

- นำส่วนของของเหลวมาเซ็นตริฟิวจ์ด้วยความเร็ว 5000 รอบ/นาที เป็นเวลา 15 นาที (ใช้ความเร็วอย่างน้อย 500g) เปิดส่วนของเหลวใส่ด้านบน 6 ml ใส่ในหลอดเซ็นตริฟิวจ์ เติม 35% Trichloroacetic acid (TCA) ปริมาตร 1 ml และ 40% Phosphotungstic acid (PTA) ปริมาตร 1 ml ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 20 นาที เพื่อให้โปรตีนตกตะกอน

- เซ็นตริฟิวจ์ด้วยความเร็ว 8000 รอบ/นาที (ใช้ความเร็วอย่างน้อย 4000g) เป็นเวลา 40 ± 5 นาที เพื่อให้โปรตีนตกตะกอนหมดและแยกตะกอนโปรตีนออกมา เทส่วนของของเหลวที่ไม่มีตะกอนปะปนออก แล้วคว่ำหลอดทดลองบนกระดาษกรอง 5 นาที เพื่อให้ของเหลวไหลออก ระวังอย่าให้ตะกอนโปรตีนหลุดออกไปกับของเหลวดังกล่าว

- เติม 0.2 M NaOH 0.8 มิลลิลิตร ผ่านกระดาษกรองลงในหลอดเซ็นตริฟิวจ์ เพื่อละลายตะกอนโปรตีนแล้วเติม Reagent C 0.3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 10 นาที แล้วเติม Reagent D 0.1 ml ใช้เครื่องแกว่งเป็นเวลา 30 วินาที แล้วหยุดเครื่อง ตั้งทิ้งไว้ 30 ± 2 นาที เทใส่เซลล์ขนาด 1 เซนติเมตร วัดค่าการดูดกลืนแสงทำนองเดียวกับโปรตีนมาตรฐาน

- คำนวณหาปริมาณโปรตีน โดยเทียบกับกราฟโปรตีนมาตรฐาน

[ภาคผนวก ค.] สูตรคำนวณแสดงดังสมการที่ 3.5

$$C = (c \times M_w) / (M_g \times 6) \dots\dots\dots 3.5$$

- เมื่อ C คือ ปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ หน่วย $\mu\text{g/g}$ ของน้ำหนักถูงมือ
 c คือ $(1/\text{slope}) \times \text{Absorbance}^*$
 M_g คือ น้ำหนักตัวอย่างถูงมือที่ทดสอบ (g)
 M_w คือ น้ำหนักของน้ำที่ใช้สกัดโปรตีน (g)

หมายเหตุ Absorbance* = Absorbance ของตัวอย่าง – Absorbance ของ Blank