บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ขอบเขตการทดลอง

งานวิจัยนี้แบ่งการทดลองเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 การเตรียมไมโครแคปซูลโดยมีน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งเป็นสารแกน โดยมีพอลิยูรีเทน-ยูเรีย เป็นสารห่อหุ้ม ด้วยวิธีอินเทอร์เฟเชียลพอลิเมอไรเซชัน และศึกษาผลของความเร็วรอบและเวลาในการปั่นผสม และปริมาณต่างๆของน้ำมันหอมระเหยที่มีผลต่อขนาดและการกระจายตัวของอนุภาค

ส่วนที่ 2 ตกแต่งผ้าฝ้ายด้วยไมโครแคปซูลที่เตรียมได้ที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยวิธีการจุ่มอัด

ส่วนที่ 3 ศึกษาสมบัติต่างๆของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยไมโครแคปซูลทั้งก่อนและหลังการนำไปใช้งานภายใต้ภาวะต่างๆ เช่น การซัก การอาบแสง การอาบเหงื่อ และการรีดร้อน

3.2 วัสดุและสารเคมี

1. ผ้าฝ้าย (100%) ผ่านการกำจัดสิ่งสกปรก โดยไม่ผ่านการชุบมัน เป็นผ้าทอลายขัด ที่มีน้ำหนักต่อพื้นที่ 183 กรัมต่อตารางเมตร จากบริษัท บุญช่วยอุตสาหกรรมฟอกย้อม จำกัด

2. น้ำมันหอมระเหยใบฝรั่ง เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวต้านแบคทีเรีย จากบริษัท อุตสาหกรรมเครื่องหอม ไทย-จีนจำกัด

3. พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) ชนิดเม็ด มีน้ำหนักโมเลกุล 77000 - 82000 จากบริษัท Ajaxfinechem เพื่อทำหน้าที่เป็น Protective Colloid

4. พอลิเอทิลีนไกลคอล (Polyethylene Glycol, PEG) มีน้ำหนักโมเลกุล 380 - 420 เพื่อทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ พอลิยูริเทนยูเรีย (PUU) จากบริษัท Fluka

5. ไดบิวทิลทินไดลอเลท (Dibutyltin Diaurate, DBTDL) เพื่อทำหน้าที่เป็น Catalyst จากบริษัท Aldrich

6. เอทิลีนไดเอมีน (Ethylenediamine, EDA) เพื่อทำหน้าที่เป็น สารตั้งต้นในการสังเคราะห์พอลิยูเรีย (PU) จากบริษัท Panreac

7. เมทิลีนบิส-4-ไซโคเฮกซิลลิโซไซยาเนต (Hethylene bis-(4-cyclohexylisocyanate), HMDI) เพื่อทำหน้าที่เป็น สารตั้งต้นในการสังเคราะห์พอลิยูริเทน-ยูเรีย จากบริษัท Fluka

8. สารยึด (Acrylic Binder, 45% solid content) เพื่อทำหน้าที่เป็นสารยึดไมโครแคปซูลกับผ้าฝ้าย มีลักษณะเป็นฟิล์มบางๆ จากบริษัท เอ ซี บูรพา จำกัด

9. สารคอสลิงค์ (Formaldehyde-free crosslinking component) เพื่อทำหน้าที่เป็นสารช่วยเพิ่มความสามารถในการยึดติดของสารอื่นๆกับพื้นผิว จากบริษัท ออกัส เคม จำกัด

10. สารลดแรงตึงผิว (Polysorbate, Twee80) เพื่อทำหน้าที่ช่วยการกระจายตัวของไมโครแคปซูลในน้ำ จากบริษัท Sigma-Aldrich Co.Ltd. เกรดคุณภาพเชิงวิเคราะห์

11. เอทานอล ร้อยละ 99.8 (ethanol 99.8%) เกรดคุณภาพเชิงวิเคราะห์ จากบริษัท Merck ใช้สำหรับชะล้างสารเคมีที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาของไมโครแคปซูลที่เตรียมได้

12. น้ำกลั่น

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

รายชื่ออุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

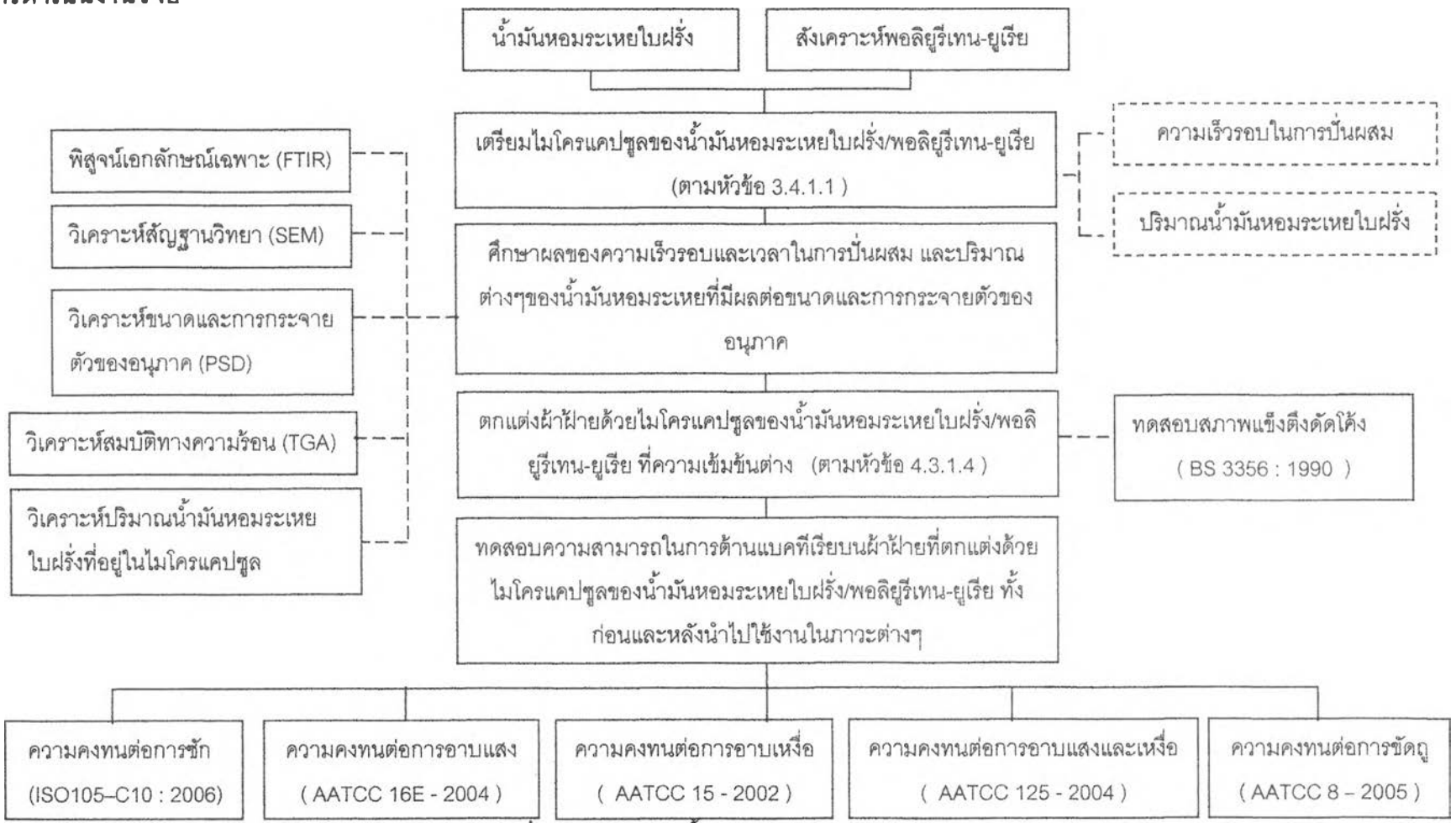
ตารางที่ 3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อเครื่องมือ / อุปกรณ์	รุ่น / ยี่ห้อ / ประเทศผู้ผลิต
1. เครื่องกวนผสมแบบ homogenizer	T18 basic / Ultra Turrax IKA / Malaysia
2. เครื่องกวนสารแบบมีแผ่นให้ความร้อน (Magnetic Stirrer & Hot Plate)	MS300HS / Favorit® / South Korea
3. เครื่องปั่นเหวี่ยงสารสะลาย (Centrifuge)	Model 2420 / Kubota / Japan
4. เครื่องจุ่มอัด(Padder)	PB0 / Labtec NewAve Lab equipment Co., Ltd / Taiwan
5. กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง(OM)	OM BH2-UMA / OLYMPUS / USA.
6. เครื่องวิเคราะห์การกระจายตัวของขนาดอนุภาคแบบเลเซอร์ (Laser Particle Size Distribution Analyzer, LPSDA)	Mastersizer 2000 / Malvern / United Kingdom
7. เครื่องวิเคราะห์น้ำหนักภายใต้ความร้อน (ทีจีเอ) (Thermogravimetric Analyzer, TGA)	TGA /SDTA851e / Mettler Toledo

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

ชื่อเครื่องมือ / อุปกรณ์	**รุ่น / ยี่ห้อ / ประเทศผู้ผลิต**
8. **เครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์** (Fourier Transform Infrared Spectrophotometer, FT-IR)	Nicolet 6700 / Thermo Fisher Scientific Inc. / United States
9. **กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด** (Scanning Electron Microscope, SEM)	JSM 5410 LV/JEOL., Ltd./Japan
10. **เครื่องรีดร้อน** (Scorch Tester)	M247A / SDL Atlas Inc. / England
11. **เครื่องทดสอบความคงทนต่อเหงื่อ** (Perspirometer)	M231 / SDL Atlas Inc. / England
12. **เครื่องทดสอบความคงทนต่อแสง** (Xenon Arc Weather - OMeter)	CI-3000 /SDL Atlas Inc. / England
13. **เครื่องทดสอบการซัก** (Gyrowash)	Gyrowash 815/20 / James H. Heal & Co.Ltd / England

3.4 การดำเนินงานวิจัย



รูปที่ 3.1 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.4.1 **วิธีการทดลอง**

งานวิจัยนี้ได้เตรียมไมโครแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่ง/พอลิยูรีเทน-ยูเรีย ด้วยวิธีอินเทอร์เฟเชียลพอลิเมอไรเซชัน โดยใช้ความเร็วรอบ และปริมาณน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งต่างๆ จากนั้นจึงนำมาตกแต่งบนผ้าฝ้าย แล้วนำไปทดสอบความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียของทั้งก่อนและหลังการนำสิ่งทอตกแต่งสำเร็จไปใช้งาน

3.4.1.1 **การเตรียมไมโครแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งที่ห่อหุ้มด้วยพอลิยูรีเทน-ยูเรีย ด้วยวิธีอินเทอร์เฟเชียลพอลิเมอไรเซชัน**

1) ผสมน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งในปริมาณต่างๆ 10, 20 และ 30 มิลลิลิตร กับ HMDI 7.5 มิลลิลิตรลงในวัฏภาคของเหลวที่ 1 ซึ่งมี PVA ทำหน้าที่เป็น Protective colloid

2) นำส่วนผสมที่ได้จากข้อ 1) ไปกวนผสม ด้วยเครื่อง Homogenizer ที่ความเร็วรอบในการกวนผสมต่างๆ คือ 12000, 14000, 16000 และ 18000 รอบต่อนาที และใช้เวลาในการกวนผสมเป็นเวลา 5 นาทีที่อุณหภูมิห้อง ขั้นตอนนี้จะเกิดระบบอิมัลชันประเภทน้ำมันในน้ำ

3) เติมวัฏภาคของเหลวที่ 2 (PEG 400 ผสมกับ DBTDL ในน้ำ 25 มิลลิลิตร) ลงในอิมัลชันที่ได้จากข้อ 2) โดยให้ความร้อนกับระบบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบในการกวนผสมที่ 200 รอบต่อนาทีอย่างต่อเนื่อง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ด้วยกระบวนการเกิดพอลิเมอร์แบบอินเทอร์-เฟเชียล (Interfacial Polymerization) เกิดเป็นผนังแคปซูลของพอลิยูรีเทน จากนั้นจึงเติมวัฏภาคของเหลวที่ 3 (น้ำกลั่นผสมกับ EDA)ลงไป โดยคงอุณหภูมิและความเร็วรอบในการกวนผสมไว้เท่าเดิม เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยในขั้นตอนนี้จะเกิดผนังแคปซูลของพอลิยูเรีย

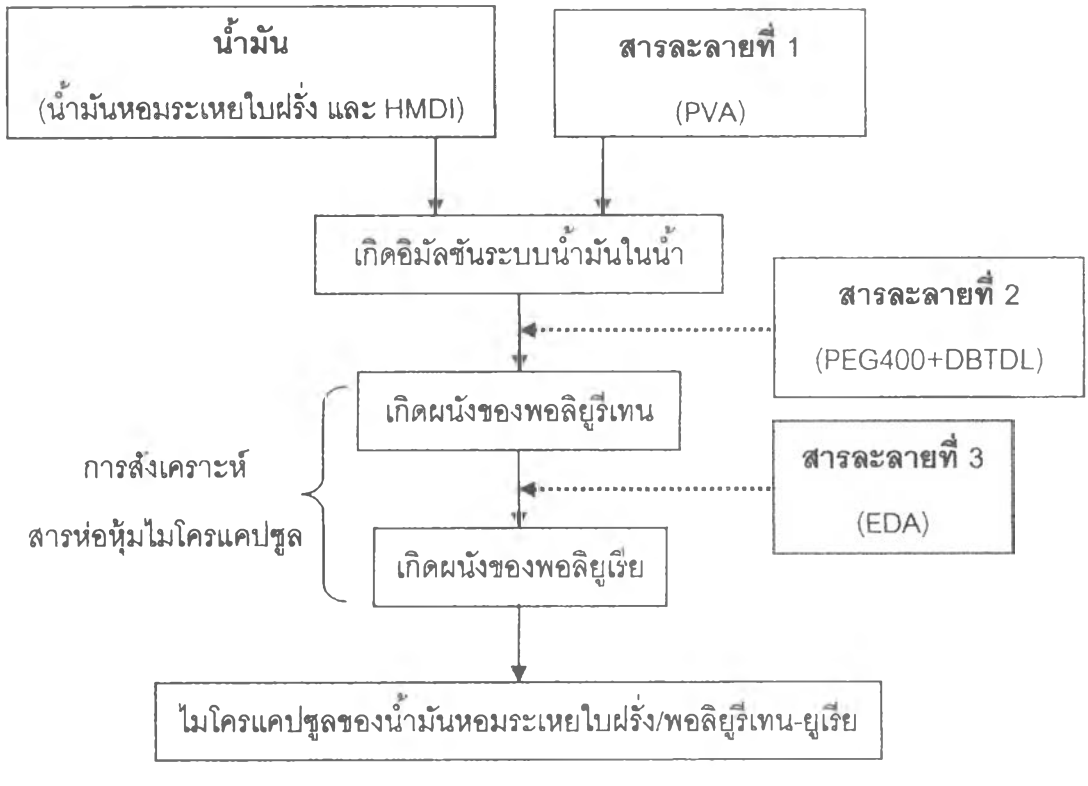
4) นำของผสมจากข้อ 3) ไปหมุนเหวี่ยงโดยใช้ความเร็วรอบที 4000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที

5) ชะล้างไมโครแคปซูลที่ได้ด้วยสารละลายเอทานอล ความเข้มข้นร้อยละ 30 โดยปริมาตรและชะล้างด้วยน้ำกลั่นอีก 2 รอบ แล้วนำไปหมุนเหวี่ยงอีกเช่นกัน

6) เก็บรักษาไมโครแคปซูลไว้ในสารละลายที่มี Tween 80 เพื่อป้องกันการรวมตัวกันเป็นกลุ่มของไมโครแคปซูล

ตารางที่ 3.2 สูตรส่วนประกอบทางเคมีของสารน้ำมันและสารละลายในน้ำ

สาร	ส่วนประกอบ				
	HMDI (มิลลิลิตร)	PVA (กรัม)	PEG 400 (มิลลิลิตร)	DBTDL (มิลลิลิตร)	EDA (มิลลิลิตร)
น้ำมันหอมระเหยใบฝรั่ง	10, 20, 30	-	-	-	-
สารละลายที่ 1	-	2.1	-	-	-
สารละลายที่ 2	-	-	11.5	0.25	-
สารละลายที่ 3	-	-	-	-	3



รูปที่ 3.2 แผนภาพขั้นตอนการเตรียมไมโครแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่ง/พอลิยูรีเทน-ยูเรีย ด้วยวิธีอินเทอร์เฟเชียลพอลิเมอไรเซชัน

3.4.1.2 **การหาปริมาณของของแข็ง** (%solid content)

นำไมโครแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งที่เก็บรักษาไว้ใน TWEEN80 มาทำการชั่งให้ได้ปริมาณ 5 กรัม แล้วจึงนำไปตกตะกอนในเอทานอล จากนั้นทำการกรอง โดยการใช้กระดาษกรองที่มีความละเอียดสูง ทำให้แห้งด้วยการทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง และคำนวณหาร้อยละของของแข็ง จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ปริมาณร้อยละของของแข็งที่กระจายตัวอยู่ใน (\%)} = \left[\frac{W_2 - W_P}{W_1} \right] x100$$

W_1 หมายถึง น้ำหนักของไมโครแคปซูลที่กระจายตัวอยู่ในTWEEN80

W_2 หมายถึง น้ำหนักของไมโครแคปซูลหลังนำไปทำให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

W_P หมายถึง น้ำหนักรวมของกระดาษกรอง

3.4.1.3 **การตกแต่งผ้าฝ้ายด้วยน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งที่ไม่ได้อยู่ในรูปไมโครแคปซูล**

1) ผสมน้ำมันหอมระเหยลงในน้ำกลั่นโดยใช้ความเข้มข้น ร้อยละ 5, 10 และ 15 ตามลำดับ และ เติม Tween 80 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 เพื่อช่วยให้น้ำมันสามารถกระจายตัวในน้ำได้ดี

2) นำสารที่เตรียมไปกวนผสมที่อัตราเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที

3) นำผ้าฝ้ายมาจุ่มอัดด้วยของผสมของน้ำมันหอมระเหยที่เตรียมได้จากข้อ 2) โดยให้มี %wet pick up ประมาณ 100 จากนั้นจึงนำไปตากแห้งที่อุณหภูมิห้อง

3.4.1.4 **การตกแต่งผ้าฝ้ายด้วยไมโครแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่ง/พอลิยูรีเทน-ยูเรีย**

1) ผสมไมโครแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยในน้ำกลั่น โดยให้มีความเข้มข้นร้อยละ 5,10, 15 และ 20 โดยน้ำหนัก พร้อมกับเติมสารต่างๆ ตามสัดส่วนที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.3

2) นำสารที่เตรียมไปกวนผสมที่อัตราเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที

3) นำผ้าฝ้ายมาจุ่มอัดด้วยของผสมของไมโครแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยที่เตรียมได้จากข้อ 2) โดยทำการจุ่มอัด 2 ครั้ง ครั้งแรกให้มี %wet pick up ประมาณ 50 จากนั้นจึงจุ่มอัดครั้งที่สองโดยให้มี % wet pick up ประมาณ 100 แล้วนำไปตากแห้งที่อุณหภูมิห้อง

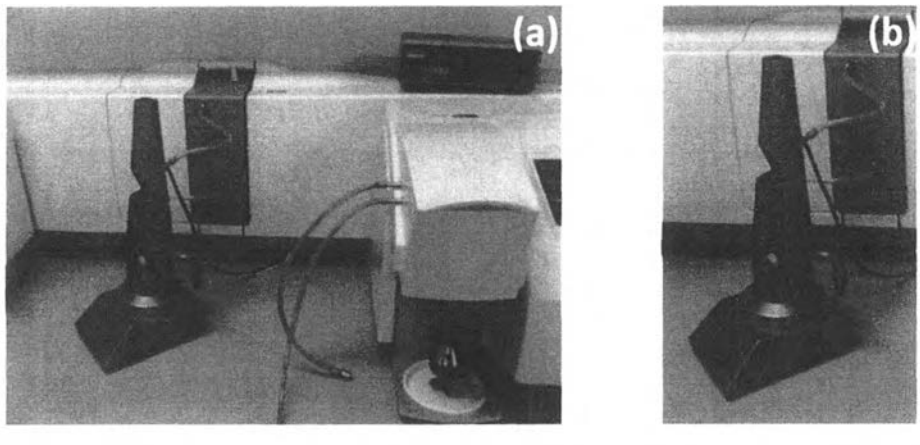
ตารางที่ 3.3 สูตรของส่วนประกอบและสารเคมีที่ใช้ในการตกแต่งผ้าฝ้าย

Microcapsules (g)	50	100	150	200
Binder (g)	50	50	50	50
Fixer (g)	1	1	1	1
Tween80 (ml)	10	10	10	10
H_2O (ml)	1000	1000	1000	1000

3.4.2 การวิเคราะห์และทดสอบสมบัติของไมโครแคปซูล

3.4.2.1 การทดสอบหาขนาดอนุภาคของไมโครแคปซูลที่เตรียมได้ ด้วยเทคนิค PSD

วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์นี้ เพื่อหาขนาดอนุภาคเฉลี่ยและการกระจายขนาดอนุภาคของไมโครแคปซูลที่เตรียมได้จากข้อ 3.4.1.1 ด้วยเครื่อง PSD ของ Malvern รุ่น Mastersizer 2000 โดยนำไมโครแคปซูลมาสั่นด้วยการใช้คลื่นเสียงความถี่สูง (sonicate) เป็นเวลา 30 วินาที เพื่อให้ไมโครแคปซูลเกิดการกระจายตัวได้ดี จากนั้นนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง PSD โดยใช้หน่วยกระจายที่มีชื่อว่า Hydro 2000SM ดังรูปที่ 3.6 หน่วยกระจายนี้ออกแบบมาเพื่อใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเล็กหรือจำเป็นต้องใช้ตัวทำละลายน้อยที่สุด ซึ่งมีปริมาตรเพียง 50-120 มิลลิลิตร โดยในการทดสอบใช้ค่า Particle refractive index เป็น 1.5 ค่า Absorption เป็น 0.1 และใช้น้ำเป็นตัวกลาง วิเคราะห์โดยหยดไมโครแคปซูลลงในหน่วยกระจายที่มีลักษณะคล้ายกรวย จากนั้นเครื่องจะวัดขนาดอนุภาค และการกระจายขนาดอนุภาคโดยอัตโนมัติ ในงานวิจัยนี้อ่านค่าขนาดอนุภาคของไมโครแคปซูลจากค่า D[4,3]



รูปที่ 3.3 (a) เครื่อง PSD ของ Malvern รุ่น Mastersizer 2000 และ(b) หน่วยกระจาย Hydro 2000SM

3.4.2.2 **การตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่ง พอลิยูริเทน-ยูเรีย และไมโครแคปซูลที่เตรียมได้ ด้วยเทคนิค** FTIR

วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์นี้ เพื่อพิสูจน์เอกลักษณ์เฉพาะของไมโครแคปซูลที่เตรียมได้จากข้อ 3.4.1.1 ด้วยเครื่อง FT-IR ของ Thermo Fisher Scientific รุ่น Nicolet 6700 ดังรูปที่ 3.4 โดยใช้โหมดการส่งผ่านตั้งแต่ความยาวคลื่นที่ 400-4000 cm^{-1} ความละเอียด 4 cm^{-1} ใช้จำนวน 64 ครั้งในการสแกน เทคนิคที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์นี้มี 2 เทคนิค คือ

1) ตัวอย่างที่เป็นของเหลว ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยใบฝรั่ง เตรียมตัวอย่างโดยใช้เซลล์สำหรับของเหลว (KBR liquid cell)

2) ตัวอย่างที่เป็นของแข็ง ได้แก่ ไมโครแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งซูลพอลิยูรีเทน-ยูเรีย สามารถเตรียมตัวอย่างได้โดยนำสารตัวอย่างมาบดผสมกับผง KBR (KBR pellets) ในอัตราส่วน 1:9 จากนั้นนำมาอัดให้เป็นแผ่นบางและใสด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิก

รูปที่ 3.4 เครื่อง FT-IR ของ Thermo Fisher Scientific รุ่น Nicolet 6700

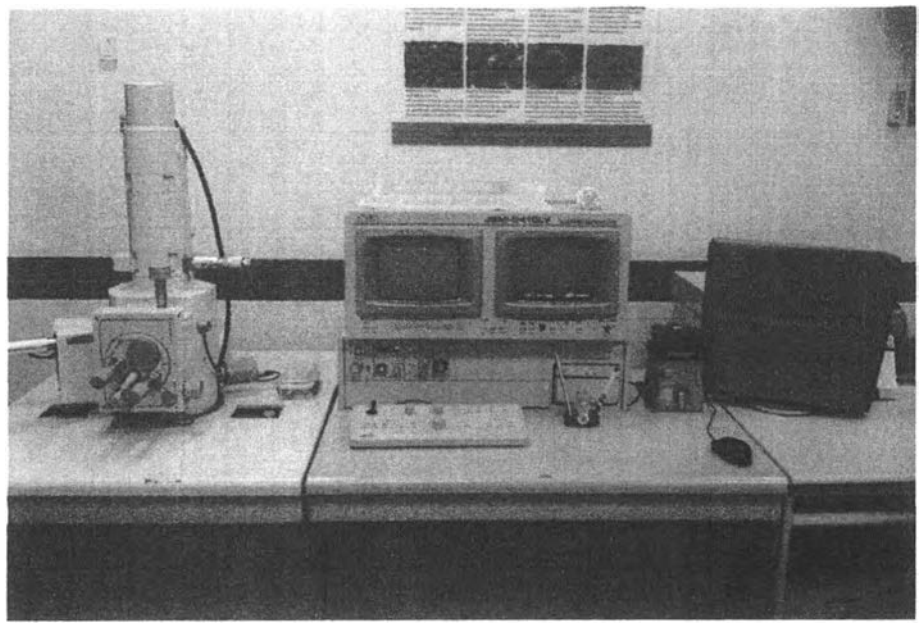
3.4.2.3 **การตรวจสอบสัณฐานวิทยาของไมโครแคปซูลที่เตรียมได้ ด้วยเทคนิคจุลทรรศน์แบบแสง** (Optacal Microscope; OM)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบรูปร่างของไมโครแคปซูลในระดับจุลภาค คือ กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงธรรมดา (Optical microscope) ดังแสดงในรูปที่ 3.5 โดยจะมีกำลังขยายอยู่ระหว่าง 10-100 เท่า ซึ่ง ณ กำลังขยายนี้จะช่วยให้สามารถทำให้เห็นถึงรูปร่าง และลักษณะการกระจายตัวของไมโครแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่ง/พอลิยูรีเทน-ยูเรียที่สังเคราะห์ได้ โดยไมโครแคปซูลตัวอย่างที่นำมาทำการทดสอบนั้นจะต้องมีผนังที่บางพอที่จะยอมให้แสงทะลุผ่านได้

รูปที่ 3.5 เครื่อง OM ของ OLYMPUS รุ่น OM BH2-UMA

3.4.2.4 **การตรวจสอบสัณฐานวิทยาของไมโครแคปซูลที่เตรียมได้ ด้วยเทคนิค** SEM

วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์นี้ เพื่อตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยา และพื้นผิวภายนอกของไมโครแคปซูลที่เตรียมได้จากข้อ 3.4.1.1โดยใช้กำลังขยาย 3500เท่า รวมถึงตรวจสอบความสามารถของการยึดระหว่างไมโครแคปซูลกับสิ่งทอโดยใช้กำลังขยาย 1000 เท่า ด้วยเครื่อง SEM ของ JOEL รุ่น JSM 5410 ดังแสดงในรูปที่ 3.6 โดยสารตัวอย่างจะถูกเคลือบด้วยทองโดยใช้ sputter-coater ที่ศักย์ไฟฟ้า 15 กิโลโวลต์



รูปที่ 3.6 เครื่อง SEM ของ JEOL., Ltd รุ่น JSM 5410 LV

3.4.2.5 **การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนของไมโครแคปซูลด้วยเทคนิค** TGA

วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์นี้ เพื่อศึกษาเสถียรภาพทางความร้อนของ ไมโครแคปซูลที่เตรียมได้ในข้อ 3.4.1.1 สภาพแห้งเปรียบเทียบกับน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่ง โดยวัดการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของไมโครแคปซูลเทียบกับเวลา (isothermal TGA) ด้วยเครื่อง TGA ของ Mettler Toledo รุ่น TGA/SDTA851e ดังรูปที่ 3.7 ที่อุณหภูมิ 37 และ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และการวิเคราะห์หาอุณหภูมิการสลายตัวทางความร้อนของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่ง ไมโครแคปซูลพอลิยูรีเทน-ยูเรีย ไมโครแคปซูลพอลิยูรีเทน-ยูเรีย (ที่ไม่มีน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งบรรจุอยู่) ด้วยเครื่อง TGA ของ Mettler Toledo รุ่น TGA/SDTA 851e โดยใช้ภาวะการทดสอบแบบไดนามิกส์ ภายใต้บรรยากาศของไนโตรเจน ที่มีอัตราการไหลของแก๊ส 20 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิในการวิเคราะห์ตั้งแต่ 50 องศาเซลเซียส ถึง 500 องศาเซลเซียส อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสต่อนาที

รูปที่ 3.7 เครื่อง TGA ของ Mettler Toledo รุ่น TGA/SDTA851e

3.4.2.6 **การวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งที่บรรจุในไมโครแคปซูล**

การหาปริมาณน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งที่บรรจุในไมโครแคปซูลที่เตรียมได้จากความเร็วรอบที่ต่างกัน สามารถทดสอบได้โดยการใช้เทคนิค TGA ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที โดยปริมาณร้อยละของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งที่บรรจุในไมโครแคปซูล คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ปริมาณน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งที่บรรจุในไมโครแคปซูล (\%) (Loading capacity)} = \left[\frac{W_m - W_o}{W_m}\right] \times 100$$

W_m หมายถึง น้ำหนักของไมโครแคปซูลก่อนทดสอบ

W_o หมายถึง น้ำหนักของไมโครแคปซูลหลังทดสอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที

ทั้งนี้ความสามารถในการเก็บรักษาน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งที่บรรจุอยู่ภายในไมโครแคปซูล สามารถทดสอบได้โดยการนำตัวอย่างชุดเดียวกันมาทำการทดสอบ โดยเว้นระยะเวลาการเก็บรักษาที่เท่าๆกัน จากนั้นจึงนำมาคำนวณตามสมการข้างต้น เพื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณน้ำมันที่หายไปจากไมโครแคปซูล

3.4.2.7 **การวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งจากไมโครแคปซูล**

วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์นี้เพื่อหาปริมาณการปล่อยน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งจากไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่ง/พอลิยูรีเทน-ยูเรีย ที่เตรียมได้เป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของไมโครแคปซูลเทียบกับเวลา (Isothermal TGA) ด้วยเครื่อง TGA โดยเลือกใช้อุณหภูมิ 37 และ 120 องศาเซลเซียส โดยปริมาณร้อยละของการปล่อยน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งจากไมโครแคปซูล โดยจะคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ปริมาณการปล่อยน้ำมันหอมระเหย (\%) (Oil release content)} = \left[\frac{W_m - W_{T(t)}}{W_m - W_{m'(T,60m)}}\right] \times 100$$

โดยที่ W_m หมายถึง น้ำหนักของไมโครแคปซูลก่อนทดสอบ

$W_{T(t)}$ หมายถึง น้ำหนักของไมโครแคปซูลที่อุณหภูมิ T°C ณ เวลา t นาที

$W_{m'(T,60m)}$ หมายถึง น้ำหนักของไมโครแคปซูลหลังทดสอบที่อุณหภูมิ T°C เป็นเวลา 60 นาที

3.4.3 **การวิเคราะห์และทดสอบสมบัติผ้าฝ้ายหลังการตกแต่งด้วยน้ำมันหอม ระเหยใบฝรั่ง และ ไมโครแคปซูลของน้ำหอมระเหยใบฝรั่ง**

3.4.3.1 **ทดสอบสภาพแข็งตึงดัดโค้ง หรือความแข็งกระด้างของผ้าที่ผ่านการตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่ง และไมโครแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่ง**

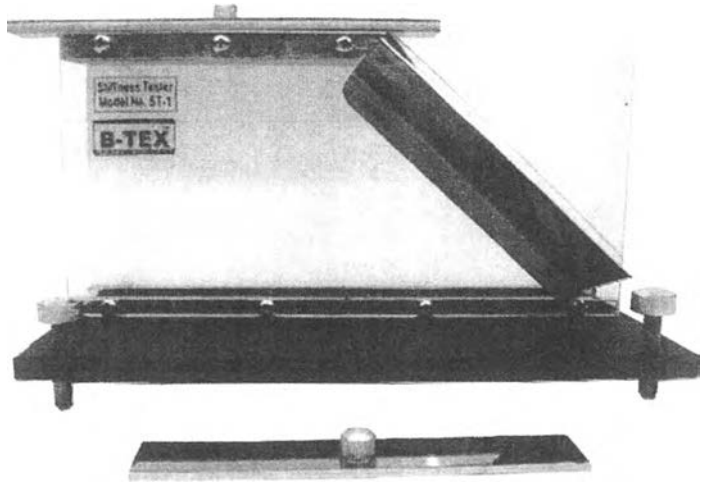
วัตถุประสงค์ของการทดสอบนี้เพื่อศึกษาความแตกต่างของสภาพแข็งตึงดัดโค้งของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่ง และไมโครแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่ง/พอลิยูรีเทน-ยูเรีย ที่ตกแต่งลงบนผ้าฝ้าย โดยนำผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จมาทำการทดสอบตามมาตรฐาน BS 3356:1990 Method for the determination of bending length and flexural rigidity of fabrics โดยใช้เครื่องวัดสภาพแข็งตึงดัดโค้งของผ้า โดยจะต้องตัดชิ้นผ้าทั้งตามแนวด้ายพุ่ง และแนวด้ายยืน ขนาด 200มิลลิเมตร x 25มิลลิเมตร วิธีการทดสอบ คือให้วางผ้าลงบนแท่นวาง โดยวางปลายผ้าให้พอดีกับจุดอ้างอิง จากนั้นให้นำไม้บรรทัดที่ใช้วัดระยะการโค้งงอมาทับไว้บนผ้า แล้วเคลื่อนผ้าไปพร้องกับไม้บรรทัดด้วยความเร็วประมาณ 120มิลลิเมตรต่อนาที จนปลายผ้าพอดีกับจุดอ้างอิง แล้วจึงอ่านค่าที่วัดได้จากไม้บรรทัด โดยนำผ้าตัวอย่างแต่ละผืนมาทำการกลับด้านทดสอบจนครบทั้ง 4ด้าน แล้วจึงนำมาหาค่าเฉลี่ย นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าสภาพแข็งตึงดัดโค้งจากสมการต่อไปนี้ โดยถ้าค่าที่คำนวณได้มีค่ามาก ก็จะหมายความว่าผ้าตัวอย่างนั้นมีความกระด้างมาก

$$G = 0.1\,MC^3$$

โดย G คือ ค่าสภาพแข็งตึงดัดโค้งของผ้า (มิลลิกรัม·เซนติเมตร)

M คือ น้ำหนักผ้าต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่(กรัม/ตารางเมตร)

C คือ ความยาวโค้งงอ (เซนติเมตร)



รูปที 3.8 เครื่องวัดสภาพแข็งตึงดัดโค้ง

3.4.3.2 **ทดสอบความสามารถในการต้านแบคทีเรีย** Staphylococcus **ซึ่งมีผลทำให้ผิวหนังอักเสบ**

วัตถุประสงค์ของการทดสอบนี้ เพื่อศึกษาความสามารถในการต้านจุลินทรีย์ของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่ง และไมโครแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่ง/พอลิยูรีเทน-ยูเรีย บนผ้าฝ้ายทั้งก่อนและหลังการนำไปใช้งานในภาวะต่างๆ โดยมีวิธีการทดลองคร่าวๆ ดังนี้

ชุด A

1. ตัดตัวอย่างผ้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.8 เซนติเมตร แล้วจึงนำไปทำการฆ่าเชื้อด้วยการอาบแสงยูวี จากนั้นจึงนำตัวอย่างใส่ลงในขวดที่มีเชื้อแบคทีเรียปริมาณ 1 มิลลิลิตร
2. เติมน้ำเกลือปริมาณ 100 มิลลิลิตรลงในขวดจากนั้นนำไปเขย่าเป็นเวลา 1 นาที
3. ดูดสารละลายจากขวดขึ้นมาใส่ในหลอดทดลองปริมาณ 1 มิลลิลิตรเพื่อนำเชื้อไปเจือจางในอัตราส่วน $1/10^3$, $1/10^4$ และ $1/10^5$ ตามลำดับ
4. เลือกสารละลายเจือจางที่เหมาะสม โดยดูดของเหลวขึ้นมา 0.1 มิลลิลิตรและหยดลงในจานเพาะเชื้อ (Plate) จำนวน 3 จาน

5. บ่มเชื้อเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนับจำนวนโคโลนี (Colony) ในจานเพาะเชื้อ (Plate) เพื่อนำไปคำนวณหา จำนวนแบคทีเรียต่อมิลลิลิตรของตัวอย่าง มีหน่วยเป็น CFU (Colony forming unit) ต่อมิลลิลิตร

ชุด B

1. ตัดตัวอย่างผ้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.8 เซนติเมตร แล้วจึงนำไปทำการฆ่าเชื้อด้วยการอาบแสงยูวี จากนั้นจึงนำตัวอย่างใส่ลงในขวดที่มีเชื้อแบคทีเรียปริมาณ 1 มิลลิลิตร และตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
2. ทำเช่นเดียวกับชุด A ตั้งแต่ขั้นตอนที่ 2 – 5 เทียบเชื้อระหว่างชุดล้างทันที (A)กับชุดทิ้งให้เชื้อสัมผัสกับผ้า24 ชั่วโมง (B) และคิดเป็นร้อยละจำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ที่ลดลง โดยใช้สูตรคำนวณ ดังสมการที่ดังต่อไปนี้

$$R = \left(\frac{B - A}{B} \right) \times 100$$

โดย R = จำนวนโคโลนีของแบคทีเรียที่ลดลง(Reduction)เป็นร้อยละโดยค่า R ยิ่งสูงจะ หมายความว่าตัวอย่างที่นำมาใช้ในการทดสอบนั้นมีความสามารถในการต้านแบคทีเรียได้ดี

A = จำนวนโคโลนีของแบคทีเรียที่นับได้จากชิ้นทดสอบที่ตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหย และไมโครแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่ง/พอลิยูรีเทน-ยูเรีย ซึ่งบ่มเพาะเชื้อไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

B = จำนวนโคโลนีของแบคทีเรียที่นับได้จากชิ้นทดสอบที่ตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหย และไมโครแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่ง/พอลิยูรีเทน-ยูเรียที่ 0 ชั่วโมง

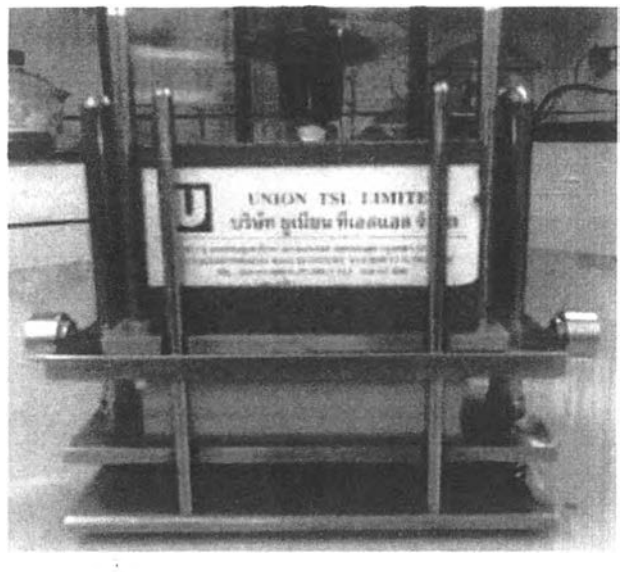
3.4.3.3 ทดสอบความสามารถในความคงทนของสารต้านแบคทีเรียบนผ้าฝ้ายต่อการซักล้าง

วัตถุประสงค์ของการทดสอบนี้เพื่อศึกษาความคงทนของสารต้านจุลินทรีย์ ของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่ง และไมโครแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่ง/พอลิยูรีเทน-ยูเรีย ที่ตกแต่งลงบนผ้าฝ้ายทั้งก่อนและหลังการนำไปใช้งาน โดยนำผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสารต้านแบคทีเรียมาซักตามมาตรฐาน AATCC 105-C10 : 2006 ด้วยเครื่อง Gyrowash ดังแสดงในรูปที่ 3.9 โดยในการทดลองจะใช้ สบู่มาตรฐาน 5กรัม ละลายในน้ำ 1 ลิตร ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30นาที ในอัตราส่วน L:R เท่ากับ 1:50 หลังจากนั้นจึงนำชิ้นตัวอย่างมาล้าง โดยให้น้ำไหลผ่านตลอดแล้วจึงนำไปตากให้แห้ง ก่อนนำตัวอย่างไปทดสอบสมบัติการต้านแบคทีเรียตามมาตรฐาน AATCC 100-2004 แล้วเปรียบเทียบจำนวนแบคทีเรียที่ลดลง

รูปที่ 3.9 เครื่อง Gyrowash ของ James H. Heal & Co.Ltd รุ่น Gyrowash 815/20

3.4.3.4 **ทดสอบความสามารถในความคงทนของสารต้านแบคทีเรียบนผ้าฝ้ายต่อเหงื่อ**

วัตถุประสงค์ของการทดสอบนี้เพื่อศึกษาความคงทนของสารต้านจุลินทรีย์ของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยไมโครแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่ง/พอลิยูรีเทน-ยูเรีย ทั้งก่อนและหลังการนำไปใช้งาน โดยนำผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสารต้านแบคทีเรีย มาทดสอบความคงทนต่อเหงื่อ ตามมาตรฐาน AATCC 15-2002 เริ่มจากการนำชิ้นตัวอย่างมาแช่สารละลายเหงื่อเทียมในอัตราส่วน L:R เท่ากับ 1:50 ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30นาที จากนั้นจึงนำชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นวางไว้ระหว่างแผ่นอะคริลิกเรซินของเครื่อง perspirometer ดังแสดงในรูปที่ 3.10 แล้วใช้แท่งน้ำหนักกดทับ จากนั้นจึงนำเครื่อง perspirometer เข้าไปวางในตู้อบที่อุณหภูมิ 37±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4ชั่วโมง นำชิ้นทดสอบออกจากตู้อบแล้วใช้วิธีผึ่งให้แห้ง โดยการแขวนตากที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส จากนั้นนำชิ้นทดสอบไปทดสอบการต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้ายตามหัวข้อ 3.3.6.2 เพื่อทดสอบความคงทนของสารต้านแบคทีเรียบนผ้าฝ้ายต่อเหงื่อ แล้วเปรียบเทียบจำนวนแบคทีเรียที่ลดลง



รูปที่ 3.10 เครื่อง perspirometer ที่ใช้ในการทดสอบความคงทนของสารต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้ายต่อเหงื่อ

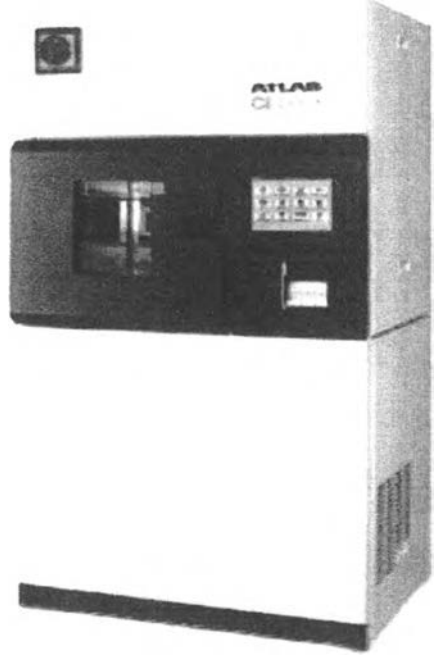
3.4.3.5 ทดสอบความสามารถในความคงทนของของสารต้านแบคทีเรียบนผ้าฝ้ายต่อการรีดร้อน

วัตถุประสงค์ของการทดสอบนี้เพื่อศึกษาความคงทนของสารต้านจุลินทรีย์ของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยไมโครแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่ง/พอลิยูรีเทน-ยูเรีย ทั้งก่อนและหลังการนำไปใช้งาน โดยนำผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสารต้านแบคทีเรีย มาทดสอบความคงทนต่อการรีดร้อน ตามมาตรฐาน AATCC 133-2002 ที่อุณหภูมิ 150 ±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15วินาที ด้วยเครื่อง scorch tester ดังแสดงในรูปที่ 3.11 จากนั้นนำชิ้นทดสอบไปทดสอบการต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้าย เพื่อทดสอบความคงทนของสารต้านแบคทีเรียบนผ้าฝ้ายต่อการรีดร้อน แล้วเปรียบเทียบจำนวนแบคทีเรียที่ลดลง

รูปที่ 3.11 เครื่อง scorch tester ของ SDL Atlas Inc. รุ่น M247A

3.4.3.6 **ทดสอบความสามารถในความคงทนของสารต้านแบคทีเรียบนผ้าฝ้ายต่อแสง**

วัตถุประสงค์ของการทดสอบนี้เพื่อศึกษาความคงทนของสารต้านจุลินทรีย์ของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยไมโครแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่ง/พอลิยูรีเทน-ยูเรีย ทั้งก่อนและหลังการนำไปใช้งาน โดยนำผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสารต้านแบคทีเรีย มาทดสอบความคงทนต่อการอาบแสง ตามมาตรฐาน AATCC 16E-1998 โดยใช้แสงซีนอนอาร์ก (xenon arc) ที่มีการกระจายพลังงานใกล้เคียงกับแสงแดด ด้วยเครื่อง Atlas Xenon Arc Weather-Ometer Model Ci 3000 ดังแสดงในรูปที่ 3.12 เป็นเวลา 20 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นทดสอบไปทดสอบการต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้าย ทดสอบความคงทนของสารต้านแบคทีเรียบนผ้าฝ้ายต่อการอาบแสง ตามมาตรฐาน AATCC 100-2004 แล้วเปรียบเทียบจำนวนแบคทีเรียที่ลดลง

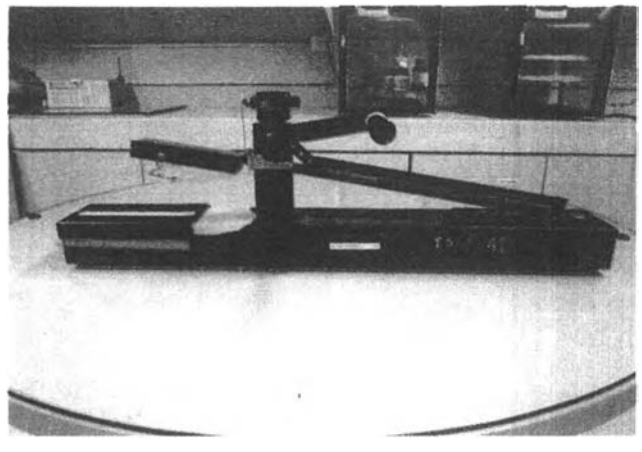


รูปที่ 3.12 **เครื่อง** Atlas Xenon Arc Weather-Ometer Model Ci 3000 ของ SDL Atlas Inc. รุ่น CI-300

สนก. ๒๗. ๒๕๕๕
เลขทะเบียน 7274
วันเดือนปี 25 ก.ค. 2560

3.4.3.7 **ทดสอบความสามารถในความคงทนของสารต้านแบคทีเรียบนผ้าฝ้ายต่อการขัดถู**

วัตถุประสงค์ของการทดสอบนี้คือ ต้องการศึกษาความสามารถในการคงทนของไมโครแคปซูลต่อการขัดถู ตามมาตรฐาน AATCC 8-2007 โดยมีวิธีการทดสอบอย่างคร่าวๆคือ เตรียมชิ้นทดสอบให้มีขนาดประมาณ 50 x 30 มิลลิเมตร มาวางที่ฐานของเครื่องทดสอบให้ชิ้นทดสอบวางอยู่ในแนวขัดถูแล้วยึดให้แน่น แล้วนำผ้าฝ้ายขัดถูมาตรฐานที่ทำการปรับสภาวะแล้ว (ผ้าฝ้ายฟอกขาว) ขนาด 50 x 50 มิลลิเมตร มาหุ้มแท่งแก้วขัดถูด้านบนของเครื่อง แล้วทำการขัดถูแบบไปกลับจำนวน 10 รอบ แล้วจึงนำชิ้นทดสอบไปทดสอบความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียต่อไป โดยอุปกรณ์จะแสดงในรูป 3.13



รูปที่ 3.13 เครื่องทดสอบความคงทนต่อการขัดถู (AATCC Crockmeter)

3.4.3.8 **ทดสอบความสามารถในความคงทนของสารต้านแบคทีเรียบนผ้าฝ้ายต่อเหงื่อพร้อมแสง**

วัตถุประสงค์ของการทดสอบนี้เพื่อศึกษาความคงทนของสารต้านแบคทีเรีย ของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยไมโครแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่ง/พอลิยูรีเทน-ยูเรีย ต่อเหงื่อและแสง ตามมาตรฐาน AATCC 125-2004 ซึ่งการทดสอบนี้ใช้เหมาะสำหรับสิ่งทอที่จะต้องนำไปใช้งานจริงกับสภาพแวดล้อมภายนอก โดยการทดสอบเริ่มจากนำผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จ มาทดสอบความคงทนต่อเหงื่อตามมาตรฐาน AATCC 15-2002 จากนั้นจึงนำผ้าดังกล่าวไปผ่านการอาบแสงซีนอนอาร์กตามมาตรฐาน AATCC 16E-2004 แล้วจึงนำชิ้นทดสอบไปทดสอบความสามารถในการต้านแบคทีเรียต่อไป