

บทที่ 3

วิธีการทดลอง

3.1 วัสดุในการทดลอง

ผ้าตัวอย่าง	: ผ้าฝ้ายถักฟอกขาว โครงสร้างซิงเกิลเจอร์ซี เส้นด้ายเบอร์ 20 / 1 : ผ้าฝ้ายถักฟอกขาว โครงสร้างซิงเกิลเจอร์ซี เส้นด้ายเบอร์ 32 / 1 : ผ้าฝ้ายทอฟอกขาว โครงสร้างลายขัด เส้นด้ายเบอร์ 20 / 1
ตัวอย่างมาตรฐาน	: เส้นด้ายฝ้ายมาตรฐาน ไม่ได้ชุบมันเบอร์ 40/2 จาก Test Fabrics, Inc., USA
สีย้อม	: สีไคเร็ค (Benzopurpurine 4B) จาก Tokyo Chemical Industry Co., Ltd., ประเทศญี่ปุ่น
สารเคมี	: เกรดที่ใช้ในห้องทดลอง (ดูในตารางที่ 3.1)

ตารางที่ 3.1 สารเคมีที่ใช้

สารเคมี	บริษัท
ตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ (จุดเดือด 40 – 60 °C)	Becthai
เอทานอล 95%	Fluka
เอนไซม์อไมเลส (เทอร์นามิล 120 แอล) แอททิวิตี 120,000 ยูนิต / กรัม	Novo Nordisk
แบเรียมไฮดรอกไซด์ออกคระไฮเดรต ชนิดผง	Fluka
สารลดแรงตึงผิวแบบไม่มีประจุ	U.N.T. chemical Co.,LTd
โซเดียมคาร์บอเนต 99.5% ชนิดผง	Merck
โซเดียมไฮดรอกไซด์ 98% ชนิดเม็ด	Fluka
กรดฟอร์มิก 98%	Fluka
กรดไฮโดรคลอริก 36.5 – 38.0 %	JT.beaker
ฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ pH 8.2 – 9.8 ชนิดผง	Merck

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. X-ray diffractometer
2. Fourier Transform Infrared Spectrometer, Nicolet Impact 400D
3. Bursting strength tester , Osaka Koho Co.,Ltd. Model SD-223
4. Tensile strength tester, LR SK,LLOYD instrument
5. Macbeth reflectance spectrophotometer, Color – eye 7000
6. Magnetic stirrer, Framo-Geratetechnik, m21/1
7. Laboratory exhausted dyeing machine, Ahiba Polymat
8. Heating mantle, Electromantle MA
9. Oven , Merment 854 Schwabach
10. Hot plate , Framo – Geratetechnik M21/1
11. Electric analytical balance , Precisa 1000 C – 3000 D
12. pH paper
13. Ice bath
14. Water bath , Merment 854 Schwabach
15. Para film
16. Temperature control bath , eyela CA-101 sool Ace
17. อุปกรณ์เครื่องแก้ว

3.3 การทดลอง

การทดลองนี้จัดทำขึ้นเพื่อปรับปรุงวิธีการทดสอบหาระดับการชุบมันแบบที่กระทำกันในปัจจุบัน คือ การทดสอบหาค่าเบรียมแอกทิวิตี ซึ่งเป็นการทดสอบที่ต้องใช้เวลานานและไม่สะดวก โดยในการปรับปรุงการทดสอบนี้ได้ทดลองชุบมันผ้าฝ้ายที่ภาวะต่าง ๆ กัน เพื่อให้ได้ค่าเบรียมแอกทิวิตีต่าง ๆ กันตั้งแต่ประมาณ 90 ถึง 170 และเนื่องจากการชุบมันทำให้ปริมาณผลึก/ออสันฐาน และอัญรูปผลึกของเซลลูโลสเปลี่ยนไป ทำให้ความสามารถในการดูดซึมสีย้อมของผ้าใยเซลลูโลสเปลี่ยนไป และทำให้ความแข็งแรงของผ้าใยเซลลูโลสเปลี่ยนไป จึงได้ใช้เทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชันวัดหาดัชนีความเป็นผลึกและหาปริมาณผลึกและออสันฐานของผ้าชุบมัน และหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความเป็นผลึกหรือปริมาณผลึกกับค่าเบรียมแอกทิวิตีของผ้าชุบมัน นอกจากนี้ได้ทำการย้อมผ้าชุบมันและวัดค่าความเข้มของสีผ้า และหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของสีผ้ากับค่าเบรียมแอกทิวิตี

ติของผ้าชุบน้ำมัน สุกท้ายได้ทดสอบความแข็งแรงของผ้าชุบน้ำมัน และหาความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของผ้า กับค่าเบรียมแอกทิวิตีของผ้าชุบน้ำมัน จากนั้นทำการทดลองเพื่อดูว่า ความสัมพันธ์ทั้งสามนี้ยังคงเหมือนเดิมสำหรับผ้าแต่ละชนิดหรือไม่

ขั้นตอนการทดลองมีดังนี้

- การชุบน้ำมัน
- การทดสอบผ้าชุบน้ำมัน ซึ่งประกอบด้วย
 - : การหาระดับของการชุบน้ำมันด้วยวิธีการหาค่าเบรียมแอกทิวิตี
 - : การหาปริมาณผลึกและอสัณฐานในผ้าชุบน้ำมันด้วยเอกซเรย์คิฟแฟรกชัน
 - : การวัดความแข็งแรงของผ้าชุบน้ำมัน
 - : การวัดความเข้มของสีผ้าชุบน้ำมันที่ผ่านการย้อม

3.3.1 การชุบน้ำมันผ้า

ผ้าฝ้ายทอและผ้าฝ้ายถักถูกชุบน้ำมันโดยการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กันระหว่าง 10% - 30% ที่อุณหภูมิระหว่าง 5 – 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที จากนั้นนำผ้าออกมาบีบหมาด ๆ ให้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ส่วนเกินออกแล้วล้างด้วยน้ำ จากนั้นทำให้ผ้าเป็นกลางโดยการแช่ผ้าลงในสารละลายกรดฟอร์มิคความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 1 นาที แล้วล้างน้ำอีกครั้งจนน้ำที่บีบจากผ้ามีภาวะเป็นกลาง และตากแห้ง ผ้าที่ถูกชุบน้ำมันแล้วจะถูกทดสอบหาระดับของการชุบน้ำมันโดยวัดจากค่าเบรียมแอกทิวิตีตามวิธีการทดสอบแสดงไว้ในข้อ 3.3.2 การชุบน้ำมัน ณ ภาวะต่าง ๆ ได้ค่าเบรียมแอกทิวิตีต่างๆ กันระหว่าง 90 ถึง 170

3.3.2 การทดสอบผ้าชุบน้ำมัน

3.3.2.1 การทดสอบหาระดับของการชุบน้ำมันผ้าโดยการวัดค่าเบรียมแอกทิวิตี

ผ้าที่ไม่ได้ชุบน้ำมันและผ้าที่ผ่านการชุบน้ำมันถูกทดสอบหาระดับการชุบน้ำมัน โดยวัดจากค่าเบรียมแอกทิวิตีตามมาตรฐานการทดสอบของ AATCC Test Method 89⁽¹⁸⁾ เรื่อง Mercerization in Cotton ตัดผ้าตัวอย่างที่จะทำการทดสอบประมาณ 5 กรัมและเส้นด้ายฝ้ายมาตรฐาน 1 ใจ น้ำหนักประมาณ 4.5 กรัม ทำความสะอาดพื้นผิวของผ้าก่อนการทดสอบพร้อมกับเส้นด้ายฝ้ายมาตรฐาน ด้วยวิธีการกลั่นไหลย้อนกลับ (ดูรูปที่ 3.1) โดยต้มเดือดในปิโตรเลียมอีเทอร์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เทปิโตรเลียมอีเทอร์ทิ้ง ต้มเดือดในเอทานอล 95 % เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เทเอทานอลทิ้ง ต้มเดือดในน้ำกลั่น เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เทน้ำกลั่นทิ้ง แล้วบีบผ้าตัวอย่างพอให้หมาด ๆ จากนั้นทำการลอกแป้ง (desizing) ด้วยเอนไซม์อะไมเลสที่อุณหภูมิ 60 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงและตามด้วยการ

กำจัดสิ่งสกปรก (scouring) ด้วยโซดาแอช 2 กรัมต่อลิตร และสารช่วยเปียกไม่มีประจุ 10 กรัมต่อลิตร โดยการต้มเดือดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วล้างผ้าให้สะอาด ตากให้แห้ง นำผ้าที่แห้งแล้วมาตัดให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ละเอียดประมาณ 3 ตารางมิลลิเมตรใส่ในขวดรูปชมพู่ขวดละ 2 กรัม จำนวน 2 ขวด และใส่ด้ายมาตรฐานลงในขวดอีกใบ ปิดฝาขวดและใส่เบรียมไฮดรอกไซด์ 0.25 นอร์มัล ลงในขวด ขวดละ 30 มิลลิตร ปิดขวดด้วยพาราฟิล์มเพื่อป้องกันแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศเข้าไปทำปฏิกิริยากับสารละลายจนความเข้มข้นของสารละลายเปลี่ยนไป และดูดสารละลายเบรียมไฮดรอกไซด์ที่เตรียมไว้ 10 มิลลิตร แยกใส่ขวดเปล่า ทิ้งไว้เป็นเวลาอย่างต่ำ 2 ชั่วโมง เขย่าขวดเป็นระยะ ๆ จากนั้น ดูดเบรียมไฮดรอกไซด์ในขวดที่มีผ้าและด้ายออกมาขวดละ 10 มิลลิตร รวมทั้งเบรียมไฮดรอกไซด์ที่เตรียมไว้แล้วปริมาตร 10 มิลลิตร หยดฟีนอล์ฟทาลีนลงไปทุกขวดจะได้สีชมพูอมม่วง ทำการไตเตรตสารละลาย 10 มิลลิตร กับ กรดไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์มัล จนสีชมพูจางหายไปหรือถึงจุดยุติ บันทึกปริมาตรกรดที่ใช้ไป แล้วคำนวณค่าเบรียมแอกทิวิตีตามสมการที่ 3.1 ทำการทดสอบอย่างน้อย 2 ครั้งต่อหนึ่งตัวอย่างแล้วหาค่าเบรียมแอกทิวิตีเฉลี่ยของตัวอย่างนั้น ๆ

$$\text{BAN} = \frac{A - B}{A - C} \times 100 \quad \dots\dots\dots \text{สมการที่ 3.1}$$

โดย BAN = ค่าเบรียมแอกทิวิตี (Barym Activity Number)

A = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์มัล หน่วยเป็นมิลลิลิตรที่ใช้ในการไตเตรตกับสารละลายเบรียมไฮดรอกไซด์ 10 มิลลิลิตร

B = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์มัล หน่วยเป็นมิลลิลิตรที่ใช้ในการไตเตรตกับสารละลายเบรียมไฮดรอกไซด์ 10 มิลลิลิตรที่มีผ้าแช่อยู่

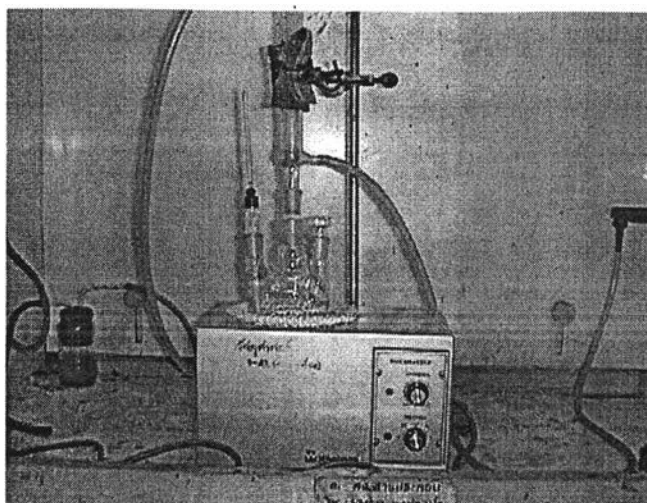
C = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์มัล หน่วยเป็นมิลลิลิตรที่ใช้ในการไตเตรตกับสารละลายเบรียมไฮดรอกไซด์ 10 มิลลิลิตรที่มีด้ายมาตรฐานแช่อยู่

ผลของค่าเบรียมแอกทิวิตี

ถ้าค่าเบรียมแอกทิวิตีอยู่ในช่วง 100 – 105 แสดงว่า ผ้าที่นำมาวิเคราะห์ยังไม่ผ่านกระบวนการชุบมัน

ถ้าค่าเบรียมแอกทิวิตีอยู่ในช่วง 106 – 150 แสดงว่า ผ้าที่นำมาวิเคราะห์ผ่านกระบวนการชุบมันอย่าง ไม่สมบูรณ์

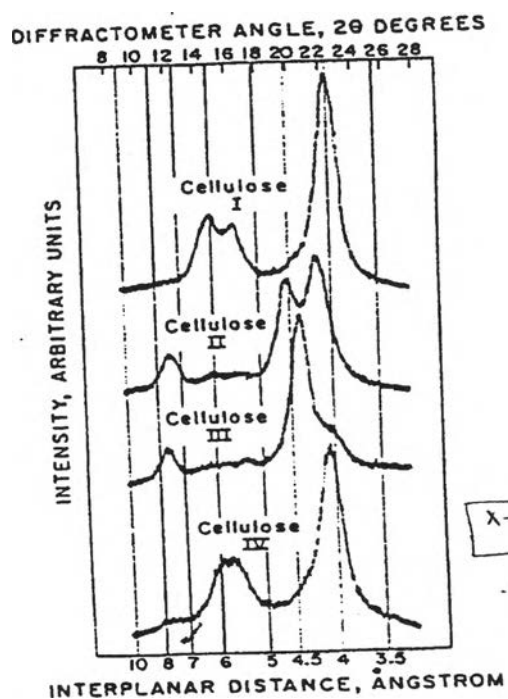
ถ้าค่าเบรียมแอกทิวิตีมากกว่า 150 แสดงว่า ผ้าที่นำมาวิเคราะห์ผ่านกระบวนการชุบมันอย่างสมบูรณ์



รูปที่ 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการกลั่น ไลลยอนกลับ

3.3.2.2 การทดสอบหาดัชนีความเป็นผลึกในผ้าชุบมัน โดยเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน

นำผ้าที่ผ่านการชุบมัน ณ ภาวะต่าง ๆ ตามข้อ 3.3.1 และผ้าที่ไม่ได้ชุบมัน มาทดสอบหาดัชนีความเป็นผลึกด้วยเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน⁽⁴²⁾ โดยตั้งเครื่องเริ่มต้นฉายรังสีเอกซ์ที่ $2\theta = 8^\circ$ ทำการเดินเครื่องไปจนถึง $2\theta = 26^\circ$ โดยใช้ความเข้ม ที่ $R = 2 \times 10^4$ และให้เพิ่มขึ้นทุก ๆ 2° ต่อ 1 นาทีได้ดิฟแฟรคโตแกรมออกมาดังตัวอย่างในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 เอกซเรย์ดิฟแฟรคโตแกรมของเซลลูโลสอัญรูปต่าง ๆ⁽⁴³⁾

จากนั้นหาค่า crystallinity index หรือดัชนีความเป็นผลึก โดยวัดความสูงของกราฟ ที่ $2\theta = 18^\circ$ และ $2\theta = 22.6^\circ$ โดยกราฟที่ $2\theta = 18^\circ$ จะเป็นตัวบ่งบอกถึงอัสฐานที่มีอยู่ในโครงสร้าง แล้วคำนวณค่าดัชนีความเป็นผลึกจากสมการที่ 3.2⁽²⁾

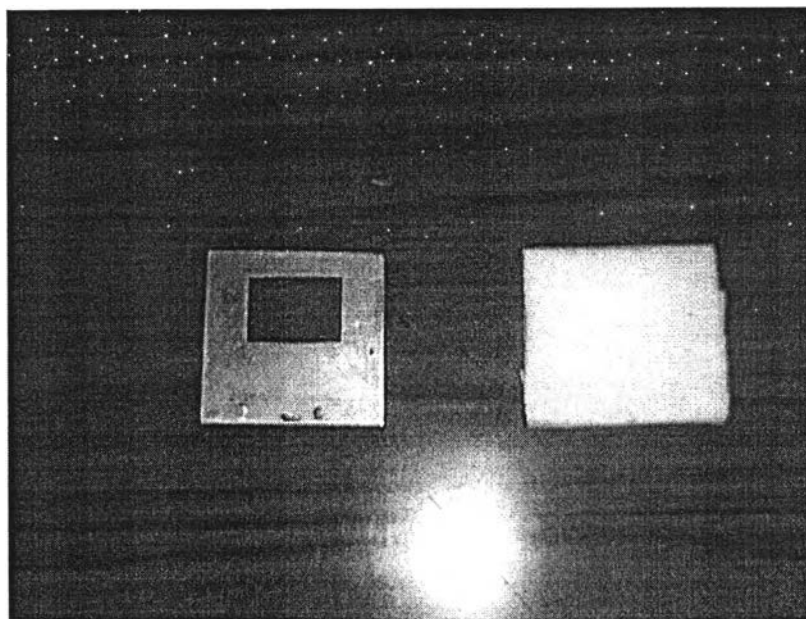
$$\text{Cr I} = \frac{B - A}{B} \quad \dots\dots\dots\text{สมการ 3.2}$$

B

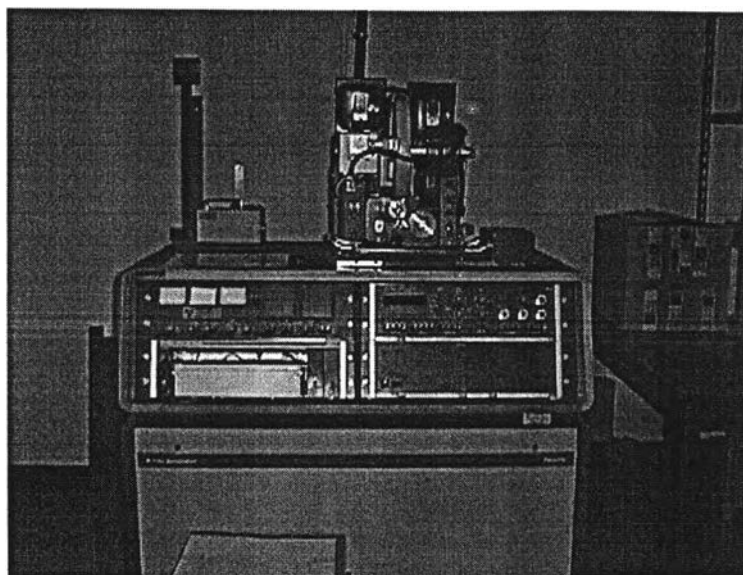
โดยที่ Cr I = crystallinity index หรือ ดัชนีความเป็นผลึก

A = ความสูงของกราฟ ที่ $2\theta = 18^\circ$

B = ความสูงของกราฟ ที่ $2\theta = 22.6^\circ$



รูปที่ 3.3 การเตรียมตัวอย่างผ้าเพื่อทดสอบหาดัชนีความเป็นผลึกด้วยเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน

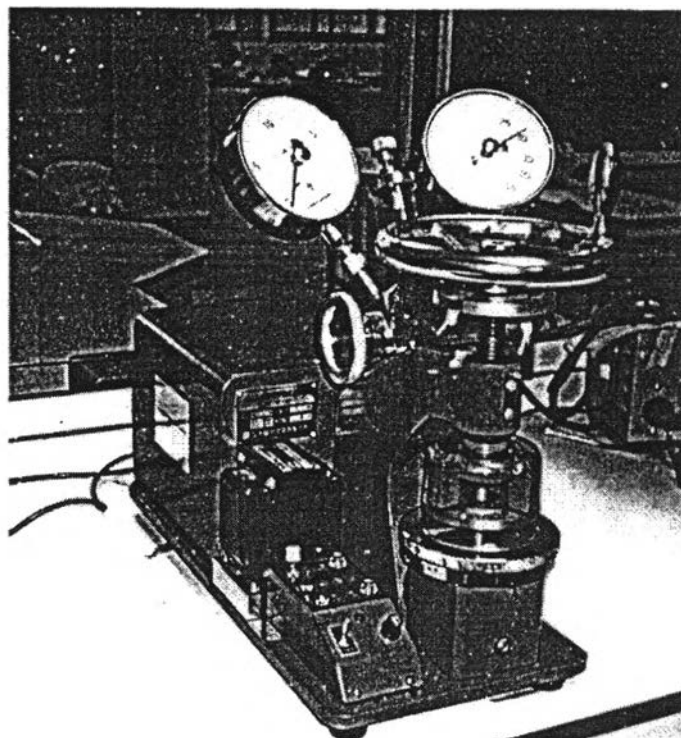


รูปที่ 3.4 แสดงเครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรกโตมิเตอร์

3.3.2.3 การทดสอบหาความแข็งแรงของผ้าถักโดยการวัดค่าความต้านทานแรงดันทะลุของผ้าถัก

ผ้าถักที่ชุบมันและไม่ชุบมันถูกทดสอบหาค่าความต้านทานแรงดันทะลุตามมาตรฐานการทดสอบ ลำดับที่ 19⁽¹⁹⁾ “Diaphragm Bursting Strength and Bursting Distension Testers Method” นำผ้าที่ผ่านการชุบมันและไม่ชุบมัน มาทดสอบโดยไม่ต้องตัดออกเป็นชิ้น ๆ เพื่อทดสอบทีละครั้ง แต่สามารถทดสอบที่ตำแหน่งต่าง ๆ กันบนผ้าผืนหนึ่ง โดยแต่ละตำแหน่งจะต้องห่างกันอย่างน้อย 70 มิลลิเมตร และต้องกระจายออกทั่วทั้งผืนผ้า ในการนี้ควรจะหลีกเลี่ยงริมผ้า รอยยับย่นหรือส่วนที่ถูกวงแหวนของเครื่องทดสอบบีบมาก่อน โดยการวัดค่าความต้านทานแรงดันทะลุจะทำการวางผ้าส่วนที่จะทดสอบลงบนไดอะแกรมของเครื่องทดสอบดังในรูปที่ 3.5 โดยปราศจากแรงดึงและใช้วงแหวนยึดขึ้นทดสอบให้แน่น เดินเครื่องโดยเพิ่มความดันอย่างสม่ำเสมอให้ดันไดอะแกรมไปขึ้นไปดันผ้าจนกระทั่งผ้าขาดใน 30 ± 10 วินาที บันทึกค่าต้านทานแรงดันทะลุ จากนั้นทำการวัดค่าแก้ไขไดอะแกรมโดยทดสอบแบบเดิมแต่ไม่ต้องใส่ชิ้นผ้าทดสอบ เพิ่มความดันจนถึงตำแหน่งที่ผ้าขาดครั้งก่อนแล้วลดความดันลงมาจนเข็มชี้ความดันหยุดเดิน ค่าที่อ่านได้ คือ ค่าแก้ไขไดอะแกรม คำนวณหาค่าความต้านทานแรงดันทะลุแท้จริง จากสมการ 3.3 จากนั้นทำการทดสอบกับตำแหน่งอื่น ๆ ของผ้าแล้วหาค่าเฉลี่ยค่าความต้านทานแรงดันทะลุ

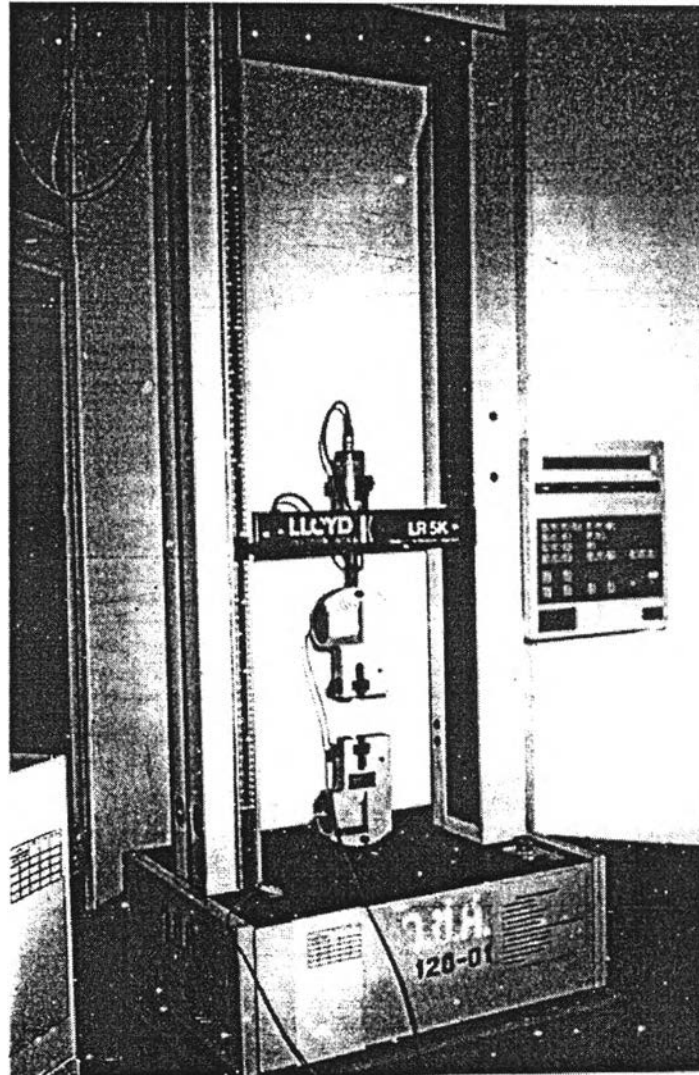
$$\text{ค่าต้านทานแรงดันทะลุแท้จริง} = \text{ค่าต้านทานแรงดันทะลุ} - \text{ค่าแก้ไขไดอะแกรม} \dots\dots\dots \text{สมการ 3.3}$$



รูปที่ 3.5 เครื่องทดสอบหาค่าความต้านทานแรงดึงคันทะลุ

3.3.2.4 การทดสอบหาความแข็งแรงของผ้าทอโดยการวัดค่าแรงดึงขาดผ้าทอ

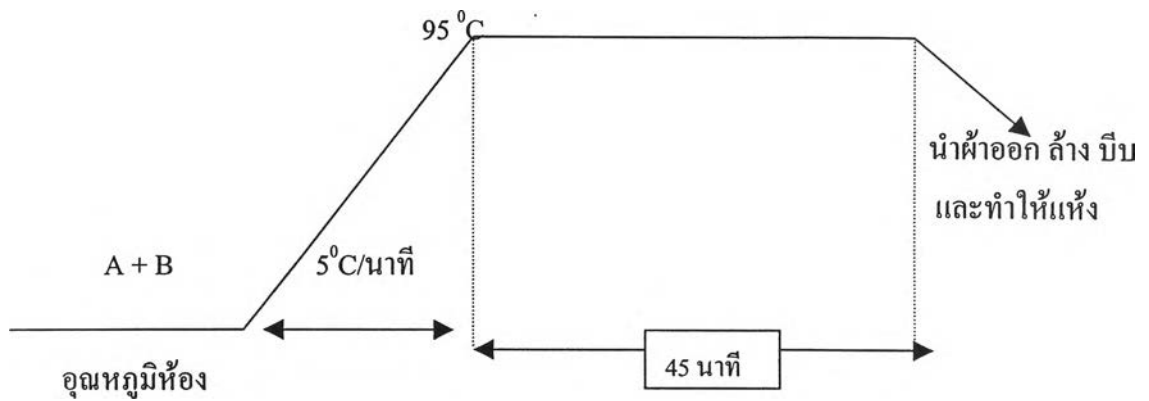
ผ้าทอที่ชุบมันและไม่ได้ชุบมันถูกทดสอบหาความแข็งแรงโดยการวัดค่าแรงดึงขาดตามมาตรฐานการทดสอบ ลำดับที่ 9⁽²⁰⁾ “Breaking Load and Elongation of Woven Fabrics” โดยจะใช้การทดสอบแบบสตรีป แสดงค่าแรงดึงขาด หรือ breaking load และ การยืดตัวที่จุดขาด หรือ breaking elongation ของผ้า ชิ้นตัวอย่างจะถูกตัดตามยาว และตามขวางของผ้า ขนาด ประมาณ 6 x 40 ตารางเซนติเมตร โดยจะต้องตัดเฉลี่ยทั้งผืนผ้า เพื่อเป็นตัวแทนของผ้าตัวอย่าง แล้วทำการเลาะขอบข้าง ๆ ของชิ้นตัวอย่างให้เหลือชิ้นทดสอบจริงประมาณ 5 x 30 ตารางเซนติเมตร และหนีบชิ้นตัวอย่างกับขาจับในเครื่องทดสอบตามรูปที่ 3.6 แล้วเดินเครื่องขึ้นตัวอย่างจะถูกยึดออกด้วยอัตราเร็วคงที่ที่ 100 ± 10 มิลลิเมตร / นาที จนกระทั่งชิ้นตัวอย่างขาดออก แรงดึงขาดและการยืดตัวที่จุดขาดจะถูกบันทึกไว้ ทำการทดสอบซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ยแรงดึงขาดและการยืดตัวที่จุดขาดของผ้าชิ้นนั้น



รูปที่ 3.6 เครื่องทดสอบหาความแข็งแรงผ้าทอ

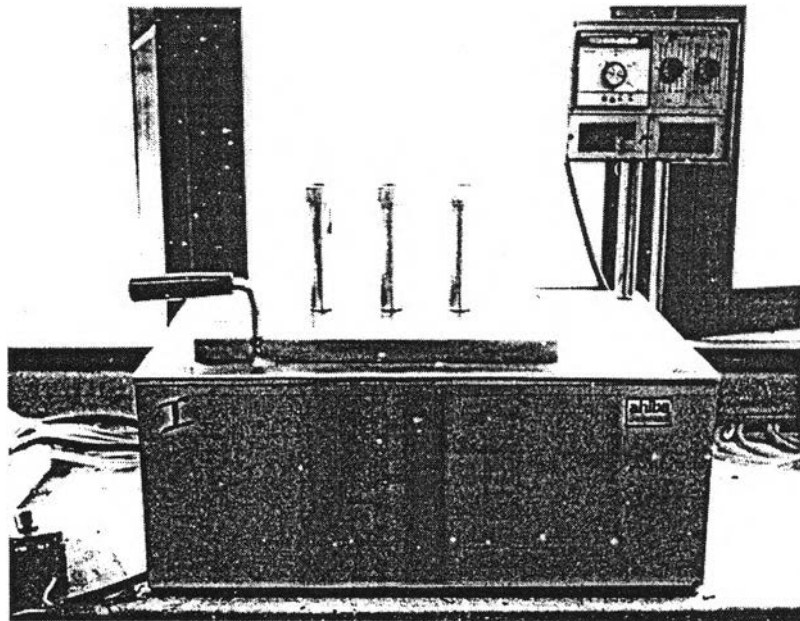
3.3.2.5 การทดสอบหาความสามารถการดูดซึมสีของผ้า

ตัดผ้าขนาด 3 กรัมมาข้อมด้วยสีไคเร็กซ์ Benzopurpurine 4B 1% ของน้ำหนักผ้าหรือ o.w.f. (of weight of fabric) ในเครื่องข้อมขนาดเล็ก Ahiba Polymat รูปที่ 3.8 โดยใช้อัตราส่วนสารละลายสีข้อมต่อผ้า หรือ liquor ratio 30:1 โดยเริ่มข้อมที่อุณหภูมิห้อง และเพิ่มจากอุณหภูมิในอัตรา 5 องศาเซลเซียสต่อ 1 นาที จนถึง 95 องศาเซลเซียส และข้อมต่อที่ 95 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 45 นาที จากนั้นล้างผ้าด้วยน้ำ และตากผ้าให้แห้งตามที่แสดงไว้ในไดอะแกรมที่ 3.1



โดยที่ A = ผ้าตัวอย่างทั้งที่ผ่านการชุบมันและไม่ได้ผ่านการชุบมัน
B = สารละลายสี

ไคอะแกรมที่ 3.1 ขั้นตอนการย้อมผ้า



รูปที่ 3.7 แสดงเครื่องย้อมขนาดเล็ก Ahiba Polymat

นำผ้าย้อมมาวัดความเข้มของสีผ้าด้วยเครื่อง Color System (I.C.S.) Macbeth Reflectance Spectrophotometer ดังรูปที่ 3.8 โดยทำการวัดที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร เนื่องจากเป็น

ความยาวคลื่นแสงที่สีชนิดนี้ดูดซับไว้มากที่สุด (λ_{max}) เครื่องจะแสดงค่าความเข้มของสีผ้าเป็นค่า K / S จากสมการของ Kubelka Munk^(3, 21) ดังในสมการที่ 3.4 แสดงให้เห็นว่าค่า K / S แปรผกผันกับค่า R และค่า R แปรผกผันกับความเข้มของสีผ้า คือ ผ้าสีเข้มจะมีค่า K / S สูง ผ้าสีอ่อนจะมีค่า K / S ต่ำ

$$K/S = \frac{(1 - R)^2}{2R} \quad \dots\dots\dots\text{สมการ 3.4}$$

โดยที่ K : absorption coefficient

S : scattering coefficient

R : การสะท้อนของผ้า ณ ความยาวคลื่นที่ สูดซับมากที่สุด (λ_{max})

วัดความเข้มของสีผ้าซ้ำคนละตำแหน่งในผ้าชิ้นเดียวกันแล้วหาค่าเฉลี่ยของความเข้มของสีผ้าผืนนั้น



รูปที่ 3.8 I.C.S. Macbeth Spectrophotometer (Color-Eye 7000)

3.3.3 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าเบรียมแอกทิวิตีและค่าดัชนีความเป็นผลึก / ค่าความแข็งแรงของผ้า / ค่าความเข้มของสีผ้า

หลังจากที่ผ้าฝ้ายดกและผ้าฝ้ายทอรวมกัน 3 ชนิดถูกชุบมันและทดสอบหาค่าเบรียมแอกทิวิตี ค่าดัชนีความเป็นผลึก ค่าความแข็งแรงของผ้า และค่าความเข้มของสีผ้าแล้ว ได้นำค่าที่ทดสอบได้มาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ 3 กราฟ คือ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเบรียมแอกทิวิตีกับค่าดัชนีความเป็นผลึกของผ้า กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเบรียมแอกทิวิตีกับค่าความแข็งแรงของผ้า และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเบรียมแอกทิวิตีกับค่าความเข้มของสีผ้า วิเคราะห์ความสัมพันธ์ทั้งสามกราฟของผ้าฝ้ายแต่ละชนิด

3.3.4 การทดลองซ้ำ

หลังจากที่ได้ทำการชุบมันผ้าและทดสอบหาค่าเบรียมแอกทิวิตี ค่าดัชนีความเป็นผลึก ค่าความแข็งแรงของผ้า และค่าความเข้มของสีผ้า ของผ้าทั้ง 3 ผืนแล้วเลือกผ้ามา 1 ตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบซ้ำใหม่อีก 2 ครั้งเพื่อศึกษาว่าความสัมพันธ์ของกราฟที่กล่าวไว้ใน 3.3.3 นั้นยังคงเหมือนเดิมทุกครั้งที่ทำการชุบมันและทดสอบผ้าหรือไม่เพื่อที่จะสามารถยืนยันว่าสามารถใช้ค่าดัชนีความเป็นผลึกของผ้า ค่าความแข็งแรงของผ้า และความเข้มของสีผ้า เป็นตัวบอกค่าเบรียมแอกทิวิตีหรือระดับการชุบมันตามกราฟความสัมพันธ์ทั้ง 3 กราฟของผ้าแต่ละชนิดได้ จึงได้เลือกผ้าฝ้ายดกเบอร์ด้าย 20/1 มาเป็นตัวแทนในการทดลองซ้ำ โดยจะเลือกภาวะของการชุบมันจาก A ถึง K ดังตารางที่ 3.2 เพื่อที่จะได้ค่าเบรียมแอกทิวิตีที่แตกต่างกันกระจายกันตั้งแต่ 90 ถึง 170

ตารางที่ 3.2 แสดงภาวะในการชุบมันในการทดลองซ้ำครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 2

อุณหภูมิ	ภาวะที่ใช้ในการชุบมัน			
	40°C	30°C	20°C	15°C
ความเข้มข้น				
ไม่ชุบมัน	A			
10 % NaOH	B			H
15 % NaOH	C			
20 % NaOH		E		I
25 % NaOH	D			J
30 % NaOH		F	G	K

3.3.5 การศึกษาเปรียบเทียบผลการชุบมันแบบให้แรงดึงและไม่ให้แรงดึงผ้า

ผ้าฝ้ายดักเบอร์ด้วย 20/ 1 ถูกเลือกมาทำการชุบมันที่ ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15% อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 วินาที ณ ภาวะที่ให้แรงดึงผ้าเป็นเวลา 10 นาที และไม่ให้แรงดึงผ้า

จากนั้นนำผ้าทั้งสองผืนไปทำการทดสอบหาค่าแบเรียมแอกทิวิตี ค่าดัชนีความเป็นผลึก ค่าความแข็งแรงของผ้า และค่าความเข้มสีผ้า เปรียบเทียบกับผลข้างต้นที่ได้ทำมา แล้ววิเคราะห์ผลกระทบของแรงดึงผ้าต่อการชุบมัน

3.3.6 การเตรียมผงเซลลูโลสผลึกขนาดเล็ก^(36,42)

ทำการเตรียมผงเซลลูโลสขนาดเล็กหรือ microcrystalline cellulose powder โดยนำผ้าฝ้ายทั้ง 3 ชนิดมาประมาณ 5 กรัม ตัดให้เป็นชิ้นละเอียดพอประมาณ เทกรดไฮโดรคลอริก 2.5 นอร์มัล จำนวน 250 มิลลิลิตรให้ท่วมผ้าตัวอย่างที่ตัดไว้แล้วใส่ในภาชนะปิด หลังจากนั้นให้ความร้อนแก่กรดโดยการนำขวดที่ใส่กรดและผ้าไปแช่ในอ่างกลีเซอลีนและให้ความร้อนแก่อ่างกลีเซอลีนประมาณ 100 องศาเซลเซียส โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 2 ชั่วโมงหรือจนผ้าเปลี่ยนเป็นผง หลังจากนั้นเทกรดและผ้าออกจากภาชนะ ผ่านกรวยบุษเนอร์และดูดกรดออกให้หมดโดยใช้ซัคชั่น ล้างด้วยสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เจือจาง และล้างด้วยน้ำกลั่นที่เดือดอย่างน้อยประมาณ 5 ครั้ง รอนซัคชั่นคูลน้ำออกจนหมด นำผ้าตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะได้ตัวอย่างออกมาในลักษณะที่เป็นผงสีขาวซึ่งในกรณีนี้คือเซลลูโลสผลึก 100% หรือ microcrystalline cellulose จากนั้นจะนำไปทดสอบหาระดับของการพอลิเมอไรเซชัน หรือ degree of polymerization (DP) ด้วยวิธีการวัดค่า อินทรินซิกวิสคอสิตี (intrinsic viscosity) ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM Test Method ที่ D1795⁽⁴¹⁾ และทำการคำนวณระดับของการพอลิเมอไรเซชันโดยประมาณ จากสมการที่ 3.5

$$DP = 190 \times \text{intrinsic viscosity} \dots\dots\dots \text{สมการ 3.5}$$

จากนั้นนำผงเซลลูโลสผลึกนี้ไปทดสอบหาค่าดัชนีความเป็นผลึก ด้วยเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน เพื่อเป็นค่าอ้างอิง ค่าดัชนีความเป็นผลึกของผงเซลลูโลสผลึก 100% เทียบกับค่าดัชนีความเป็นผลึกของผ้าชุบมันอื่น ๆ เพื่อหาปริมาณผลึกและปริมาณอสัณฐานของผ้าอื่น ๆ หลังชุบมัน