บทที่ 3
การทดลอง

3.1 วัสดุและสารเคมี

3.1.1 ผ้าไหมทอ

ผ้าที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นผ้าไหมทอลายขัดด้วยเครื่องจักรจากห้างหุ้นส่วนจำกัดธนไพศาล ผ่านการลอกกาวแล้ว มีน้ำหนักผ้า 50 กรัมต่อตารางเมตร จำนวนเส้นด้ายยืน 124 เส้นต่อนิ้ว จำนวนเส้นด้ายพุ่ง 110 เส้นต่อนิ้ว เส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งมีขนาด 60-66 ดีเนียร์

3.1.2 เส้นไหม

เส้นไหมที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นเส้นไหมดิบสีเหลืองไทยลูกผสม (ระหว่างไทยและญี่ปุ่น) พันธุ์ดอกบัวและเป็นเส้นไหมที่สาวด้วยมือ จากศูนย์วิจัยหม่อนไหมศรีสะเกษ

3.1.3 สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัยนี้แสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายการสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

สารเคมี	ผู้จำหน่าย
Procion Turquoise H-A (CI.Reactive Blue 71)	DyStar Thai Ltd.
Procion Blue H-EGN (CI.Reactive Blue 198)	
Procion Red H-E7B (CI.Reactive Red 141)	
กรด-แอลกลูตามิค	Fluka, Switzerland
เอนไซม์โปรตีเอส จาก aspergillus oryzae (แอคติวิตี 14,000 หน่วยต่อกรัม	Trade TCI Mark, Japan
โซเดียมแอซิเตต	Fluka, Switzerland
กรดแอซีติก	Merck, Germany
โซเดียมคาร์บอเนต	Merck, Germany
โซเดียมฟอสเฟต	BDH Laboratory Supplies, England
โปแตสเซียมฟอสเฟต	Analytical UNIVAR Reagent, Australia
สารช่วยเปียกไม่มีประจุ	-
ผงซักฟอกมาตรฐาน (ISO 105:1989:co1 to co5) ชนิดไม่มี OBA (optical brightening agent)	SDC ENTERPRISES Ltd.

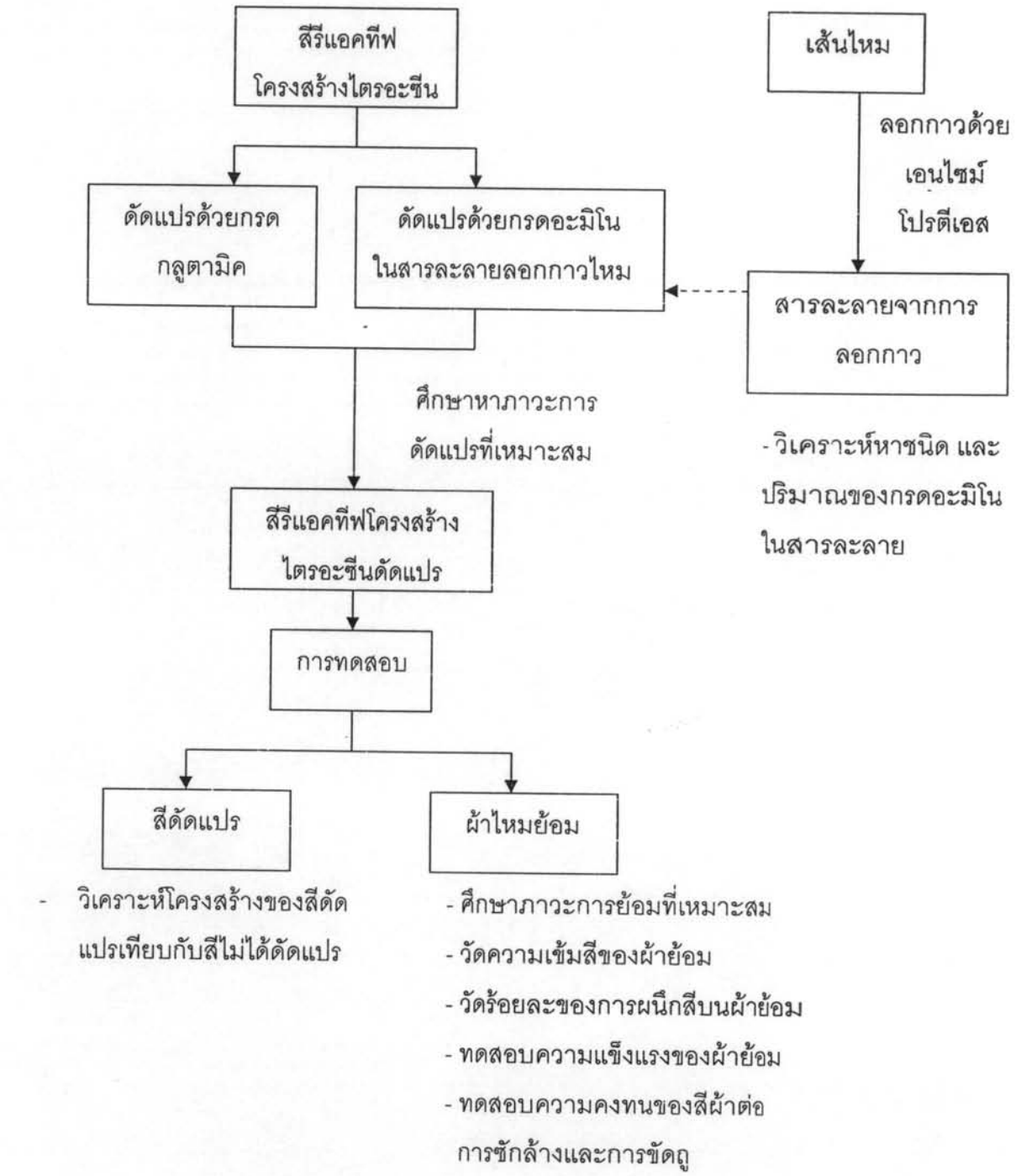
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้แสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 รายการเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

อุปกรณ์/เครื่องมือ	เครื่องหมายการค้าและรุ่น	ผู้จำหน่าย
เครื่องวัดพีเอช	Eutech Instrument ,pH Test 20 BNC	Eutech Instruments PTE Ltd., Singapore
อ่างเขย่า	Labtec,model L-24P-1	Newave Lab Equipments Co.,Ltd., Taiwan
เครื่องย้อมและกระบอกย้อม	Labtec,model H+24M	Newave Lab Equipments Co.,Ltd., Taiwan
เครื่องวัดสี	COLOUR-EYE 7000	Macbeth, Germany
เครื่องทดสอบความต้านแรงฉีกขาด	LLOYD LR 100K	Intro Enterprise Co.,Ltd., Thailand
เครื่องทดสอบความคงทนต่อการซัก	Gyrowash	James H.Heal & Co,Ltd. Halifax, England
เครื่องทดสอบความคงทนต่อการขัดถู	AATCC Crockmeter	ATLAS ELECTRIC DEVICES Co.,Ltd., USA
FTIR spectrophotometer	Perkin Elmer, Spectrum One	Perkin Elmer, USA
High Performance Liquid Chromatography	Waters Alliance 2695 with heater system and Water 2475 Multi λ fluorescence detector	Agilent Technologies, USA
ตู้แสงมาตรฐาน	VeriVide Model AC 60	Leslie Hubble Limited, England

3.3 ขอบเขตการทดลอง



แผนภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการทดลอง

3.4 การทดลอง

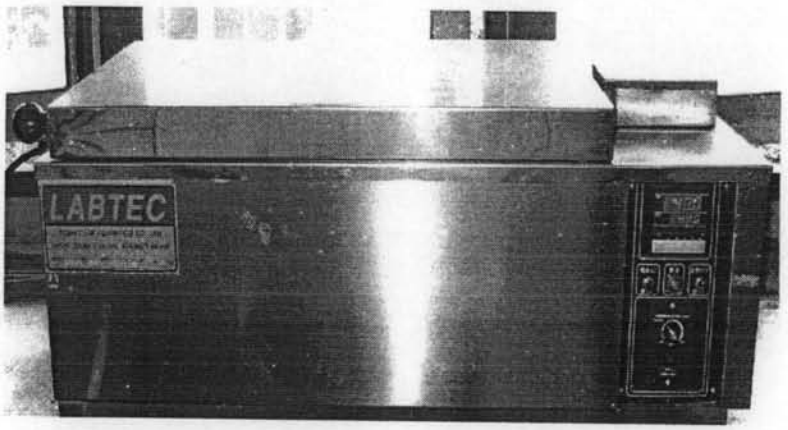
การทดลองนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การดัดแปรสีรีแอคทีฟโครงสร้างไตรอะซีนด้วยกรดกลูตามิค และการดัดแปรสีรีแอคทีฟโครงสร้างไตรอะซีนด้วยสารละลายจากการลอกกาวไหม ทั้งนี้เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของการดัดแปรสีด้วยกรดอะมิโนชนิดเดียว คือ กรดกลูตามิค กับ การดัดแปรสีด้วยกรดอะมิโนหลายชนิดผสมกัน คือ กรดอะมิโนต่างๆ ที่เกิดจากการลอกกาวไหมด้วยเอนไซม์โปรตีเอส นอกจากนี้ยังเป็นการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการลอกกาวไหมมาใช้ในการดัดแปรสี

3.4.1 การดัดแปรสีรีแอคทีฟโครงสร้างไตรอะซีนด้วยกรดกลูตามิค

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการดัดแปรสีรีแอคทีฟที่มีโครงสร้างไตรอะซีนด้วยกรดกลูตามิค ในการทดลอง จะทำการหาภาวะการดัดแปรที่เหมาะสม โดยจะศึกษาปัจจัยต่างๆ คือ อัตราส่วนของกรดกลูตามิคต่อสี, พีเอช , เวลา และอุณหภูมิ

3.4.1.1 อัตราส่วนของกรดกลูตามิคต่อสีในการดัดแปรสีรีแอคทีฟ

ผสมสีรีแอคทีฟ Procion Turquoise H-A 0.5 กรัม และกรดกลูตามิคในปริมาณที่ต่างๆกัน คือ ที่ 1, 2, 3 และ 4 กรัม ปรับพีเอชของสารละลายให้ได้เท่ากับ 9 ด้วยผงโซเดียมคาร์บอเนต พร้อมกับปรับปริมาตรของสารละลายด้วยน้ำจนได้ปริมาตรทั้งหมดเท่ากับ 100 มิลลิลิตร กวนสารละลายให้ทั่วจนสารเคมีและสีละลายหมดเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเทสารละลายสีลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร และนำไปแช่ในอ่างเขย่า (รูปที่ 3.1) ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง



รูปที่ 3.1 อ่างเขย่า

3.4.1.2 **ค่าพีเอชในการดัดแปรสีรีแอคทีฟ**

ผสมสี Procion Turquoise H-A 0.5 กรัม และกรดกลูตามิค 2 กรัม ในน้ำโดยปรับปริมาตรของสารละลายให้ได้ปริมาตรทั้งหมดเท่ากับ 100 มิลลิลิตร พร้อมกับปรับพีเอชของสารละลายให้ได้ค่าต่างๆ กัน คือ 8, 9 และ 10 ด้วยผงโซเดียมคาร์บอเนต กวนสารละลายให้ทั่วจนสารเคมีและสีละลายหมดเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเทสารละลายสีลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร และนำไปแช่ในอ่างเขย่า ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

3.4.1.3 **เวลาในการดัดแปรสีรีแอคทีฟ**

ผสมสี Procion Turquoise H-A 0.5 กรัม และกรดกลูตามิค 2 กรัม ปรับพีเอชของสารละลายให้ได้เท่ากับ 9 ด้วยผงโซเดียมคาร์บอเนตพร้อมกับปรับปริมาตรของสารละลายด้วยน้ำจนได้ปริมาตรทั้งหมดเท่ากับ 100 มิลลิลิตร กวนสารละลายให้ทั่วจนสารเคมีและสีละลายหมดเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเทสารละลายสีลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร และนำไปแช่ในอ่างเขย่า ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่างๆ กัน คือ 0, 2, 4, 6, 8 และ 24 ชั่วโมง

3.4.1.4 **อุณหภูมิในการดัดแปรสีรีแอคทีฟ**

ผสมสี Procion Turquoise H-A 0.5 กรัม และกรดกลูตามิค 2 กรัม ปรับพีเอชของสารละลายให้ได้เท่ากับ 9 ด้วยผงโซเดียมคาร์บอเนตพร้อมกับปรับปริมาตรของสารละลายด้วยน้ำจนได้ปริมาตรทั้งหมดเท่ากับ 100 มิลลิลิตร กวนสารละลายให้ทั่วจนสารเคมีและสีละลายหมดเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเทสารละลายสีลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร และนำไปแช่ในอ่างเขย่า ที่อุณหภูมิต่างๆ กัน คือ 28, 40 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

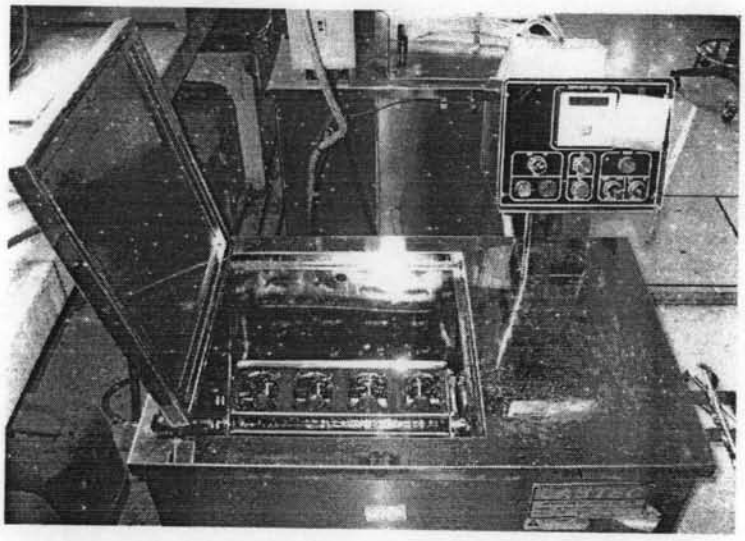
สารละลายสีรีแอคทีฟดัดแปรที่เตรียม ณ ภาวะต่างๆ จะถูกนำมาใช้ในการย้อมผ้าไหมตามวิธีการย้อมที่แสดงไว้ใน 3.5.3 เพื่อศึกษาหาภาวะการดัดแปรสีที่เหมาะสม

3.4.2 **การดัดแปรสีรีแอคทีฟโครงสร้างไตรอะซีนด้วยสารละลายจากการลอกกาวไหม**

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการลอกกาวไหมด้วยเอนไซม์โปรตีเอสแล้วนำสารละลายที่ได้จากการลอกกาวมาดัดแปรสีรีแอคทีฟโครงสร้างไตรอะซีน ซึ่งจะศึกษาหาภาวะการดัดแปรที่เหมาะสมเช่นเดียวกันกับการดัดแปรสีด้วยกรดกลูตามิค

3.4.2.1 การลอกกาวไหมด้วยเอนไซม์โปรตีเอส

เตรียมสารละลายลอกกาว โดยละลายสารช่วยเปียกไม่มีประจุความเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตร ในน้ำกลั่นปริมาตรเล็กน้อย ปรับพีเอชของสารละลายให้ได้เท่ากับ 7 ด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ผสมระหว่างโซเดียมฟอสเฟต 0.033 โมล และโปแตสเซียมฟอสเฟต 0.033 โมล แล้วเติมเอนไซม์โปรตีเอสความเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตร ลงไปในสารละลายพร้อมทั้งปรับปริมาตรของสารละลายตามอัตราส่วนของน้ำหนักไหมต่อสารละลายเท่ากับ 1:50 (liquor ratio) จากนั้นเติมเส้นไหมลงไปกระทำการลอกกาวเส้นไหมในเครื่องย้อม Labtec แสดงในรูปที่ 3.2 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำเส้นไหมแยกออกจากสารละลาย และนำสารละลายที่ได้จากการลอกกาวไหมมาใช้เป็นสารสำหรับดัดแปรสีรีแอคทีฟโครงสร้างไตรอะซีนต่อไป ในการทดลองนี้จะศึกษาหาปริมาณเส้นไหมที่เหมาะสมสำหรับการลอกกาวเพื่อให้เกิดปริมาณกรดอะมิโนเพียงพอสำหรับใช้ในการดัดแปรสีรีแอคทีฟ โดยได้ทดลองลอกกาวเส้นไหมปริมาณแตกต่างกันตามน้ำหนัก คือ 4, 8 และ 10 กรัม นอกจากนี้ศึกษาหาภาวะการดัดแปรที่เหมาะสม โดยศึกษาปัจจัยในการดัดแปรต่างๆ คือ เวลา และอุณหภูมิ ที่ใช้ในการดัดแปรสีรีแอคทีฟ



รูปที่ 3.2 เครื่องย้อม Labtec

3.4.2.2 เวลาในการดัดแปรสีรีแอคทีฟ

นำสารละลายจากการลอกกาวเส้นไหม 8 กรัม ปริมาตร 100 มิลลิลิตร มาปรับพีเอชให้ได้เท่ากับ 9 ด้วยผงโซเดียมคาร์บอเนตพร้อมกับผสมสี Procion Turquoise H-A 0.5 กรัม ลงในสารละลาย กวนจนละลายเป็นเนื้อเดียวกันแล้วจึงปรับปริมาตรของสารละลายด้วยน้ำจนได้ปริมาตรทั้งหมดเท่ากับ 100 มิลลิลิตร จากนั้นเทสารละลายสีลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250

มิลลิลิตร และนำไปแช่ในอ่างเขย่า ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่างๆ กัน คือ 0, 2, 4, 6, 8 และ 24 ชั่วโมง

3.4.2.3 อุณหภูมิในการดัดแปรสีรีแอคทีฟ

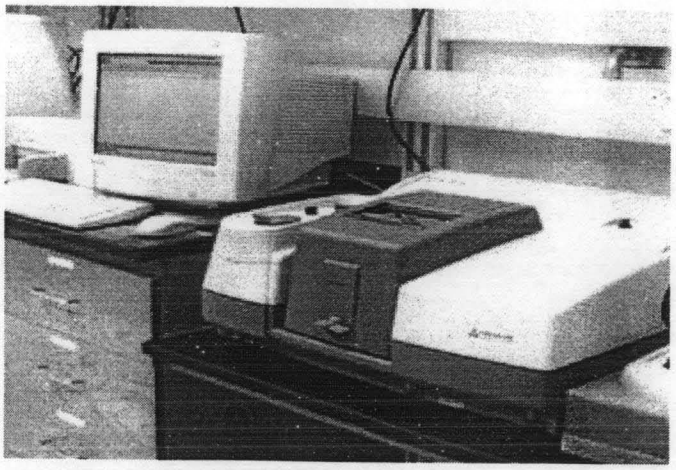
นำสารละลายจากการลอกกาวไหมที่ได้จากเส้นไหมปริมาณ 8 กรัม ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ปรับพีเอชของสารละลายให้ได้เท่ากับ 9 ด้วยผงโซเดียมคาร์บอเนต ผสมสี Procion Turquoise H-A 0.5 กรัมกวนสารละลายและสีจนหมดเป็นเนื้อเดียวกัน ปรับปริมาตรของสารละลายด้วยน้ำจนได้ปริมาตรทั้งหมดเท่ากับ 100 มิลลิลิตร จากนั้นเทสารละลายสีลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร และนำไปแช่ในอ่างเขย่า ที่อุณหภูมิต่างๆกัน คือ อุณหภูมิห้อง, 40 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

สารละลายสีรีแอคทีฟดัดแปรที่เตรียม ณ ภาวะต่างๆ จะถูกนำมาใช้ในการย้อมผ้าไหมตามวิธีการย้อมที่แสดงไว้ใน 3.5.3 เพื่อศึกษาหาภาวะการดัดแปรสีที่เหมาะสม

3.5 การทดสอบ

3.5.1 การวิเคราะห์สีรีแอคทีฟดัดแปรด้วยเครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

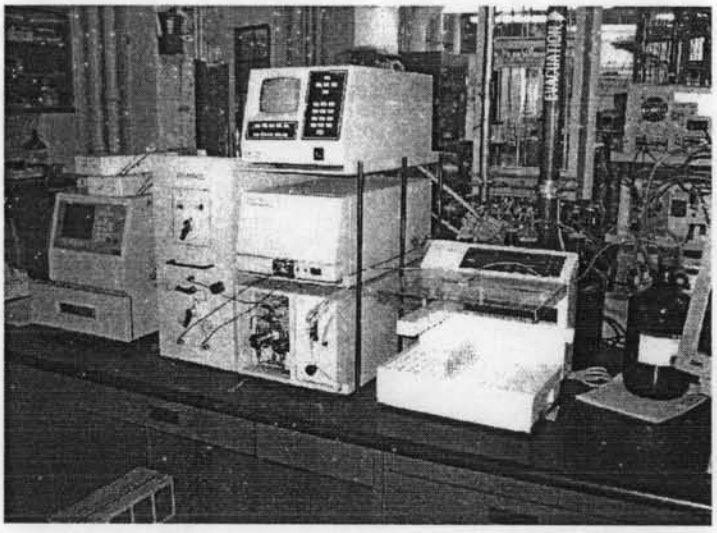
นำสารละลายสีรีแอคทีฟที่เตรียมได้จากข้อ 3.4.1 และ 3.4.2 มาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จากนั้นนำผงสีที่ได้ไปวิเคราะห์โครงสร้างเปรียบเทียบกับสีที่ไม่ได้ดัดแปร ด้วยเครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ เครื่องหมายทางการค้า Perkin Elmer รุ่น Spectrum One วิเคราะห์ที่ช่วงความถี่ 4000-450 cm^{-1} resolution เท่ากับ 4.0 cm^{-1} เฉลี่ย 16 สแกน แสดงรูปเครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ แสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 เครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

3.5.2 การวิเคราะห์ปริมาณและชนิดของกรดอะมิโนที่ได้จากการลอกกาวไหมด้วยเทคนิค HPLC (High Performance Liquid Chromatography)

นำสารละลายที่ได้จากการลอกกาวไหม มาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC (High Performance Liquid Chromatography) เครื่องหมายทางการค้า Waters Alliance 2695 with heater 2475 Multi λ fluorescence Detector (EX:250, EM:395 นาโนเมตร) AccQ-Tag column (3.9 x 150 มิลลิเมตร particle size 4 ไมโครเมตร) ควบคุมที่อุณหภูมิ 37±1 องศาเซลเซียส ตามวิธีการทดสอบ " In-house method based on J. of AOAC,Vol.78 No.3, 1995 ZCIE T001)" และทำการทดสอบแบบ Free Amino Acid โดยทำการวิเคราะห์หาปริมาณของกรดอะมิโน 15 ชนิด ในสารละลายจากการลอกกาวไหมประกอบด้วย แอสพาทิค, เซรีน, กลูตามิค, ไกลซีน, ฮิสทีดีน, อาร์จินีน, เทอร์โอนีน, อาลานีน, โพรลีน, ไทโอร์ซีน, วาลีน, ไลซีน, ไอโซลิวซีน, ลิวซีน และ ฟีนิวลานีน เริ่มจากการนำสารละลายที่จะวิเคราะห์มาทำการเพิ่มความเข้มข้นของสารด้วยเครื่องทำแห้งแบบเยือกแข็ง หลังจากนั้นเติมกรดอัลฟา-บิวเทอร์ริก 10 ไมโครลิตร ในสารละลายพร้อมกับบอเรตบัฟเฟอร์ 70 ไมโครลิตร และสาร AccQ-fluor 20 ไมโครลิตร เพื่อการทำอนุพันธ์ของกรดอะมิโน จากนั้นให้ความร้อนกับสารละลายที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ใน heating block แล้วจึงดูดสารละลายมา 5 ไมโครลิตร ไปวิเคราะห์หาปริมาณของกรดอะมิโนต่างๆ ด้วยเครื่อง HPLC



รูปที่ 3.4 เครื่อง HPLC (High Performance Liquid Chromatography)

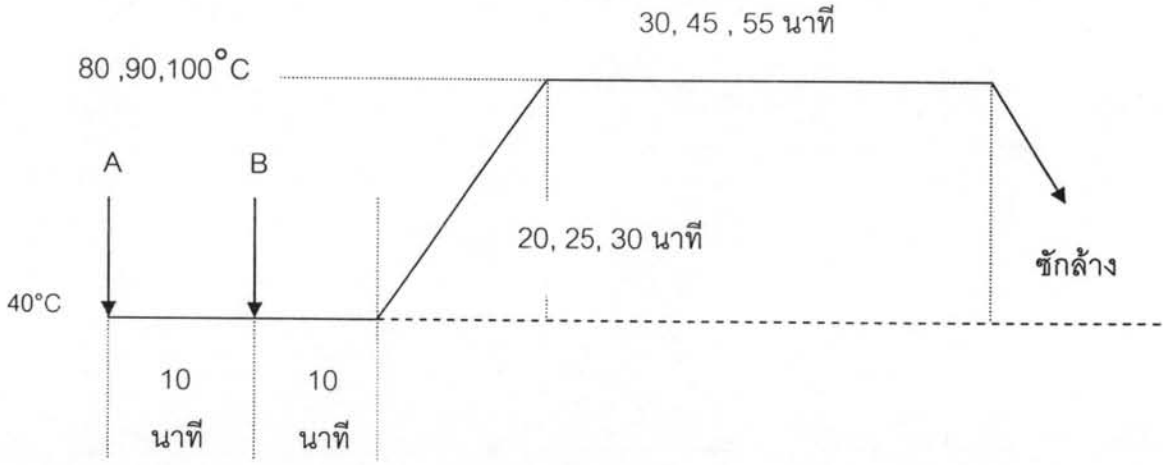
3.5.3 การย้อมผ้าไหมด้วยสีรีแอคทีฟ

สีรีแอคทีฟที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นสีสำหรับย้อมผ้าฝ้าย การนำมาย้อมผ้าไหมหรือดัดแปรสีแล้วนำมาย้อมผ้าไหมควรทำการศึกษาหาภาวะการย้อมที่เหมาะสมใหม่ โดยศึกษาปัจจัยการย้อมต่างๆ คือ พีเอช, อุณหภูมิ และเวลา

สีรีแอคทีฟที่ผ่านการดัดแปรและที่ไม่ผ่านการดัดแปรถูกนำมาย้อมผ้าไหมเพื่อวิเคราะห์หาความสามารถในการย้อมติดสี ใช้อัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลายสี (Liquor ratio)เท่ากับ 1:30 โดยเริ่มจากการเติมสารละลายโซเดียมอะซิเตต 2 กรัมต่อลิตร และแช่ผ้าลงในกระบอกย้อมของเครื่องย้อม Labtec ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นปรับพีเอชของสารละลายที่ค่าพีเอชต่างๆ คือ 3, 4 และ 5 ด้วยกรดแอซีติกเข้มข้นแล้วเติมสีย้อมความเข้มข้นต่างๆ คือร้อยละ 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 ของน้ำหนักผ้าลงในกระบอกย้อม ย้อมต่อไปอีก 10 นาที เพิ่มอุณหภูมิการย้อมเป็นอุณหภูมิต่างๆ คือ 80, 90 และ 100 องศาเซลเซียส ในเวลา 20, 25 และ 30 นาที ตามลำดับ (อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียสต่อนาที) และคงอุณหภูมินั้นที่เวลาการย้อมต่างๆ คือ เวลา 30, 45 และ 50 นาที ขั้นตอนการย้อม แสดงในรูปที่ 3.5

จากนั้นนำผ้าที่ย้อมไปซักล้างด้วยสารละลายที่มีสารช่วยเปียกไม่มีประจุ 2 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เพื่อกำจัดสีที่ไม่ผนึกติดบนผ้าออกไป นำผ้าไปล้างด้วยน้ำ แล้วตากให้แห้ง

โดยในการทดสอบจะทำการทดสอบซ้ำ 2 ครั้ง ครั้งละ 2 ผืน



อัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลาย (liquor ratio) คือ 1:30

A คือ สารละลายโซเดียมแอซิเตต ผ้า และ ปรับพีเอชเป็น 3, 4 และ 5 ด้วยกรดอะซิติก

B คือ สีรีแอคทีฟก่อนและหลังการดัดแปร

รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการย้อมผ้าไหมด้วยสีรีแอคทีฟ

3.5.4 การวัดค่าความเข้มของสีผ้าหลังการย้อม (color strength หรือ K/S)

ผ้าไหมที่ผ่านการย้อมแล้วจะถูกนำมาวัดหาค่าความเข้มของสีผ้า (color strength หรือ K/S) โดยใช้เครื่องวัดสี Reflectance Spectrophotometer ของ Macbeth รุ่น Color-Eye 7000 แสดงในรูปที่ 3.6 ทำการวัดหาค่า K/S ของผ้า ณ ความยาวคลื่น 670 นาโนเมตร ซึ่งเป็นความยาวคลื่นที่สีนี้ดูดกลืนแสงมากที่สุด ผ้าแต่ละชิ้นจะถูกพับ 2 ทบ เพื่อวัด K/S ของผ้า 5 ตำแหน่ง ทดสอบซ้ำ 2 ครั้งครั้งละ 2 ผืน แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

รูปที่ 3.6 เครื่องวัดสี Macbeth Color-Eye 7000 Spectrophotometer

ค่า K/S สามารถคำนวณได้จาก สมการของ Kubelka Munk ดังนี้

$$K/S = (1-R)^2 / 2R \qquad \text{สมการที่ 3.1}$$

K คือ สัมประสิทธิ์การดูดกลืน

S คือ สัมประสิทธิ์การกระจายตัว

R คือ แฟคเตอร์ของการสะท้อนแสงของผ้าที่ความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนสูงสุด

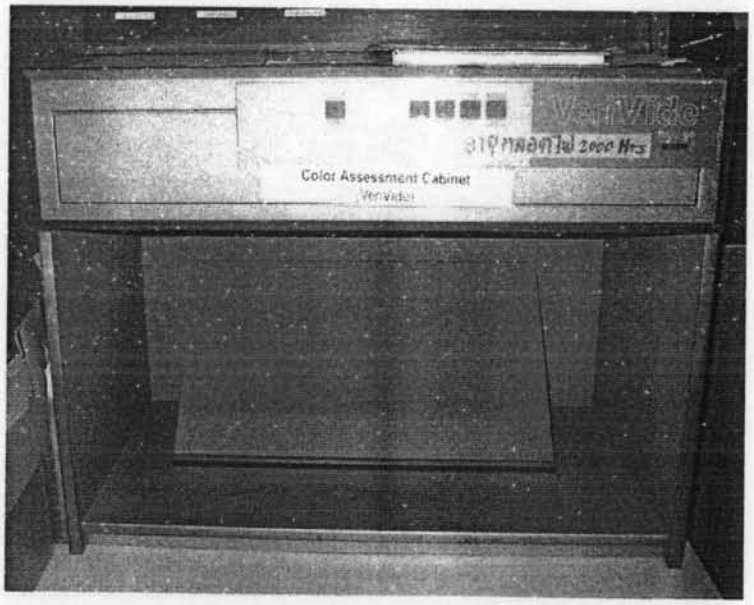
ในกระบวนการย้อมเดียวกัน ผ้าที่มีค่า K/S มากกว่า จะมีเฉดสีเข้มกว่าผ้าที่มีค่า K/S ต่ำกว่า

3.5.5 การวัดหาร้อยละการผนึกสีบนผ้าย้อม (% Dye fixation)

นำผ้าที่ผ่านการย้อมทั้งก่อนและหลังการซักล้างมาทำการวัดหาค่า K/S ด้วยเครื่องวัดสี Reflactance Spectrophotometer ของ Macbeth รุ่น Color-Eye 7000 ที่ความยาวคลื่น 670 นาโนเมตร ซึ่งผ้าแต่ละชิ้นจะถูกพับ 2 ทบ เพื่อวัดค่า K/S ของผ้า 5 ตำแหน่ง ทดสอบซ้ำ 2 ครั้ง ครั้งละ 2 ผืน แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อหาร้อยละของการผนึกสี (fixation) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากการเปรียบเทียบค่า K/S ของผ้าย้อมก่อน และหลังซักล้าง ดังแสดงในสมการที่ 3.2

$$\text{ร้อยละของการผนึกสี} = \frac{\text{K/S ของผ้าหลังซักล้าง} \times 100}{\text{K/S ของผ้าก่อนซักล้าง}} \qquad \text{สมการที่ 3.2}$$

ผ้าที่มีค่าร้อยละของการผนึกสีสูง แสดงว่ามีปริมาณสีย้อมผนึกติดบนผ้ามาก หรือผ้าสามารถดูดซับสีย้อมได้มากนั่นเอง นอกจากนี้มีการตรวจดูความสม่ำเสมอของสีบนผ้าในตู้แสงมาตรฐาน VeriVide ภายใต้แสงอาทิตย์จำลองจากหลอดไฟที่มีการกระจายแสงเหมือน illuminant D65 (Day light 6500K) แสดงในรูปที่ 3.7



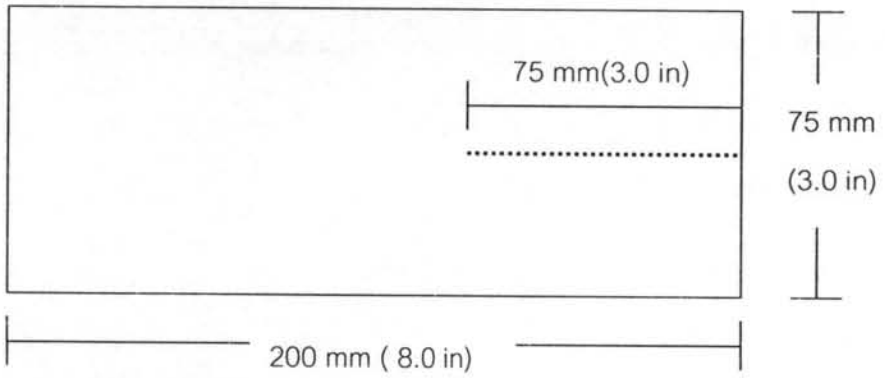
รูปที่ 3.7 ตู้แสงมาตรฐาน

3.5.6 การทดสอบความต้านทานต่อแรงฉีกขาด (Tear strength)

การทดสอบความแข็งแรงของผ้าในงานวิจัยนี้เป็นการทดสอบหาความต้านทานต่อแรงฉีกขาด ตามมาตรฐาน ASTM D 2261 "Tearing Strength of Fabrics by the Tongue (Single Rip) Procedure"

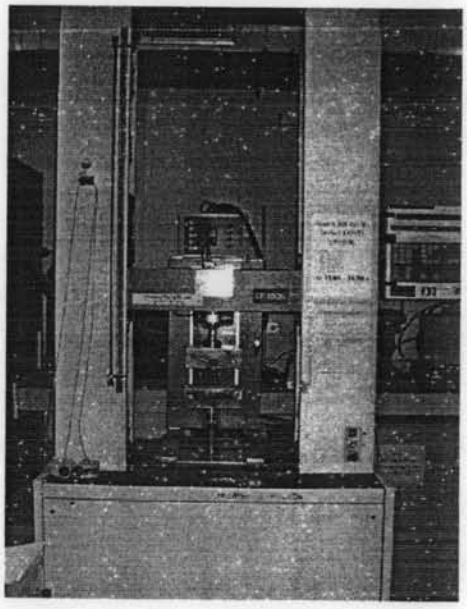
ความต้านทานแรงฉีกขาดเป็นแรงที่ใช้ในการทำให้ผ้าขาด โดยแรงที่ใช้นั้นจะตั้งฉากกับเส้น ด้ายที่ต้องการทำให้ฉีกขาด

การทดสอบความต้านทานแรงฉีกขาดของผ้านี้ ใช้ชิ้นทดสอบซึ่งมีขนาดกว้าง 75 มิลลิเมตร และยาว 200 มิลลิเมตร และตัดผ้ากึ่งกลางของด้านที่แคบกว่าลึกเข้าไปยาว 75 มิลลิเมตร ตามแนวเส้นด้าย จำนวนชิ้นทดสอบตัดตามแนวด้ายยืน 5 ชิ้น และตัดตามแนวด้ายพุ่ง 5 ชิ้นต่อ 1 ตัวอย่าง แสดงตัวอย่างชิ้นทดสอบในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ตัวอย่างชิ้นทดสอบสำหรับการทดสอบความต้านทานแรงฉีกขาด

ทดสอบความแข็งแรงของผ้าด้วยเครื่อง LLOYD LR 100K แสดงในรูปที่ 3.9 โดยใช้ Load cell ขนาด 100 กิโลนิวตัน ระยะดึง (gauge length) 7.5 เซนติเมตร อัตราการดึง 250 มิลลิเมตรต่อนาที บันทึกค่าความต้านทานแรงฉีกขาด แล้วหาค่าเฉลี่ยของแต่ละด้านของผ้า เปรียบเทียบผลระหว่างผ้าย้อมด้วยสีไม่ดัดแปร และผ้าย้อมด้วยสีดัดแปร



รูปที่ 3.9 เครื่องทดสอบความต้านทานแรงฉีกขาด (LLOYD LR 100K)

3.5.7 การทดสอบความคงทนของสีผ้าต่อการซักล้าง (Colorfastness to washing)

การทดสอบนี้เป็นการวัดความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสีผ้าเมื่อนำผ้าสีไปซักล้าง ทำการทดสอบด้วยเครื่อง Gyrowash แสดงในรูปที่ 3.10 โดยทำการทดสอบตามมาตรฐาน AATCC Test Method 61-2001 "Colorfastness to Laundering, Home and Commercial: Accelerated" การทดสอบความคงทนต่อการซักล้างนี้เลือกใช้การทดสอบหมายเลข 1A ซึ่งกำหนดว่าต้องตัดชิ้นทดสอบให้ได้ขนาดกว้าง 2 นิ้ว (50 มิลลิเมตร) ยาว 4 นิ้ว (100 มิลลิเมตร) แล้วนำมาเย็บติดกับผ้าหลายเส้นใย (multifiber fabric คือ ผ้าทอที่มีเส้นใยหลายชนิดประกอบด้วยเส้นใยไดแอซีเตต, ฝ้ายที่ผ่านการฟอก, พอลิเอไมด์, พอลิเอสเทอร์, อะคริลิก และขนสัตว์ ซึ่งถูกทอแยกกันเป็นแถบเล็กๆ และฟอกขาวหรือทำความสะอาดมาแล้ว) จากนั้นใส่ผ้าสีที่จะทดสอบและผ้าหลายเส้นใยที่เย็บติดกันลงในน้ำสบู่ (ความเข้มข้นร้อยละ 0.37 โดยปริมาตรน้ำสบู่ทั้งหมดคือ 200 มิลลิลิตร) ที่บรรจุอยู่ในกระบอกทดสอบของเครื่องทดสอบ และเติมลูกเหล็กสแตนเลส 10 ลูก ลงไปขัดถูผ้าระหว่างซักที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที เมื่อเครื่องทำการซักผ้าเสร็จ นำผ้าออกจากเครื่องแล้วทำการซักด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 40±3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที จำนวน 3 รอบ จากนั้นนำผ้าไปตากให้แห้ง หลังจากนั้นจะเปรียบเทียบความแตกต่างของสีบนชิ้นทดสอบระหว่างก่อนและหลังซัก (ในตู้แสงมาตรฐานหลอดไฟ D65) ว่าแตกต่างกันเทียบเท่าระดับใด โดยการให้ระดับซึ่งมี 2 แบบ คือ ระดับสีเปลี่ยน (color change) และระดับสีตก (color stain) โดยใช้เกรย์สเกล (grey scale) แสดงในรูปที่ 3.11

เกรย์สเกล (gray scale) คือ แผ่นสีมาตรฐานที่ใช้ในการประเมินการเปลี่ยนแปลงของสีและการตกสีในเส้นใยต่างๆ โดยมีเกรย์สเกลที่ต่างกัน 2 ชุด คือ

ชุดที่ 1 เป็นเกรย์สเกลสำหรับวัดระดับการเปลี่ยนแปลงของสี (color change) ประกอบด้วยแถบสีเทาคู่ที่มีความเข้มข้างหนึ่งคงที่ อีกข้างหนึ่งมีความเข้มค่อยๆ ลดลง 5 ระดับ

ชุดที่ 2 เป็นเกรย์สเกลสำหรับประเมินสีตก วัดจากการเปื้อนสีบนผ้าหลายเส้นใย สเกลจะประกอบด้วยแถบสีขาว 5 คู่ที่มีระดับความขาวต่างกัน แถบขาวข้างหนึ่งจะคงที่ อีกข้างหนึ่งจะเปลี่ยนแปลงจากขาวเป็นเทาเพิ่มขึ้นตามลำดับ

โดยเกรย์สเกล จะมีอยู่ 5 ระดับ

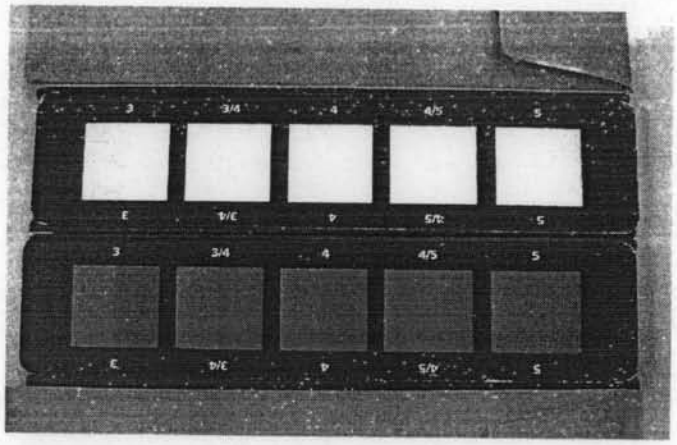
ระดับ 1 หมายถึง ผ้าสีหลังทดสอบมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด

ระดับ 5 หมายถึง ผ้าสีหลังทดสอบไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ถ้าเปรียบเทียบความแตกต่างของสีผ้าหลังซักกับก่อนซักพบว่า มีความแตกต่างกันเทียบเท่าเกรย์สเกลชุดที่ 1 ที่ระดับ 5 แสดงว่าผ้าสีนี้มีความคงทนต่อการซักดีมาก ขณะที่เมื่อเปรียบเทียบแล้วเทียบเท่าเกรย์สเกลชุดที่ 1 ที่ระดับต่ำกว่า 5 แสดงว่าผ้าสีนี้มีความคงทนต่อการซักลดลงตามลำดับ

เช่นกันถ้าเปรียบเทียบความแตกต่างของผ้าหลายเส้นใยหลังซักกับก่อนซัก พบว่า มีความแตกต่างกันเทียบเท่า เกรย์สเกลชุดที่ 2 ที่ระดับ 5 แสดงว่าผ้าหลายเส้นใยไม่มีสีตกจากผ้าสีมาติด นั่นคือ ผ้าสีมีความคงทนต่อการซักดีมาก และถ้าเปรียบเทียบได้ระดับต่ำกว่า 5 แสดงว่าผ้าสีมีความคงทนต่อการซักลดลง ตามลำดับ และสีหลุดไปติดเส้นใยชนิดต่างๆ ได้

รูปที่ 3.10 เครื่องทดสอบการซักล้าง



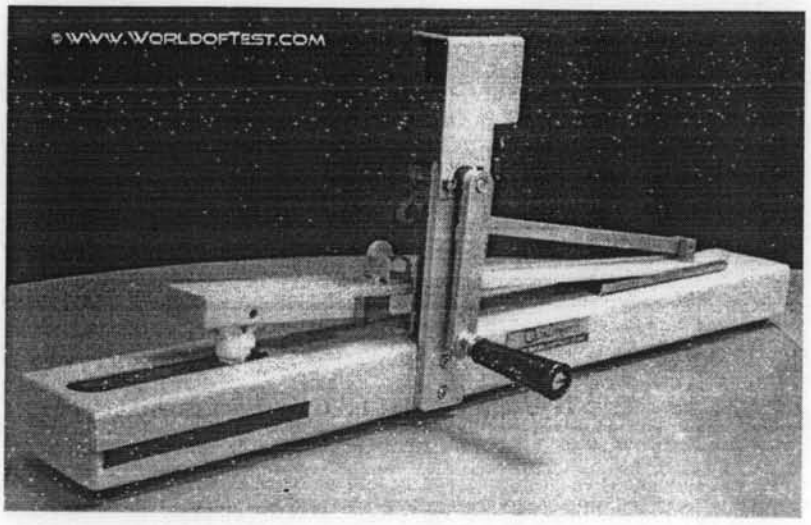
รูปที่ 3.11 เกรย์สเกล

3.5.8 **การทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู** (Colorfastness to crocking)

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบหาปริมาณของสีที่เคลื่อนตัวจากผิวหน้าของวัสดุสิ่งทอที่มีสีไปยังผิวหน้าของวัสดุสิ่งทออื่นๆ โดยวิธีการขัดถู ทำการทดสอบด้วยเครื่อง AATCC Crock meter แสดงในรูปที่ 3.12 โดยทำการทดสอบตามมาตรฐาน AATCC8-2004 Colorfastness to crocking (AATCC Crock Meter Method) การทดสอบจะเริ่มจากการตัดชิ้นตัวอย่างทดสอบขนาดอย่างน้อย 5x13 เซนติเมตร โดยการทดสอบจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดสอบการขัดถูด้วยผ้าแห้ง และการทดสอบการขัดถูด้วยผ้าเปียก

การทดสอบการขัดถูด้วยผ้าแห้ง เริ่มจากกการวางชิ้นตัวอย่างทดสอบลงบนกระดาษทราย โดยกระดาษทรายนี้จะติดอยู่บนฐานของเครื่อง crock meter วาง specimen holder ลงบนชิ้นตัวอย่างทดสอบเพื่อป้องกันไม่ให้ผ้าตัวอย่างทดสอบหลุดออกมาในระหว่างการทดสอบ จากนั้นนำผ้า crocking สีขาว ไปติดกับ finger และใช้ spiral wire clip สวมกับ finger ยก finger ลงมาทับบนชิ้นทดสอบและเริ่มต้นหมุนข้อเหวี่ยงของเครื่องเพื่อให้ finger เคลื่อนที่ไป-กลับ ได้ทั้งหมด 10 ครั้ง ภายใน 10 วินาที (1ครั้ง, ไป-กลับ ต่อ 1 วินาที) นำผ้า crocking ออกจาก finger และนำไปประเมินค่าการติดเปื้อนสีบนผ้าขาว (crocking cloth) โดยใช้เกรย์สเกลสำหรับประเมินสีตก และกระทำการประเมินระดับการตกของสีผ้าตามวิธีแสดงใน 3.5.7

ส่วนการทดสอบการขัดถูด้วยผ้าเปียกกระทำเช่นเดียวกับการทดสอบการขัดถูด้วยผ้าแห้ง แต่จะแตกต่างกันเล็กน้อย คือ ผ้า crocking ก่อนการทดสอบจะต้องนำไปจุ่มน้ำกลั่นให้เปียกตลอดทั้งชิ้น จากนั้นซับด้วยกระดาษกรอง แล้วจึงนำผ้า crocking cloth สีขาว ไปติดกับ finger แล้วทำการทดสอบต่อไป



รูปที่ 3.12 เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู (AATCC Crock Meter)