

# การวัดระดับการหุบน้ำมันผลิตภัณฑ์สิ่งทอโดยเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน

นางสาวกันยารัตน์ เหลืองบริบูรณ์



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ

ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2543

ISBN 974 - 346 - 278 - 9

ลิขสิทธิ์ของ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**DETERMINATION OF THE DEGREE OF MERCERIZATION OF  
TEXTILE PRODUCTS BY X-RAY DIFFRACTION TECHNIQUE**

Miss Kanyarat Luangboriboon

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science in Applied Polymer Science and Textile Technology

Department of Materials Science

Faculty of Science

Chulalongkorn University


Academic Year 2000

ISBN 974 - 346 - 278 - 9

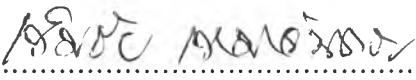
หัวข้อวิทยานิพนธ์      การวัดระดับการชุบมันผลิตภัณฑ์สิ่งทอโดยเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน  
โดย                              นางสาว กัญยรัตน์ เหลืองบริบูรณ์  
ภาควิชา                        วัสดุศาสตร์  
อาจารย์ที่ปรึกษา            อาจารย์ ดร.อุษา แสงวัฒนาโรจน์  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม      -

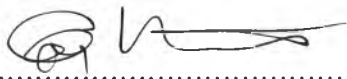
---


คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น  
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

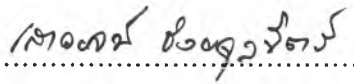
  
.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์  
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย โพธิ์พิจิตร)

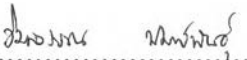
คณะกรรมการวิทยานิพนธ์

  
.....ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.เจิมชัย เหมะจันทร์)

  
.....อาจารย์ที่ปรึกษา  
(อาจารย์ ดร.อุษา แสงวัฒนาโรจน์)

  
.....กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ไพพรรณ สันติสุข)

  
.....กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ เสาวรณ ช่วยจุลจิตร)

  
.....กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.วิมลวรรณ พิมพพันธุ์)

## บทคัดย่อวิทยานิพนธ์

กันยารัตน์ เหลืองบริบูรณ์ : การวัดระดับการชุบมันผลิตภัณฑ์สิ่งทอโดยเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน.  
(DETERMINATION OF THE DEGREE OF MERCERIZATION OF TEXTILE PRODUCTS BY X-  
RAY DIFFRACTION TECHNIQUE) อ. ที่ปรึกษา : ดร.อุษา แสงวัฒนาโรจน์, 136 หน้า. ISBN 974-346-  
278-9.

การชุบมันเป็นขั้นตอนหนึ่งของการเตรียมผ้าหรือด้ายฝ้ายก่อนย้อมเพื่อปรับปรุงสมบัติของเส้นใยให้ดีขึ้น  
ผ้าหรือด้ายฝ้ายที่ผ่านการชุบมันแล้วจะถูกตรวจสอบเพื่อดูว่าการชุบมันที่กระทำไปสมบูรณ์น้อยเพียงใด หรือ  
อีกนัยหนึ่งเป็นการวัดระดับการชุบมัน การทดสอบหาระดับการชุบมันที่นิยมทำกันในปัจจุบันจะอิงมาตรฐานการ  
ทดสอบของ American Association of Textile Chemists and Colorists (AATCC) หมายเลข 89 ซึ่งเป็นการทดสอบ  
ที่ต้องใช้เวลานาน และต้องมีความชำนาญสูง จึงมีผู้พยายามที่จะใช้วิธีอื่น ๆ ในการวัดหาระดับการชุบมัน  
เช่น ใช้เทคนิคใกล้อินฟราเรดหาความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของหมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุล  
เซลลูโลสกับค่าแบเรียมแอกทิวิตี ใช้เทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชันวัดหาปริมาณผลึกและออสตรานของฝ้ายชุบมัน  
เนื่องมาจากการชุบมันทำให้โครงสร้างผลึกและปริมาณผลึกในฝ้ายเปลี่ยนแปลงไป การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ  
ผลึกในโครงสร้างน่าจะสัมพันธ์กับระดับการชุบมันและความสมบูรณ์ของการชุบมันด้วย รวมถึงสมบัติทางด้าน  
การย้อมของเส้นใยที่ผ่านการชุบมัน เส้นใยจะมีความชื้นสัมพัทธ์และการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นทำให้มีอัตราการดูดซึมน้ำ  
ย้อมสูงขึ้นด้วย จึงได้มีการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าแบเรียมแอกทิวิตีและค่าดัชนีความเป็นผลึก / ค่าความ  
แข็งแรงของผ้า / ค่าความเข้มของสีผ้า

วิธีการทดลองที่ใช้คือการหาดัชนีความเป็นผลึกด้วยเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน การหาความแข็งแรง  
ของผ้าถักด้วยการหาค่าความต้านทานแรงคั้นทะลุ ความแข็งแรงของผ้าทอจากค่าแรงคึงขาด และค่าการดูดซึมน้ำ  
ย้อมจากค่าความเข้มของสีผ้าย้อม จากผลการทดลองพบว่าค่าแบเรียมแอกทิวิตีกับค่าดัชนีความเป็นผลึกมีความ  
สัมพันธ์กันแบบผกผัน / ค่าแบเรียมแอกทิวิตีกับค่าความแข็งแรงของผ้า หรือค่าความเข้มของสีผ้ามีความสัมพันธ์  
ไปในแนวเดียวกัน และความสัมพันธ์ข้างต้นนี้จะยังคงเดิมเสมอเมื่อผ้าถูกชุบมันที่ภาวะการชุบมันเดียวกันทำให้  
สามารถนำกราฟความสัมพันธ์มาใช้เป็นกราฟอ้างอิงหาระดับของการชุบมันจากค่าแบเรียมแอกทิวิตีในกราฟเมื่อ  
ทราบค่าดัชนีความเป็นผลึกในผ้าชุบมัน ทราบค่าความแข็งแรงของผ้าชุบมัน และทราบค่าความเข้มของสีผ้าย้อม

ภาควิชา วัสดุศาสตร์  
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์ฯ  
ปีการศึกษา 2543

ลายมือชื่อนิติศ ..... *กันยารัตน์ เหลืองบริบูรณ์*  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ..... *ดร.อุษา แสงวัฒนาโรจน์*  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

## AN ABSTRACT

# # 4172215723: MAJOR APPLIED POLYMER SCIENCE AND TEXTILE TECHNOLOGY

KEY WORD: COTTON / MERCERIZATION / X-RAY DIFFRACTION

KANYARAT LUANGBORIBOON: THESIS TITLE. (DETERMINATION OF THE DEGREE OF MERCERIZATION OF TEXTILE PRODUCTS BY X-RAY DIFFRACTION TECHNIQUE.)

THESIS ADVISOR : Dr.USA SANGWATANAROJ, 136 pp. ISBN 974-346-278-9

Mercerization is a pretreatment process for cotton fabric and yarn to improve their properties. After the process, they are usually tested for the degree of mercerization or the barium activity number according to the standard test method of the American Association of Textile Chemists and Colorists (AATCC) number 89 "Mercerization in cotton". The test itself is time consuming and requires high skills. Many attempts have been conducted on improving the test method and using other analytical techniques to help determining the degree of mercerization, for example, using near infrared technique to measure the absorption band of the cellulose hydroxyl groups and relating it with the barium activity number of the mercerized cellulosic fiber. X-ray diffraction technique has been used to determine the amount of crystalline and amorphous or the crystallinity index in the mercerized cellulose, and to observe the transformation of the cellulose polymorph or its crystal structure due to mercerization. Mercerization also effects the dye absorption ability and the strength of the cellulosic fiber.

This research shows an attempt to use the x-ray diffraction technique to measure for the crystallinity index in mercerized cotton fabrics, to use the tensile and the bursting strength testers to measure for the strength of mercerized cotton fabrics and to measure for the dye absorption of mercerized cotton fabrics. Then these three sets of data were plotted against the barium activity number of the mercerized cotton fabrics. The crystallinity index and the barium activity number show a reverse relationship but the fabric strength / the dye absorption of fabric and the barium activity number show a reciprocal relationship. These relationships maintain the same for each type of cotton fabrics and they can be used to identify the barium activity number of mercerized cotton when its crystallinity index, strength or dye absorption is known.

Department Materials Science

Field of study Applied Polymer Science and  
Textile Technology

Academic year 2000

Student's signature... *Kanyarat Luangboriboon*

Advisor's signature... *Dr. USA Sangwatanaroj*

Co Advisor's signature.....



## กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.อุษา แสงวัฒนาโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาตลอดเวลาที่ทำการวิจัยอย่างยิ่ง รวมถึงการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อยด้วยดี รองศาสตราจารย์ไพพรรณ สันติสุข อาจารย์ที่ปรึกษานิติบัญญัติ รวมทั้งคณาจารย์ในภาควิชาวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อนุญาตให้ใช้เครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรกชันตลอดการทำวิจัย เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาสละเวลาอธิบาย และดูแลการทดสอบ เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาสละเวลาอธิบาย และดูแลการทดสอบการดูดซึ่มสีย้อม เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการส่วนกายภาพ ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ ที่กรุณาสละเวลาอธิบาย และดูแลการทดสอบการหาค่าความต้านทานแรงดันทะเลและการวัดแรงดึงขาด สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุแห่งชาติ ที่กรุณาอำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการ และขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยบางส่วนสำหรับการวิจัยนี้

ท้ายสุด ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ตลอดจนญาติ ๆ ที่ได้อบรมและเลี้ยงดูผู้วิจัยมาด้วยความรักและความเพียรพยายามเพื่อให้มีการศึกษาที่ดีในวันนี้ ขอขอบคุณ น้องสาว ผองมิตรที่น่ารักทุกคน พี่ๆปริญญาโท ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย น้องๆและพี่ๆ ชมรมค่ายอาสาพัฒนา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาจารย์และบุคลากรฝ่ายกิจการนิสิต คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาจารย์และบุคลากร คณะวิศวกรรมศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม สำหรับความห่วงใย กำลังใจที่ดี และความหวังดีที่มีต่อผู้วิจัยตลอดมา

หากวิทยานิพนธ์นี้ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อส่วนรวมและสังคมแล้ว ผู้วิจัยขอมอบความดีนี้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

กันยารัตน์ เหลืองบริบูรณ์

# สารบัญ

## หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญรูป.....	ณ
สารบัญไคอะแกรม.....	ธ

## บทที่

1	บทนำ.....	1
2	วารสารปริทัศน์.....	3
	2.1 เส้นใยฝ้าย.....	3
	2.1.1 โครงสร้างทางกายภาพของใยฝ้าย.....	4
	2.1.2 สมบัติของใยฝ้าย.....	6
	2.2 การชุบมัน.....	10
	2.2.1 ตัวแปรสำคัญในการชุบมัน.....	11
	2.3 การทดสอบหาระดับของการชุบมันของฝ้าย.....	15
	2.3.1 การทดสอบหาระดับการชุบมันด้วยวิธีการดูรูปร่างภาคตัดขวาง และรูปร่างตามยาวของเส้นใยฝ้าย.....	15
	2.3.2 การทดสอบหาระดับการชุบมันด้วยวิธีการย้อมผ้า หรือด้ายฝ้าย.....	16
	2.3.3 การทดสอบหาระดับการชุบมันด้วยวิธีการหาค่า แบเรียมแอกทิวิตีของผ้าหรือด้ายฝ้าย.....	18
	2.3.4 การทดสอบหาระดับการชุบมันด้วยวิธีอื่น ๆ.....	19
	2.3.5 ประเด็นจากงานวิจัย.....	21

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3	วิธีการทดลอง.....23
	3.1 วัสดุในการทดลอง.....23
	3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....24
	3.3 การทดลอง.....24
	3.3.1 การชุบมันผ้า.....25
	3.3.2 การทดสอบผ้าชุบมัน.....25
	3.3.3 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าเบรียมแอกทิวิตี และค่าดัชนีความเป็นผลึก/ค่าความแข็งแรงของผ้า/ ค่าความเข้มของสีผ้า.....34
	3.3.4 การทดลองซ้ำ.....34
	3.3.5 การศึกษาเปรียบเทียบผลการชุบมันแบบให้แรงดึงและ ไม่ให้แรงดึงผ้า.....35
	3.3.6 การเตรียมผงเซลลูโลสผลึกขนาดเล็ก.....35
4	ผลการทดลองและวิจารณ์ผล.....36
	4.1 ผลการทดสอบหาระดับของการชุบมัน โดยการวัดค่าเบรียมแอกทิวิตี.....36
	4.1.1 ระดับของการชุบมันผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 20/1.....36
	4.1.2 ระดับของการชุบมันผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 32/1.....38
	4.1.3 ระดับของการชุบมันผ้าฝ้ายทอเบอร์ด้าย 20/1.....40
	4.2 ผลการทดสอบหาดัชนีความเป็นผลึกในผ้าชุบมัน โดยเทคนิค เอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน.....42
	4.2.1 ดัชนีความเป็นผลึกของผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 20/1.....42
	4.2.2 ดัชนีความเป็นผลึกของผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 32/1.....44
	4.2.3 ดัชนีความเป็นผลึกของผ้าฝ้ายทอเบอร์ด้าย 20/1.....46
	4.3 ผลการทดสอบหาความแข็งแรงของผ้าถัก โดยการวัดค่า ความต้านทานแรงดึงตันทะลุของผ้าถัก.....48
	4.3.1 ค่าความต้านทานแรงดึงตันทะลุของผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 20/1.....48
	4.3.2 ค่าความต้านทานแรงดึงตันทะลุของผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 32/1.....50



## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.4 ผลการทดสอบหาความแข็งแรงของผ้าทอโดยการวัดค่าแรงดึงขาดผ้าทอ.....	52
4.4.1 ค่าแรงดึงขาดของผ้าฝ้ายทอเบอร์ด้าย 20/1.....	52
4.5 ผลการทดสอบหาความสามารถการดูดซึ่มสีย้อมของผ้า โดยการวัดความเข้มของสีย้อม.....	56
4.5.1 ความเข้มของสีผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 20/1.....	56
4.5.2 ความเข้มของสีผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 32/1.....	58
4.5.3 ความเข้มของสีผ้าฝ้ายทอเบอร์ด้าย 20/1.....	60
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแบเรียมเอกทิวิตกับดัชนีความเป็นผลึกในผ้า.....	62
4.6.1 ค่าแบเรียมเอกทิวิตกับดัชนีความเป็นผลึกในผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 20/1.....	62
4.6.2 ค่าแบเรียมเอกทิวิตกับดัชนีความเป็นผลึกในผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 32/1.....	64
4.6.3 ค่าแบเรียมเอกทิวิตกับดัชนีความเป็นผลึกในผ้าฝ้ายทอเบอร์ด้าย 20/1.....	66
4.6.4 ค่าแบเรียมเอกทิวิตกับดัชนีความเป็นผลึกในผ้าฝ้ายทั้งสามชนิด.....	68
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแบเรียมเอกทิวิตกับความแข็งแรงของผ้าถัก.....	71
4.7.1 ค่าแบเรียมเอกทิวิตกับความต้านทานแรงดึงด้นทะลุของผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 20/1.....	71
4.7.2 ค่าแบเรียมเอกทิวิตกับความต้านทานแรงดึงด้นทะลุของผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 32/1.....	73
4.7.3 ค่าแบเรียมเอกทิวิตกับความต้านทานแรงดึงด้นทะลุของผ้าฝ้ายถักสองชนิด.....	75
4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแบเรียมเอกทิวิตกับความแข็งแรงของผ้าทอ.....	78
4.8.1 ค่าแบเรียมเอกทิวิตกับค่าแรงดึงขาดของผ้าฝ้ายทอเบอร์ด้าย 20/1.....	78

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเบรียมแอกทิวิตีกับความสามารถ	
การดูดซึ่มสีของผ้า.....	81
4.9.1 ค่าเบรียมแอกทิวิตีกับค่าความเข้มของสีผ้าฝ้ายถัก	
เบอร์ด้าย 20/1.....	81
4.9.2 ค่าเบรียมแอกทิวิตีกับค่าความเข้มของสีผ้าฝ้ายถัก	
เบอร์ด้าย 32/1.....	83
4.9.3 ค่าเบรียมแอกทิวิตีกับค่าความเข้มของสีผ้าฝ้ายทอ	
เบอร์ด้าย 20/1.....	85
4.9.4 ค่าเบรียมแอกทิวิตีกับค่าความเข้มของสีผ้าฝ้าย	
ทั้งสามชนิด.....	87
4.10 ผลการทดลองซ้ำ.....	90
4.10.1 ผลการทดลองซ้ำหาค่าเบรียมแอกทิวิตีของผ้าฝ้ายถัก	
เบอร์ด้าย 20/1.....	90
4.10.2 ผลการทดลองซ้ำหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า	
เบรียมแอกทิวิตีกับดัชนีความเป็นผลึกในผ้า	
ฝ้ายถักเบอร์ด้าย 20/1.....	94
4.10.3 ผลการทดลองซ้ำหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า	
เบรียมแอกทิวิตีกับค่าความต้านทานแรงดันทะเลของผ้า	
ฝ้ายถักเบอร์ด้าย 20/1.....	97
4.10.4 ผลการทดลองซ้ำหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า	
เบรียมแอกทิวิตีกับค่าความเข้มของสีผ้าของผ้า	
ฝ้ายถักเบอร์ด้าย 20/1.....	100
4.11 ผลการทดสอบหาสมบัติของผ้าหลังชุบมัน โดยปราศจากแรงดึง	
และมีแรงดึง.....	103
5     สรุปผลการทดลอง.....	104
6     ข้อเสนอแนะ.....	106

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
รายการอ้างอิง.....	107
ภาคผนวก.....	110
ประวัติผู้ศึกษา.....	136

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	ส่วนประกอบของใยฝ้ายแห้ง.....3
2.2	สมบัติของใยฝ้าย.....7
2.3	ประเภทของการชุบมัน.....14
2.4	ความสัมพันธ์โดยประมาณของความเข้มข้นของสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์(หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์และองศาโบเม) และความถ่วงจำเพาะของสารละลาย.....15
2.5	สมบัติของสี CI Acid Red 151 และสี CI Direct Blue 10.....16
3.1	สารเคมีที่ใช้.....23
3.2	แสดงภาวะในการชุบมันในการทดลองซ้ำครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2.....34
4.1	แสดงค่าแบเรียมแอกทิวิตีของผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 20/1 ชุบมัน โดยปราศจากแรงดึง ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10-30% อุณหภูมิ 5-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที.....36
4.2	แสดงค่าแบเรียมแอกทิวิตีของผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 32/1 ชุบมัน โดยปราศจากแรงดึง ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10-30% อุณหภูมิ 5-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที.....38
4.3	แสดงค่าแบเรียมแอกทิวิตีของผ้าฝ้ายทอเบอร์ด้าย 20/1 ชุบมัน โดยปราศจากแรงดึง ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10-30% อุณหภูมิ 5-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที.....40
4.4	แสดงดัชนีความเป็นผลึก ปริมาณผลึก และปริมาณอสังฐานของ ผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 20/1 ณ ภาวะการชุบมันต่าง ๆ เทียบกับ ผงเซลลูโลสผลึก.....42
4.5	แสดงดัชนีความเป็นผลึก ปริมาณผลึก และปริมาณอสังฐานของ ผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 32/1 ณ ภาวะการชุบมันต่าง ๆ เทียบกับ ผงเซลลูโลสผลึก.....44
4.6	แสดงดัชนีความเป็นผลึก ปริมาณผลึก และปริมาณอสังฐานของ ผ้าฝ้ายทอเบอร์ด้าย 20/1 ณ ภาวะการชุบมันต่าง ๆ เทียบกับ ผงเซลลูโลสผลึก.....46

## สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า	
4.7	แสดงค่าความต้านทานแรงคั้นทะลุของผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 20/1 ชูบมัน โดยปราศจากแรงค้ำ ความเข้มข้นสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ 10-30% อุณหภูมิ 5-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที.....	48
4.8	แสดงค่าความต้านทานแรงคั้นทะลุของผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 32/1 ชูบมัน โดยปราศจากแรงค้ำ ความเข้มข้นสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ 10-30% อุณหภูมิ 5-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที.....	50
4.9	แสดงค่าแรงค้ำขาดของผ้าฝ้ายทอเบอร์ด้าย 20/1 (ในแนวด้ายยืน) ชูบมัน โดยปราศจากแรงค้ำ ความเข้มข้นสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ 10-30% อุณหภูมิ 5-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที.....	52
4.10	แสดงค่าแรงค้ำขาดของผ้าฝ้ายทอเบอร์ด้าย 20/1 (ในแนวด้ายพุ่ง) ชูบมัน โดยปราศจากแรงค้ำ ความเข้มข้นสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ 10-30% อุณหภูมิ 5-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที.....	53
4.11	แสดงค่าความเข้มของสีผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 20/1 ชูบมัน โดย ปราศจากแรงค้ำ ความเข้มข้นสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ 10-30% อุณหภูมิ 5-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที.....	56
4.12	แสดงค่าความเข้มของสีผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 32/1 ชูบมัน โดย ปราศจากแรงค้ำ ความเข้มข้นสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ 10-30% อุณหภูมิ 5-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที.....	58
4.13	แสดงค่าความเข้มของสีผ้าฝ้ายทอเบอร์ด้าย 20/1 ชูบมัน โดย ปราศจากแรงค้ำ ความเข้มข้นสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ 10-30% อุณหภูมิ 5-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที.....	60

## สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.14	แสดงค่าแบเรียมเอกทิวิตีกับค่าดัชนีความเป็นผลึกของผ้า ทั้งสามชนิดเปรียบเทียบกัน.....68
4.15	แสดงค่าแบเรียมเอกทิวิตีกับค่าความต้านทานแรงคั้นทะลุของผ้า สองชนิดเปรียบเทียบกัน.....75
4.16	แสดงค่าแบเรียมเอกทิวิตีกับค่าความเข้มของสีผ้าของผ้า ทั้งสามชนิดเปรียบเทียบกัน.....87
4.17	แสดงภาวะการชุบมันผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 20/1 ที่เลือกสำหรับ การทดลองซ้ำ.....90
4.18	ค่าแบเรียมเอกทิวิตีของผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 20/1 ของการทดลอง ครั้งแรก ณ ภาวะการชุบมันที่เลือก (คูตารางที่4.1ประกอบ).....91
4.19	ค่าแบเรียมเอกทิวิตีของผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 20/1 ของการทดลอง ซ้ำครั้งแรก ณ ภาวะการชุบมันที่เลือก.....91
4.20	ค่าแบเรียมเอกทิวิตีของผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 20/1 ของการทดลอง ซ้ำครั้งที่สอง ณ ภาวะการชุบมันที่เลือก.....92
4.21	แสดงค่าแบเรียมเอกทิวิตีกับดัชนีความเป็นผลึกของผ้าฝ้ายถัก เบอร์ด้าย 20/1 ของการทดลองครั้งแรก.....94
4.22	แสดงค่าแบเรียมเอกทิวิตีกับดัชนีความเป็นผลึกของผ้าฝ้ายถัก เบอร์ด้าย 20/1 ของการทดลองซ้ำครั้งที่ 1.....95
4.23	แสดงค่าแบเรียมเอกทิวิตีกับดัชนีความเป็นผลึกของผ้าฝ้ายถัก เบอร์ด้าย 20/1 ของการทดลองซ้ำครั้งที่ 2.....95
4.24	แสดงค่าแบเรียมเอกทิวิตีกับค่าความต้านทานแรงคั้นทะลุ ของผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 20/1 ของการทดลองครั้งแรก.....97
4.25	แสดงค่าแบเรียมเอกทิวิตีกับค่าความต้านทานแรงคั้นทะลุ ของผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 20/1 ของการทดลองซ้ำครั้งที่ 1.....98
4.26	แสดงค่าแบเรียมเอกทิวิตีกับค่าความต้านทานแรงคั้นทะลุ ของผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 20/1 ของการทดลองซ้ำครั้งที่ 2.....98

## สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.27	แสดงค่าแบเรียมเอกทิวติกับค่าความเข้มของสีฟ้าของผ้าฝ้าย ถักเบอร์ด้าย 20/1 ของการทดลองครั้งแรก.....100
4.28	แสดงค่าแบเรียมเอกทิวติกับค่าความเข้มของสีฟ้าของผ้าฝ้าย ถักเบอร์ด้าย 20/1 ของการทดลองซ้ำครั้งที่ 1.....101
4.29	แสดงค่าแบเรียมเอกทิวติกับค่าความเข้มของสีฟ้าของผ้าฝ้าย ถักเบอร์ด้าย 20/1 ของการทดลองซ้ำครั้งที่ 2.....101
4.30	แสดงการเปรียบเทียบผลการชุบมันผ้าแบบให้แรงดึงขณะชุบมัน กับแบบไม่ให้แรงดึงขณะชุบมันของผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 20/1.....103

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	โครงสร้างโมเลกุลของเซลลูโลส.....3
2.2	ลักษณะเส้นใยฝ้ายดิบจากกล้องจุลทรรศน์มองด้วยตาอย่างละเอียด.....4
2.3	แสดงลักษณะเส้นใยฝ้ายดิบจากกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน.....5
2.4	โครงสร้างทางกายภาพของเส้นใยฝ้าย.....5
2.5	ลักษณะของด้ายฝ้ายก่อนการชุบมันขยาย 500 เท่า.....13
2.6	ลักษณะของด้ายฝ้ายหลังจากผ่านการชุบมันขยาย 500 เท่า.....13
2.7	โครงสร้างของสี CI Acid Red 151.....16
2.8	โครงสร้างของสี CI Direct Blue 10.....16
3.1	อุปกรณ์ที่ใช้ในการกลั่นไหมลีย้อนกลับ.....27
3.2	เอกซเรย์คิฟแฟรคโตแกรมของเซลลูโลสอัญรูปต่างๆ.....27
3.3	การเตรียมตัวอย่างผ้าเพื่อทดสอบหาดัชนีความเป็นผลึกด้วยเทคนิค เอกซเรย์คิฟแฟรคชัน.....28
3.4	แสดงเครื่องเอกซเรย์คิฟแฟรคโตมิเตอร์.....29
3.5	เครื่องทดสอบหาค่าความต้านทานแรงดันทะลุ.....30
3.6	เครื่องทดสอบหาความแข็งแรงผ้าทอ.....31
3.7	แสดงเครื่องย้อมขนาดเด็ก Ahiba Polymat.....32
3.8	I.C.S. Macbeth Spectrophotometer (Color-Eye 7000).....33
4.1	แสดงค่าแบเรียมแอกทิวิตีของผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 20/1 ชุบมัน โดยปราศจากแรงดึง ที่ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10-30% อุณหภูมิ 5-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที.....37
4.2	แสดงค่าแบเรียมแอกทิวิตีของผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 32/1 ชุบมัน โดยปราศจากแรงดึง ที่ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10-30% อุณหภูมิ 5-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที.....39
4.3	แสดงค่าแบเรียมแอกทิวิตีของผ้าฝ้ายทอเบอร์ด้าย 20/1 ชุบมัน โดยปราศจากแรงดึง ที่ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10-30% อุณหภูมิ 5-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที.....41



## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า	
4.4	แสดงค่าความต้านทานแรงดันทะเลของผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 20/1 ชูบมัน โดยปราศจากแรงดึง ความเข้มข้นสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์10-30% อุณหภูมิ 5-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที.....	49
4.5	แสดงค่าความต้านทานแรงดันทะเลของผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 32/1 ชูบมัน โดยปราศจากแรงดึง ความเข้มข้นสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์10-30% อุณหภูมิ 5-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที.....	51
4.6	แสดงค่าแรงดึงขาดของผ้าฝ้ายทอเบอร์ด้าย20/1(ในแนวด้ายยืน) ชูบมัน โดยปราศจากแรงดึง ความเข้มข้นสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์10-30% อุณหภูมิ 5-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที.....	54
4.7	แสดงค่าแรงดึงขาดของผ้าฝ้ายทอเบอร์ด้าย20/1(ในแนวด้ายพุ่ง) ชูบมัน โดยปราศจากแรงดึง ความเข้มข้นสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์10-30% อุณหภูมิ 5-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที.....	55
4.8	แสดงค่าความเข้มของสีผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 20/1 ชูบมัน โดย ปราศจากแรงดึง ความเข้มข้นสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ 10-30% อุณหภูมิ 5-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที.....	57
4.9	แสดงค่าความเข้มของสีผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 32/1 ชูบมัน โดย ปราศจากแรงดึง ความเข้มข้นสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ 10-30% อุณหภูมิ 5-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที.....	59
4.10	แสดงค่าความเข้มของสีผ้าฝ้ายทอเบอร์ด้าย 20/1 ชูบมัน โดย ปราศจากแรงดึง ความเข้มข้นสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ 10-30% อุณหภูมิ 5-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที.....	61

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.11 แสดงค่าดัชนีความเป็นผลึกเทียบกับค่าแบเรียมเอกทิวติของผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย20/1 ชูบมัน โดยปราศจากแรงดึง ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์10-30% อุณหภูมิ 5-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที.....	63
4.12 แสดงค่าดัชนีความเป็นผลึกเทียบกับค่าแบเรียมเอกทิวติของผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย 32/1 ชูบมัน โดยปราศจากแรงดึง ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์10-30% อุณหภูมิ 5-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที.....	65
4.13 แสดงค่าดัชนีความเป็นผลึกเทียบกับค่าแบเรียมเอกทิวติของผ้าฝ้ายทอเบอร์ด้าย 20/1 ชูบมัน โดยปราศจากแรงดึง ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์10-30% อุณหภูมิ 5-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที.....	67
4.14 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าแบเรียมเอกทิวติกับดัชนีความเป็นผลึกของผ้าฝ้ายทั้ง 3ชนิด.....	70
4.15 แสดงค่าความต้านทานแรงดันทะลุเปรียบเทียบกับค่าแบเรียมเอกทิวติของผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย20/1 ชูบมัน โดยปราศจากแรงดึง ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์10-30% อุณหภูมิ 5-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที.....	72
4.16 แสดงค่าความต้านทานแรงดันทะลุเปรียบเทียบกับค่าแบเรียมเอกทิวติของผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย32/1 ชูบมัน โดยปราศจากแรงดึง ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์10-30% อุณหภูมิ 5-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที.....	74
4.17 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าแบเรียมเอกทิวติกับค่าความต้านทานแรงดันทะลุของผ้าฝ้าย 2 ชนิด.....	77

## สารบัญญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.18	แสดงค่าแรงดึงขาดในแนวค้ำยยืนเปรียบเทียบกับค่าแบเรียมเอกทิวติ ของผ้าฝ้ายทอเบอร์ค้ำย 20/1 ชุบมัน โดยปราศจากแรงดึง ความเข้มข้น สารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ 10-30% อุณหภูมิ 5-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที.....79
4.19	แสดงค่าแรงดึงขาดในแนวค้ำยพุ่งเปรียบเทียบกับค่าแบเรียมเอกทิวติ ของผ้าฝ้ายทอเบอร์ค้ำย 20/1 ชุบมัน โดยปราศจากแรงดึง ความเข้มข้น สารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ 10-30% อุณหภูมิ 5-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที.....80
4.20	แสดงค่าความเข้มของสีผ้าเทียบกับค่าแบเรียมเอกทิวติของผ้าฝ้ายถัก เบอร์ค้ำย 20/1 ชุบมัน โดยปราศจากแรงดึง ความเข้มข้นสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ 10-30% อุณหภูมิ 5-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที.....82
4.21	แสดงค่าความเข้มของสีผ้าเทียบกับค่าแบเรียมเอกทิวติของผ้าฝ้ายถัก เบอร์ค้ำย 32/1 ชุบมัน โดยปราศจากแรงดึง ความเข้มข้นสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ 10-30% อุณหภูมิ 5-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที.....84
4.22	แสดงค่าความเข้มของสีผ้าเทียบกับค่าแบเรียมเอกทิวติของผ้าฝ้ายทอ เบอร์ค้ำย 20/1 ชุบมัน โดยปราศจากแรงดึง ความเข้มข้นสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ 10-30% อุณหภูมิ 5-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที.....86
4.23	แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าแบเรียมเอกทิวติ กับค่าความเข้มของสีผ้าของผ้าทั้งสามชนิด.....89
4.24	แสดงการเปรียบเทียบค่าแบเรียมเอกทิวติระหว่างการทดลอง ครั้งแรกและการทดลองซ้ำครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2.....93
4.25	แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าแบเรียมเอกทิวติ กับดัชนีความเป็นผลึกของผ้าฝ้ายถักเบอร์ค้ำย 20/1 ของการทดลอง ครั้งแรกและการทดลองซ้ำครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2.....96

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่

หน้า

- 4.26 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าเบรียมแอกทิวิตี  
กับค่าความต้านทานแรงคั้นทะลุของผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย20/1  
ของการทดลองครั้งแรกและการทดลองซ้ำครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2.....99
- 4.27 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าเบรียมแอกทิวิตี  
กับค่าความเข้มของสีฟ้าของผ้าฝ้ายถักเบอร์ด้าย20/1ของการทดลอง  
ครั้งแรกและการทดลองซ้ำครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2.....102

## สารบัญไคอะแกรม

ไคอะแกรมที่	หน้า
3.1 ขั้นตอนการซ่อมผ้า.....	32