

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

ฝ้าย (Cotton) เป็นพืชเส้นใยที่มีคุณสมบัติเด่นด้านการดูดซับและถ่ายเทความชื้นได้ดีมาก จึงนิยมนำมาผลิตเป็นเสื้อผ้าที่ให้ความรู้สึกสบายขณะสวมใส่ของผู้คนในภูมิประเทศที่มีลักษณะร้อนชื้น เนื่องจากเป็นเส้นใยที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติเมื่อหมดอายุการใช้งานสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติจึงไม่ก่อให้เกิดปัญหากับสิ่งแวดล้อม ในสภาวะที่ประชากรโลกมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว พื้นที่สำหรับการเพาะปลูกมีปริมาณลดลงอย่างเห็นได้ชัดเนื่องจากถูกแปรเปลี่ยนไปเป็นที่อยู่อาศัยและทำประโยชน์ใช้สอยอื่นๆ การลดลงของพื้นที่เพาะปลูกส่งผลต่อการขาดแคลนไม่เพียงแต่พืชอาหารแต่ยังรวมถึงพืชที่ให้ผลผลิตเป็นเส้นใยเพื่อใช้ผลิตเป็นสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม การลดลงของพื้นที่เพาะปลูก การเจริญเติบโตที่ต้องขึ้นอยู่กับภูมิประเทศและภูมิอากาศ เป็นข้อจำกัดที่จะทำให้ในอนาคตอันใกล้ฝ้ายจะเป็นเส้นใยธรรมชาติที่หาได้ยาก มีค่าเพิ่มขึ้นมาก เนื่องจากความต้องการใช้สอยยังมีอยู่ในระดับที่มากเท่าเดิม การเริ่มมองหาและการศึกษาค้นคว้าพืชเส้นใยธรรมชาติชนิดอื่นๆ ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับเส้นใยฝ้าย เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับการนำมาทำประโยชน์ใช้สอยแบบเดิม คือการตัดเย็บเป็นเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่ม หรือการพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ ตามความเหมาะสมเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นทั่วโลกในปัจจุบัน รวมถึงประเทศไทยที่ปัจจุบันได้มีการเพาะปลูกหรือใช้ประโยชน์เพิ่มมากขึ้นสำหรับพืชเส้นใยอื่นๆ ที่มีสมบัติคล้ายฝ้าย เช่น ลิ้นจี่ ปอ ป่าน รวมถึงกัญชง (Hemp) กัญชงปลูกมากทางตอนเหนือของประเทศไทยซึ่งแต่เดิมถูกจัดให้เป็นพืชห้ามปลูกเนื่องจากมีส่วนประกอบทางเคมีที่สามารถนำไปผลิตเป็นสารเสพติด ปัจจุบันได้มีการพัฒนาสายพันธุ์เพื่อให้มีปริมาณสารเสพติดน้อยลงมีลักษณะลำต้นใหญ่กว่าต้นกัญชา ลำต้นสูง เรียว และมีเส้นใยาว เส้นใยมีความแข็งแรง ทนทานต่อเชื้อจุลินทรีย์ มีความเหมาะสมในการทำเป็นเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่มและผลิตภัณฑ์สิ่งทออื่นๆ รวมถึงนำไปแปรรูปเป็นกระดาษ อาหาร ยา น้ำมัน วัสดุเสริมแรงใช้ในงานก่อสร้าง พลาสติกชีวภาพ พลังงาน เชื้อเพลิง และอื่นๆ [15-18]

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปยังการวิจัยและพัฒนาเส้นใยกัญชงเพื่อใช้ประโยชน์ในการทำเป็นผลิตภัณฑ์สิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มในเชิงอุตสาหกรรม โดยการนำเส้นใยกัญชงไปผ่านขั้นตอนการเตรียม (Pre-treatment) เพื่อลอกล้างกำจัดสิ่งเจือปนตามธรรมชาติที่ไม่ใช่เนื้อแท้ของเส้นใยเซลลูโลส เช่น เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน เพคติน และไขแข็ง และขั้นตอนการย้อมสีแบบดูดซึม (Exhaust dyeing) โดยสารเคมีในขั้นตอนการเตรียมและสีย้อมในขั้นตอนการย้อมเป็นชนิดเดียวกันกับที่ใช้กับเส้นใยฝ้าย สามารถใช้พฤติกรรมการศึกษาความชื้น

(Moisture sorption) และการดูดซึมสี (Dye sorption) ของเส้นใยัญชงเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเส้นใยัญชงต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการดูดซับความชื้นและการดูดซึมสีไดเรกต์ (Direct dye) และสีเบสิก (Basic dye) ของเส้นใยัญชงซึ่งผ่านกระบวนการเตรียมหรือทำฟิรทรีตเมนต์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และ โซเดียมคลอไรท์ (NaClO₂)
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของการดูดซับความชื้นและการดูดซึมสีย้อมของเส้นใยัญชง

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เส้นใยัญชงสามารถดูดซับความชื้นและย้อมติดสีได้ดีขึ้นหลังจากที่ผ่านกระบวนการเตรียม
2. สามารถพบความสัมพันธ์ระหว่างการดูดซับความชื้นและการดูดซึมสีย้อมที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์กับการทำปฏิกิริยากับสารเคมีตัวอื่นๆของเส้นใย

1.4 สมมติฐานในการวิจัย

เส้นใยที่ผ่านกระบวนการเตรียมมีความสามารถในการดูดซับความชื้นมากขึ้นและย้อมติดสีได้ดีขึ้น

1.5 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. นำเส้นใยัญชงที่ยังไม่ผ่านกระบวนการฟอกขาว จากกลุ่มแม่บ้านเกษตรเย็บปักถักร้อย อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ ไปผ่านกระบวนการเตรียมหรือทำฟิรทรีตเมนต์ โดยแยกทำปฏิกิริยาสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 17.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร อุณหภูมิห้อง เวลา 5, 10, 20, 30, 45 และ 60 นาทีและสารละลายโซเดียมคลอไรท์ (NaClO₂) 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร อุณหภูมิ 100 °C เวลา 5, 10, 20, 30, 45 และ 60 นาที [40]
2. หากการดูดซับความชื้นของเส้นใยที่ผ่านกระบวนการเตรียม
3. ย้อมด้วยสีไดเรกต์ Sirius Blue S-BRR ความเข้มข้น 1% owf และ ที่ความเข้มข้น 3% owf ใช้เวลา 5, 10, 20, 30, 45 และ 60 นาที และย้อมด้วยสีเบสิก Methylene Blue ความเข้มข้น 600 มิลลิกรัมต่อลิตร เวลา 5, 10, 20, 30, 45 และ 60 นาที
4. วัดการดูดซึมสีไดเรกต์และสีเบสิกบนเส้นใยโดยเปรียบเทียบความเข้มข้นของน้ำสีก่อนย้อมและหลังการย้อม
5. ศึกษาความสัมพันธ์ของการดูดซับความชื้นและการดูดซึมสีย้อมของเส้นใยัญชงที่ผ่านกระบวนการเตรียม

6. วิเคราะห์พื้นผิวเส้นใยซึ่งผ่านกระบวนการเตรียมด้วยสารเคมีและการย้อมสีผ่านภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด(SEM)

ตัวแปรควบคุม

- ชนิดเส้นใยกัญชง

ตัวแปรต้น

- สูตรการทำฟรีทรีตเมนต์
 - สารละลาย NaOH 17.5 % W/V
 - สารละลาย NaClO₂ 0.7% W/V
 - สารละลาย NaOH 17.5 % W/V และสารละลาย NaClO₂ 0.7% W/V
- เวลาในการทำฟรีทรีตเมนต์ในแต่ละสูตร 5, 10, 20, 30, 45 และ 60 นาที

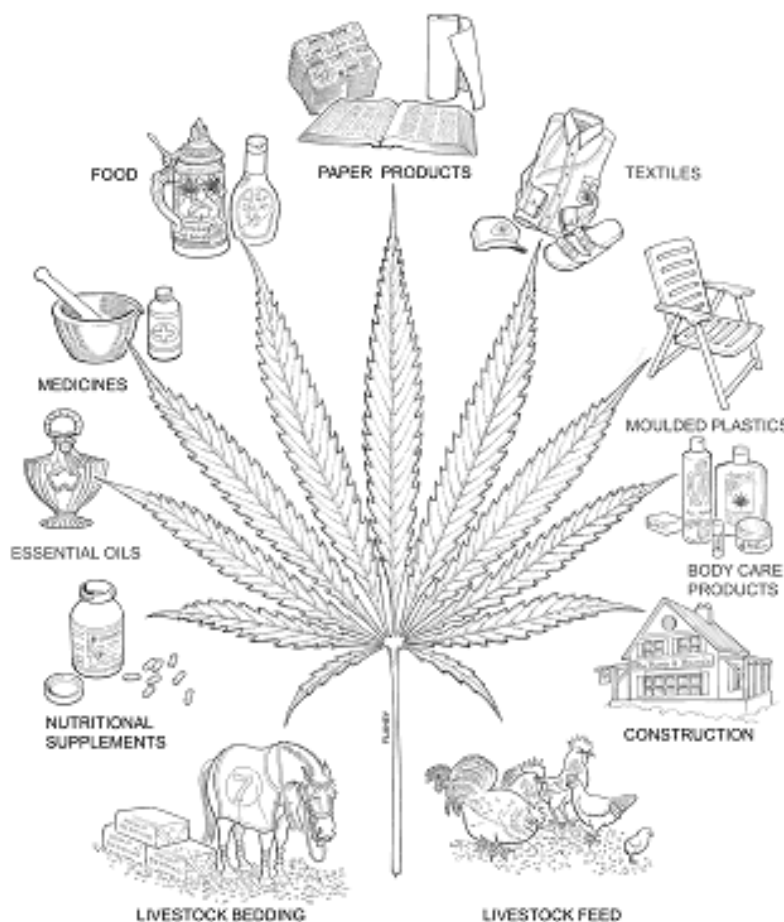
ตัวแปรตาม

- การดูดความชื้น
- การดูดซับสีย้อม

บทที่2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กัญชง

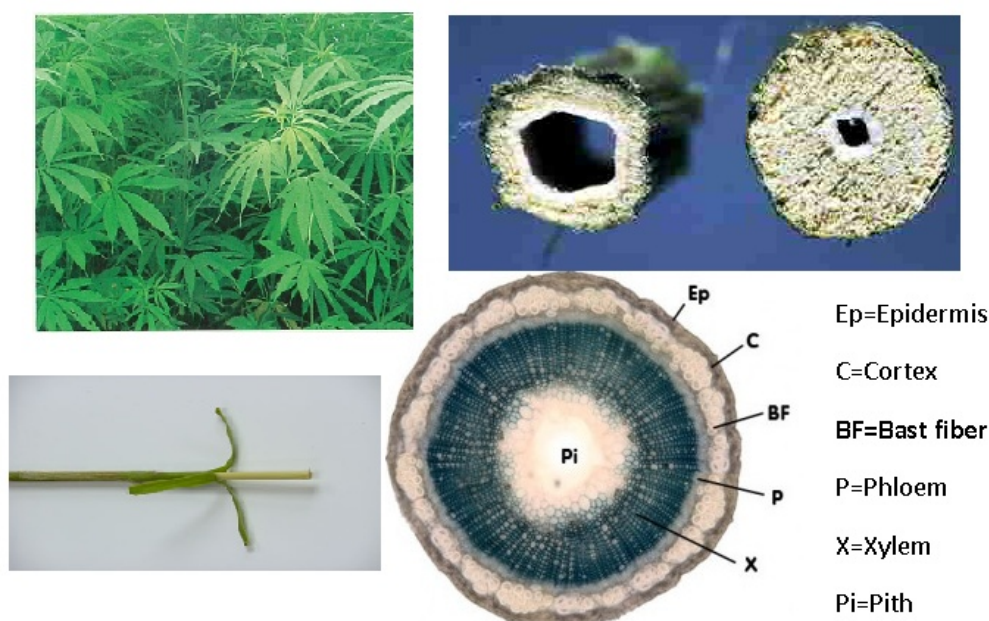
กัญชง(Hemp) เป็นพืชที่ให้เส้นใยเซลลูโลส (cellulose)เช่นเดียวกับฝ้าย ปลูกง่าย การเจริญเติบโตเร็วและไม่ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และคุณภาพของสารอาหารในดินมากนัก เส้นใยกัญชงมีคุณสมบัติ ทนต่อเชื้อแบคทีเรีย สามารถดูดความชื้น และถ่ายเทความชื้นได้ดี ทนทานความร้อน ต้านทานการเกิดไฟฟ้าสถิตย์ ทนทานต่อรังสีอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet, UV) ไม่ก่อให้เกิดการแพ้ สมบัติเหล่านี้ทำให้กัญชงเป็นพืชที่น่าจับตามอง ไม่แพ้ลินินหรือพืชตระกูลป่านอื่นๆในแง่ของการนำไปพัฒนาเป็นเครื่องนุ่งห่มที่สามารถให้คุณสมบัติเช่นเดียวกับผ้าฝ้าย หรือการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆตามความเหมาะสม [1-3]



รูป 2.1 การใช้ประโยชน์กัญชง

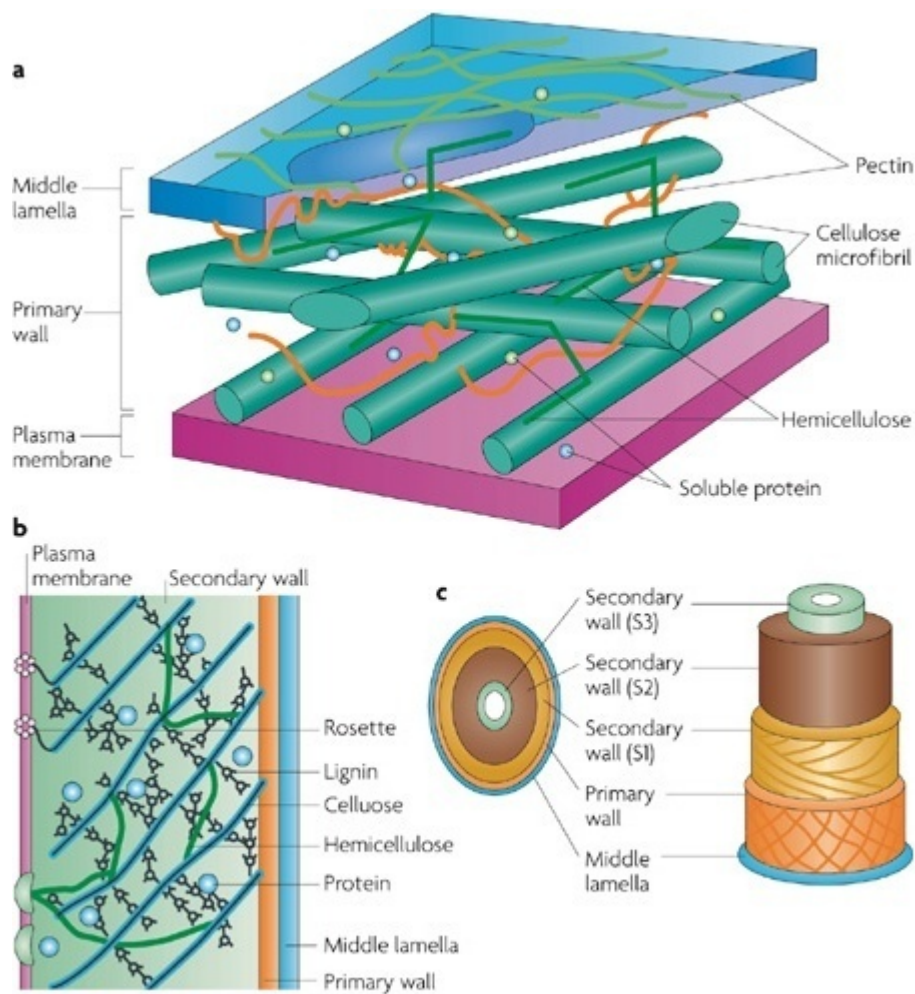
(ภาพจาก: www.textileschool.com/School/Fiber/NaturalCellulosicBast/HempFibers.aspx)

เส้นใยกัญชง (Hemp fibers) จากเปลือกของต้นกัญชง ดังแสดงในรูป 2.2 เป็นเส้นใยที่ประกอบขึ้นจากเส้นใยเล็กๆ (Elementary fibrils) ที่ยึดประสานกันอยู่ด้วย คาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งเรียกว่า เพคติน (Pectinous gums) ที่พบอยู่มากทั้งในส่วนผนังเซลล์ปฐมภูมิ (Primary wall) และ มิดเดิลลาเมลลา (Middle lamella) ซึ่งเป็นส่วนที่เป็นผนังร่วมของเซลล์สองเซลล์ที่อยู่ติดกัน เพคตินในส่วนมิดเดิลลาเมลลา จะถูกหล่อหุ้มด้วยลิกนิน (Lignin) ซึ่งให้คุณสมบัติการยึดเกาะที่แข็งแรงทำให้เส้นใຍยากต่อการแยกออกเป็นเส้นขนเล็กๆ ลิกนินทำให้เกิดความแข็งแรงกับผนังเซลล์จะอยู่ที่มิดเดิลลาเมลลาและผนังเซลล์ทุติยภูมิ (Secondary cell wall) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) คือเซลลูโลสที่มีลักษณะเป็นกิ่งก้านไม่ใช่สายตรงเหมือนเซลลูโลสที่เป็นเส้นใย มีรูปร่างแบบอสัณฐาน และมีการจัดเรียงตัวแบบไม่เป็นระเบียบ (Amorphous and Un-oriented) อยู่ตรงที่ว่างระหว่างเส้นใยเล็กๆตรงส่วนผนังเซลล์ปฐมภูมิและทุติยภูมิ ไม่ละลายในน้ำแม้ในสถานะที่ให้ความร้อน สร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างตัวมันเองกับเส้นใยเซลลูโลส เส้นใยเซลลูโลสหนึ่งเส้นจึงประกอบขึ้นจากการหล่อหุ้มเส้นใยเซลลูโลสขนาดเล็กๆที่โยงใยกันไปมาด้วยเฮมิเซลลูโลสและลิกนิน สามารถจินตนาการเห็นเส้นใยหน่วยเล็กๆ (Elementary fibrils) ของเส้นใยฝังตัวอยู่ในเนื้อของลิกนินและเฮมิเซลลูโลส จากรูป 2.3



รูป 2.2 เส้นใยกัญชงจากเปลือกต้นกัญชง

(ภาพจาก: www.textileschool.com/School/Fiber/NaturalCellulosicBast/HempFibers.aspx,
www.hempbuilding.com/about.shtml, และ www.surfco2free.org/wood-as-a-material/)



- A | ผนังเซลล์ที่มี microfibrils เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส, เพคติน, ลิกนิน และโปรตีนที่ละลายน้ำได้
- B | เอนไซม์เซลลูโลส synthase อยู่ในรูปของดอกกุหลาบเชิงซ้อนซึ่งลอยในเยื่อหุ้มที่
- C | Lignification เกิดขึ้นในชั้น S1, S2 และ S3 ของผนังเซลล์

รูป 2.3 ภาพจินตนาการเส้นใย (Elementary fibrils) หน่วยเล็กๆ ของเส้นใยฝังตัวอยู่ในเนื้อของลิกนินและเฮมิเซลลูโลส (ภาพจาก: www.nature.com/nrg/journal/v9/n6/full/nrg2336.html)

เส้นใยกัญชงดิบ ประกอบด้วย เส้นใยเซลลูโลส 67 ถึง 78 เปอร์เซ็นต์ และสิ่งที่ไม่ใช่เนื้อแท้ของเส้นใยเซลลูโลส ประกอบด้วย เฮมิเซลลูโลส 5.5 ถึง 16.1 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน 3.7 ถึง 8 เปอร์เซ็นต์ เพคติน 0.9 ถึง 4.3 เปอร์เซ็นต์ และอื่นๆ เช่น ไขมันและไขแข็ง (Fats and Waxes)

สิ่งที่ไม่ใช่เนื้อแท้ของเส้นใยเซลลูโลส จะส่งผลต่อคุณสมบัติของเส้นใย เช่น ความละเอียด ความยืดหยุ่น ความสม่ำเสมอ และการดูดซับความชื้น และส่งผลต่อกระบวนการผลิตสิ่งทอในลำดับขั้นต่างๆ เช่น การปั่น

เป็นเส้นด้าย การทำผืนผ้า และการย้อมสี การลอกกำจัดเอาส่วนที่ไม่ใช่เนื้อแท้ของเส้นใยเซลลูโลสออก ด้วยวิธีการที่เหมาะสมและไม่ทำลายโครงสร้างของเส้นใย ทำให้ได้เส้นใยเซลลูโลสจากต้นกล้วยซึ่งที่พร้อมสำหรับกระบวนการผลิตเส้นใย ผืนผ้า ฟอก ย้อม พิมพ์ เพื่อสร้างเป็นผลิตภัณฑ์สิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มต่อไป [1-3]

2.2.1 เซลลูโลส

เซลลูโลสเป็นส่วนของผนังเซลล์ของพืชมีหน้าที่ช่วยยึดโครงสร้างให้คงสภาพเป็นโพลิเมอร์สายยาวไม่มีกิ่งของกลูโคส(β -D-glucopyranose)ที่ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก โครงสร้างโพลิเมอร์สายยาว ค่า DP (Degree of Polymerization) ของเซลลูโลสที่เกิดขึ้นในธรรมชาติอยู่ระหว่าง 10,000 (glucopyranose units) สำหรับเนื้อไม้ ถึง 15,000 สำหรับเส้นใยฝ้าย สายใยเซลลูโลสประมาณ 20 ถึง 300 เส้น จับรวมกันเป็นเส้นใยเซลลูโลสเล็กๆ(microfibrils) และรวมตัวกันด้วยพันธะโควาเลนต์ ไฮโดรเจน และแวนเดอร์วาลส์ เป็นเส้นใยเซลลูโลสที่มีขนาดใหญ่ขึ้น พันธะไฮโดรเจนภายในสายใยโพลิเมอร์ทำให้เส้นใยมีความยาวตรงขณะที่พันธะไฮโดรเจนระหว่างสายใยโพลิเมอร์นำไปสู่การสร้างโครงสร้างแบบเป็นระเบียบเกิดโครงร่างผลึก(order, crystalline)หรือแบบไม่เป็นระเบียบเกิดโครงร่างแบบอสัณฐาน(disorder, amorphous) [4]

2.2.2 เฮมิเซลลูโลส

เฮมิเซลลูโลสเป็นโพลิเมอร์แบบเฮเทอโรโพลิเมอร์ของเพนโทส (pentoses:xylose, arabinose) เฮกโซส (hexoses: mannose, glucose, galactose) และ acetylated sugars มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับเซลลูโลส กิ่งสั้นๆที่ต่ออยู่กับสารโซ่แกนกลางสามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสได้ง่าย เฮมิเซลลูโลสของพืชที่มีลักษณะเหมือนฟางข้าวและหญ้าจะมีไซโรสในรูปไซแลน (xylan) ซึ่งสามารถสกัดออกในสภาวะกรดหรือต่างขณะที่การสกัดเฮมิเซลลูโลสในไม้เนื้อแข็งในรูปกลูโคแมนแนน (glucomannan) ต้องใช้สภาวะด่างที่รุนแรงกว่า เฮมิเซลลูโลสจะทนทานต่อสารเคมีที่มีการใช้อุณหภูมิร่วมในการทำปฏิกิริยได้น้อยกว่าสารประกอบตัวอื่นๆในพืชเส้นใยกลุ่มที่มีสารลิกนินเป็นองค์ประกอบร่วม (lignocelluloses) [5,6]

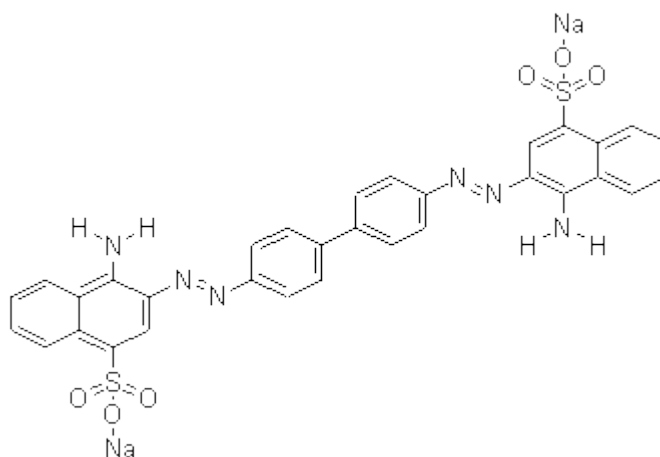
2.2.3 ลิกนิน

ลิกนินมีโครงสร้างแบบอสัณฐานเกิดจากการเกิดพันธะกันของโคพอลิเมอร์ของฟีนิลโพรเพน (p-coumaryl, coniferyl and sinapyl alcohol) เป็นเสมือนกาวที่ติดเส้นใยเซลลูโลสไว้กับส่วนประกอบอื่นๆ ทำให้มีสมบัติไม่ละลายน้ำ การกำจัดลิกนินหรือการแยกเส้นใยออกจากลิกนินทำได้โดยใช้สารเคมีเป็นตัวทำลายภายหลังการทำปฏิกิริยาหรือการทำพรีทรีตเมนต์(Pre-treatment) ด้วยสารเคมี ลิกนินถูกกำจัดออกไป เส้นใยจะมีพื้นที่ภายในโครงสร้างเพิ่มขึ้นมีโอกาสในการทำปฏิกิริยาในกระบวนการต่างๆมากขึ้น [7,8]

2.2 สีย้อม [9-14]

2.2.1 สีย้อมตรง

สีย้อมตรง (Direct) เป็นสีที่เมื่อละลายน้ำจะแตกตัวให้ประจุลบ (Anionic dye).มีความสามารถในการเกาะติดกับเส้นใยได้โดยตรง บางครั้งจึงเรียกว่า “Substantive dyes” สามารถใช้ย้อมเส้นใยเซลลูโลสเช่น ฝ้าย เรยอน ลิโนิน ปอ และป่าน มีคุณสมบัติที่ดีในเรื่องของการเคลือบผิว (Penetration) ความสม่ำเสมอ (Leveling) รวมทั้งยังง่ายต่อการใช้งาน สีชนิดนี้ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบอะโซ (AZO) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มีหมู่ซัลโฟเนตที่ทำให้สีสามารถละลายน้ำและแตกตัวให้ประจุลบ (Anionic sulfonate group, $-\text{SO}_3^-$) โมเลกุลของสีจะจัดเรียงตัวแทรกอยู่ในระหว่างโมเลกุลเส้นใยและยึดจับกันกับเส้นใยด้วยแรงแรงแวนเดอร์วาลส์ (Van Der Waals forces) และพันธะไฮโดรเจน (H-Bonding) สีไม่ทนต่อการซักน้ำ ตากง่าย ทนทานต่อแสง ในปี ค.ศ. 1884 (พ.ศ. 2427) สีย้อมตรงตัวแรกชื่อว่า คองโกเรด (Congo Red) ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาในโลก สำหรับชื่อโดเร็กต์นั้นมาจากการที่สีสามารถย้อมได้โดยตรงกับเส้นใยไม่จำเป็นต้องปรับสภาวะเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาหรือเกิดพันธะโควาเลนต์กับเส้นใยเหมือนสีรีแอคทีฟ (Reactive dyes) หรือต้องทำให้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำก่อนแล้วค่อยเปลี่ยนรูปกลับมาเป็นสีที่ไม่ละลายน้ำเมื่ออยู่ในเส้นใยเหมือนกับสีวัตและสีซัลเฟอร์ (Vat and Sulfur dyes)



รูป 2.4 สีคองโกเรด (Congo Red)

ประเภทของสีไดเร็กซ์

1. กลุ่ม A “Self Leveling Dye”

กลุ่มเอ (Class A) ที่เรียกว่า Self-levelling หรือ สีประเภทย้อมสม่ำเสมอด้วยตัวเอง สีกลุ่มนี้จะมีการเคลือบตัวสูง เพราะว่ามีขนาดโมเลกุลเล็กกว่ากลุ่มอื่นๆ เป็นสีที่ย้อมง่ายสุดเพราะมีขนาดโมเลกุลเล็ก แต่มีต้นทุนที่สูงเพราะมีกระบวนการผลิตยาก จึงไม่นิยมนำมาใช้งาน ในกระบวนการย้อมไม่ต้องใช้ต่าง สีสามารถปรับความสม่ำเสมอด้วยตัวเองได้

2. กลุ่ม B “Salt Controllable Dye”

กลุ่มบี (Class B) ที่เรียกว่า Salt-controllable หรือ สีประเภทย้อมสม่ำเสมอด้วยการควบคุมเกลือ จึงต้องควบคุมด้วยการเติมเกลือเพื่อให้เกิดการย้อมที่สม่ำเสมอ สีมีขนาดโมเลกุลปานกลาง สีในกลุ่มนี้มีการใช้งานมากที่สุด

3. กลุ่ม C “Temperature Controllable Dye”

กลุ่มซี (Class C) ที่เรียกว่า Temperature-controllable หรือ สีประเภทย้อมสม่ำเสมอด้วยการควบคุมอุณหภูมิ เป็นสีที่ต้องควบคุมทั้งปริมาณเกลือและอุณหภูมิเพื่อให้เกิดการย้อมที่สม่ำเสมอ สีในกลุ่มนี้จะมีขนาดโมเลกุลใหญ่กว่ากลุ่มเอและกลุ่มบี มีการใช้งานปานกลาง

สารช่วยย้อมของสีไดเร็กซ์

ในอ่างย้อมสีไดเร็กซ์ประกอบด้วยน้ำ(ทำหน้าที่ตัวกลาง) สี เกลือแกงหรือเกลือซัลเฟต และสารช่วยเปียกที่มีประจุลบ ส่วนกระบวนการหลังการย้อมอาจประกอบด้วยน้ำ และสบู่อสังเคราะห์

อิทธิพลของสารอิเล็กโทรไลต์

การใส่เกลือแกงหรือเกลือซัลเฟตลงในน้ำย้อมสีไดเร็กซ์จะทำให้ตัวสีซึมเข้าไปในเส้นใยได้มากขึ้น เซลลูโลสเมื่อแช่อยู่ในน้ำจะมีประจุลบซึ่งจะเหมือนกับสีไดเร็กซ์ที่มีสภาพเป็นแอนไอออนิกในน้ำเช่นกัน การใส่สารอิเล็กโทรไลต์ในอ่างย้อมจะทำให้เกิดการผลักดันระหว่างประจุที่เหมือนกันน้อยลงหรือหายไป เส้นใยสามารถเข้าใกล้กับตัวสีและหมู่ที่ว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาของสีและเส้นใยสามารถเกิดปฏิกิริยาหรือเกิดพันธะต่อกัน

อิทธิพลของความร้อน

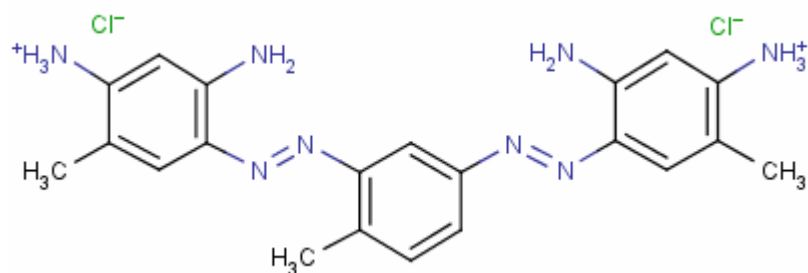
อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการการดูดซึมสีของเส้นใยที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับโครงสร้างสีและชนิดของเส้นใย

เทคนิคหลังการย้อมสีไคเร็กซ์

สีไคเร็กซ์ที่ไม่ทนต่อกระบวนการซักล้างจึงจำเป็นต้องปรับปรุงโดยกระบวนการหลังการย้อมเพื่อผนึกสีให้มีโมเลกุลใหญ่ขึ้น ทำให้เมื่อซักล้างสีจะหลุดยากขึ้น ในปัจจุบันนิยมใช้สารที่มีประจุบวกผนึกสีแต่ความคงทนต่อแสงมักลดลง

2.2.2 สีเบสิก

สีเบสิกหรือสีแคทไอออนิก (Cationic dyes) เมื่ออยู่ในน้ำแสดงประจุบวกและเกิดพันธะพันธะไอออนิก(Ionic bonding)กับเส้นใยที่แสดงประจุลบ ในปี ค.ศ. 1856 (พ.ศ. 2399) เพอร์คิน (W.H. Perkin) สังเคราะห์สีสังเคราะห์สีแรกของโลกคือ สีเบสิกสีม่วงสด เรียกว่า โมฟ (Mauve) ในระยะแรกใช้ในการย้อมเส้นใยไหม ขน แกะ และเซลลูโลสอะซิเตด ต่อมาพบว่าใช้ย้อมเส้นใยอะคริลิกซึ่งมีประจุลบได้ดี ปัจจุบันสามารถใช้ย้อมเส้นใยพอลิเอสเตอร์ชนิดที่สามารถย้อมด้วยสีที่มีประจุบวก (Cationic dyeable polyester) การย้อมด้วยสีเบสิกจะให้เฉดสีที่สดใส แต่สีมักมีความคงทนต่อแสงต่ำ แต่ปัจจุบันได้ปรับปรุงให้มีความคงทนต่อแสงได้มากขึ้น น้ำที่ใช้ในการย้อมไม่ควรมีภาวะเป็นด่างเพราะจะทำให้สีตกตะกอนได้ ในการย้อมเส้นใยอะคริลิกสีจะถูกดูดซึมและยึดติดกับสายโซ่พอลิเมอร์ของเส้นใยได้เร็วมากจนเกิดความไม่สม่ำเสมอจึงต้องมีการเติมสารหน่วงการย้อม (Retarder) ที่นิยมใช้จะเป็นสารที่มีหมู่แสดงประจุบวกที่มีขนาดโมเลกุลเล็กกว่าโมเลกุลสีย้อม เพื่อช่วยชะลออัตราเร็วในการแพร่ของสีเข้าสู่เส้นใย เมื่อสีแพร่เข้าสู่เส้นใยได้มากถึงระดับหนึ่งโมเลกุลของสารหน่วงขนาดเล็กที่ยึดติดกับสายโซ่พอลิเมอร์แบบชั่วคราวจะหลุดออกจากสายโซ่โมเลกุลของเส้นใย โมเลกุลสีย้อมที่มีขนาดใหญ่กว่าจะเข้ามายึดเกาะกับสายโซ่แทน ปฏิกิริยาการย้อมนี้ทำให้สามารถย้อมใยอะคริลิกได้สม่ำเสมอ



รูป 2.5 ตัวอย่างสีเบสิكبราวไฟว์ (Basic brown 4)

2.2.3 การวัดการดูดซึมสีย้อม

ปริมาณสีย้อมที่ถูกเส้นใยดูดได้หรือการดูดซึมสีย้อมสามารถอธิบายได้ด้วยค่าความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมในอ่างย้อมเมื่อเริ่มต้นและเมื่อสิ้นสุดการย้อม โดยพิจารณาตามกฎเบียร์แลมเบิร์ต (Beer–Lambert's Law) ซึ่งกล่าวว่าความเข้มข้นของการย้อมในสารละลายหาได้จากการวัดการดูดกลืนแสงของสารละลายสีย้อม ณ ความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ชนิดยูวี-วิสิเบิล (UV Visible Spectrophotometer) ดังสมการ

$$\text{Absorbance} = \log \frac{I_0}{I} = acl$$

เมื่อ	I_0	=	ความเข้มสีที่ตกกระทบเซลล์บรรจุสารละลายสีย้อม
	I	=	ความเข้มแสงที่ส่องทะลุผ่านเซลล์บรรจุสารละลายสีย้อม
	a	=	สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงของสีย้อม (ลิตร/กรัม เซนติเมตร) (extinction coefficient or absorptivity of dye)
	C	=	ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมในเซลล์บรรจุ (กรัม / ลิตร)
	l	=	ระยะความหนาของเซลล์ที่แสงส่องผ่าน (เซนติเมตร)

3 การส่งเสริมกัญชง ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจบนพื้นที่สูง [15,16]

เพื่อสนองพระราชดำริสมเด็จพระนางเจ้าฯ พระบรมราชินีนาถ เมื่อวันที่ 11 สิงหาคม 2542 ซึ่งพระราชทานแก่คณะรัฐมนตรีและผู้เข้าเฝ้าฯ ถวายพระพร ณ พระที่นั่งดุสิตาลัยฯ ดังมีใจความว่า "ได้เสด็จไปจังหวัดแม่ฮ่องสอนได้รู้เกี่ยวกับต้นกัญชง มีความเสียใจที่ทางกฎหมายว่าเป็นยาเสพติดว่าเป็นต้นกัญชา ที่จริงมีการปลูกมาตั้งแต่ปู่ตาทวดและได้นำมาทอเป็นเสื้อผ้า โอกาสดีที่อเมริกันมิชชันนารีขึ้นไปสอนศาสนาอยู่กับชาวเขา เห็นชาวเขาใส่ผ้ากัญชงบางๆ ได้สอนให้เลี้ยงแกะให้ใช้ขนแกะผสมกับกัญชงทำให้มีผ้าอบอุ่น"

เมื่อวันที่ 22 กันยายน 2552 ที่ประชุมคณะรัฐมนตรี (ครม.) ได้เห็นชอบตามที่สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) นำเสนอยุทธศาสตร์การส่งเสริมกัญชง ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจบนพื้นที่สูง (ปี 2552-2556) พร้อมกับให้ตั้งคณะกรรมการขึ้นมาดำเนินการตามยุทธศาสตร์ดังกล่าว

ปัจจุบันกรมวิชาการเกษตรเป็นหน่วยงานหนึ่งที่ได้รับมอบหมายให้วางแผนการวิจัยและพัฒนาเพื่อสนับสนุนตามพระราชดำริและตามมติคณะรัฐมนตรีโดยกรมวิชาการเกษตรโดยศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ได้ดำเนินการค้นคว้าและวิจัยพืชชนิดนี้มาตั้งแต่ปี 2538 ผลการค้นคว้าศึกษาของกรมวิชาการเกษตร ระบุข้อดีของการปลูกพืชกัญชงเชิงเศรษฐกิจ ทำให้เศรษฐกิจของประเทศดีขึ้น เพราะสามารถแปรรูปได้ถึง 25,000-50,000 อย่างในรูปแบบของกระดาษ สิ่งทอ ยา อาหาร วัสดุก่อสร้าง พลาสติก น้ำมันและประโยชน์ทางการเกษตรซึ่งสิ่ง

เหล่านี้ประเทศไทยยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศแต่ละปีเป็นมูลค่านับแสนล้านบาท พืชชนิดนี้ปลูกอายุเพียง 75-90 วัน สามารถนำมาใช้ทำประโยชน์ทำกระดาษหรือสิ่งทอได้ แทนที่จะใช้ต้นไม้ใหญ่ซึ่งต้องปลูก 6-20 ปี การส่งเสริมปลูกพืชกัญชงอาจมีผลกระทบเนื่องจากเป็นพืชที่มีลักษณะคล้ายกัญชา แม้ใบของพืชกัญชงสายพันธุ์ในประเทศไทยจะมีขนาดใหญ่กว่ากัญชาบางครั้งผู้ลักลอบปลูกกัญชาอาจแอบอ้างเป็นกัญชงได้ เพื่อตัดปัญหาดังกล่าวการปลูกกัญชงควรจะมีการขออนุญาตจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง มีการลงทะเบียนผู้ปลูก และอนุญาตเป็นรายๆไป เพื่อให้เกิดผลดีต่อระบบควบคุมและกลไกการตลาด ปัจจุบันการปลูกพืชกัญชงต้องเสนอผ่านสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา โดยมีรัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุข หรือคณะรัฐมนตรีเป็นผู้อนุมัติ โดยดูประวัติผู้ขอรับอนุญาตมีประวัติฝ่าฝืนกฎหมายหรือไม่ ข้อมูลกรมวิชาการเกษตรยังระบุความแตกต่าง "กัญชง" กับ "กัญชา" ว่ากัญชงไม่ใช่เสพติด แต่ใช้ประโยชน์ได้ในปัจจัยสี่ถึง 25,000-50,000 ชนิด ส่วนกัญชานั้นใช้เป็นสารเสพติด

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การใช้ประโยชน์จากเส้นใยกัญชงซึ่งเป็นเส้นใยที่มีคุณภาพสูงรวมทั้งน้ำมันจากเมล็ดกัญชงเพื่อใช้เป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและเครื่องสำอางมีแนวโน้มที่จะทวีความสำคัญเพิ่มขึ้นในตลาดโลก แต่ในประเทศไทยกัญชงยังถูกจำแนกเป็นกัญชาซึ่งจัดเป็นยาเสพติดให้โทษประเภท 5 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณและคุณภาพของสารสำคัญ ได้แก่ THC CBD และ CBN ในกัญชงรวมทั้งปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณสารสำคัญ ได้แก่ สภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ ช่วงเวลาที่ปลูก และการเจริญเติบโตเพื่อสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการจำแนกสายพันธุ์ที่ใช้เป็นยาเสพติด หรือใช้ประโยชน์จากเส้นใย โดยได้ดำเนินการปลูกกัญชง 3 สายพันธุ์ ในพื้นที่ที่มีสภาพภูมิประเทศต่างๆกัน 3 พื้นที่ นำมาตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญโดยใช้วิธีแก๊สโครมาโตกราฟี ทุก 15 วันจนถึงระยะออกดอก พบว่าระดับความสูงของพื้นที่ปลูกไม่มีผลปริมาณสารสำคัญ THC และ CBD แต่มีปริมาณ เพิ่มขึ้นเมื่อมีอายุมากขึ้น มากที่สุดในระยะออกดอกโดยปริมาณ THC มีค่าประมาณแบบช่วงที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เท่ากับ 1.032-1.220 %w/w ปริมาณ cannabidiol (CBD) อยู่ในช่วง 0.324-0.407 %w/w และมีค่าอัตราส่วน CBD:THC อยู่ในช่วง 0.31-0.40 ปริมาณ CBN พบน้อยกว่า 0.005%w/w ส่วนในกัญชา (3 ตัวอย่าง) พบว่ามีปริมาณ THC เฉลี่ยค่อนข้างสูงเท่ากับ 2.926%w/w และ CBD 0.092%w/w พบว่าปริมาณ THC ของกัญชงที่ปลูกในเดือนมิถุนายนสูงกว่ากัญชงที่ปลูกในเดือนสิงหาคม นอกจากนี้พบว่าปริมาณ THC มีความสัมพันธ์กับปริมาณ CBD และความสูงของต้นกัญชงที่ระดับนัยสำคัญ .05 โดยปริมาณ THC มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับปริมาณ CBD มีสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 63% ($R^2=0.628$) ส่วนความสูงของต้นกัญชง มีความสัมพันธ์กับอายุของต้นกัญชง เส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น และความสูงของพื้นที่ที่ปลูก โดยมีสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 94% ($R^2=0.941$) จากการสำรวจการปลูกกัญชงในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดตาก พบว่าในช่วงอายุ 40-

100 วัน มีปริมาณ THC ในช่วง 0.178-1.007 %w/w by dry weight ทางด้านข้อมูลการเจริญเติบโต พบว่า ทั้งความสูงของต้นกัญชาและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นของทั้ง 3 สายพันธุ์ไม่ต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .05 ข้อมูลจากงานวิจัยครั้งนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการจำแนกกัญชาออกจากกัญชา รวมทั้งมาใช้ในการกำหนดมาตรการ การควบคุม และการปรับปรุงกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง ในการส่งเสริมการปลูกพืชกัญชาเพื่อเป็นพืชเศรษฐกิจต่อไป [17]

น.ส.อาภาพร สุทธิพัฒนสมบุญ นักศึกษาปริญญาตรีปี 4 ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล พัฒนาเทคนิคแยก "กัญชา-กัญชา" ใช้ตรวจหาร่องรอยนิติวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาเทคนิคตรวจ ยีนแยกกัญชาออกจากกัญชา ให้ผลแม่นยำ มีความจำเพาะสูงแม้มีตัวอย่างสารพันธุกรรมเพียงน้อยนิด ระดับพิกแกรม หวังนำไปใช้ตรวจหาร่องรอยกัญชาในทางนิติวิทยาศาสตร์เพื่อควบคุมการใช้พืชเสพติดในไทย พร้อมเป็นข้อมูลพิจารณาสนับสนุนการปลูกกัญชาอย่างถูกกฎหมายให้เป็นพืชเศรษฐกิจตัวใหม่ของไทย [18]

เส้นใยกัญชากายหลังการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมคลอไรด์สกัดเอาเฮมิเซลลูโลสและ ลิกนินออกมีแรงดึงดูดต่อโมเลกุลของน้ำเพิ่มขึ้น(capillary properties) 2.7 เท่า การสกัดออกของเฮมิ เซลลูโลสทำให้เส้นใยดูดความชื้นเพิ่มขึ้นและความสามารถในการบวมลดลง ขณะที่การสกัดออกของลิกนิน ทำให้การดูดความชื้นลดลงและการบวมน้ำเพิ่มขึ้น [19]

จากการศึกษาการแยกเพคตินออกจากกัญชาโดยวิธีแช่ฟอกปกติโดยใช้แบคทีเรียตามธรรมชาติ หรือ warm water retting ของก้านกัญชา กับการแช่ฟอกแบบปกติร่วมกับการใช้แบคทีเรียสำหรับย่อยเพคตินหรือ bio-retting ของเปลือกกัญชา การแช่ฟอกวิธีปกติทั้งต้นของกัญชาที่เก็บเกี่ยวก่อนโตเต็มวัย และวิธีการตาก น้ำค้างเพื่อย่อยแยกเพคตินออกจากแฟล็กซ์เพื่อให้ได้ใยลินิน พบว่ากระบวนการของเส้นใยกัญชาใช้น้ำมากกว่า กระบวนการของแฟล็กซ์ วิธีแบบ bio-retting มีผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศและต้องใช้ พลังงานมากกว่าในขั้นตอนของการทำเส้นใย การใช้กัญชาก่อนโตเต็มวัยมีการแปรผันสูงจากอิทธิพลของ อากาศ น้ำ การใช้ยากำจัดศัตรูพืช กระบวนการทำเส้นใยจากกัญชาที่สามารถประหยัดพลังงานและ ทรัพยากรน้ำสามารถช่วยลดสภาวะโลกร้อน [20]

การศึกษากิจกรรมของสภาวะโลกร้อน (global warming (GWP)), สภาวะความเป็นกรด (acidification (AP)), eutrophication (EP), photochemical oxidant formation (POP), การใช้พลังงาน (energy use (EU)) และ การใช้ยาฆ่าแมลง(pesticide use (PU)) ต่อการผลิตเส้นใยกัญชาและลินินพบว่าทั้งหมดมีผลต่อ การผลิตเส้นใยกัญชามากกว่าเส้นใยลินิน [21]

การศึกษาประสิทธิภาพของเอนไซม์เพื่อทดแทนสารเคมีในกระบวนการลอกล้างไขมันและไขแข็ง (Enzyme scouring) ในเส้นใยลินินพบว่าเอนไซม์เพคตินเนสมีประสิทธิภาพสูงกว่าเอนไซม์ไซลานเนสซึ่งมีประสิทธิภาพเท่ากับเอนไซม์กาแลคโตมานนาเนสและโปรติเอสซึ่งมีประสิทธิภาพมากกว่าเอนไซม์ไลเปสซึ่งมีประสิทธิภาพมากกว่าหรือเท่ากับเอนไซม์แลคเคส ตามลำดับ

(pectinase>xylanase=galactomannanase=protease>lipase>=laccase) [22]

การศึกษาผลของการทรีตเมนต์แบบต่อเนื่องด้วยเอนไซม์เพคตินเนสและอุณหภูมิความร้อนจากไอน้ำและไอร้อน (steam explosion and dry heating) ต่อคุณภาพจุลินทรีย์และส่วนประกอบทางเคมีในเส้นใยกัญชง พบว่าการทำทรีตเมนต์ด้วยเอนไซม์ทำให้เชื้อราในเส้นใยเติบโตขึ้น 500 เท่า (500-fold increase in colony-forming units (cfu)) ปริมาณเซลล์จุลินทรีย์เพิ่มขึ้น 6 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในช่วง 67 ถึง 70 เปอร์เซ็นต์ การทำทรีตเมนต์ด้วยไอน้ำทำให้เชื้อราลดลงจนคงที่ที่ระดับ 10^2 โคโลนี (cfu/g dw) ปริมาณเซลล์จุลินทรีย์เพิ่มเป็น 74 เปอร์เซ็นต์ การทรีตเมนต์ด้วยเอนไซม์ไม่มีผลกระทบต่อแบคทีเรียขณะที่การทรีตเมนต์ด้วยไอน้ำทำให้ลดลง 10 เท่า การทรีตเมนต์ด้วยไอร้อนไม่มีผลกระทบต่อเชื้อราและแบคทีเรียที่อุณหภูมิต่ำกว่า 120 °C เวลาน้อยกว่า 60 นาที การทรีตเมนต์เส้นใยที่ผ่านเอนไซม์ทรีตเมนต์ทำให้เซลล์จุลินทรีย์เพิ่มขึ้น 78 เปอร์เซ็นต์ [23]

นอกเหนือจากการทำเป็นสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มเส้นใยกัญชงและลินินถูกนำมาศึกษาความเป็นไปได้ในการทำเป็นฉนวนกันความร้อน โดยศึกษาและอภิปรายสมบัติด้านการนำความร้อนและปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง รวมถึงปัจจัยด้านราคา ความคงที่ด้านคุณภาพ และสิ่งที่ต้องวิจัยลำดับถัดไป [24]

การสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีการกลั่นไอน้ำจากดอกชอกกัญชงสดซึ่งเพาะปลูกจากหลายแหล่งในศูนย์กลางอิตาลี เพื่อตรวจหาปริมาณสารแคนนาบินอยด์ (Cannabinoid content) ซึ่งจะต้องอยู่ในระดับที่กำหนด เป็นแนวคิดในการนำน้ำมันหอมระเหยจากดอกซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ มาใช้ประโยชน์ในการทำเป็น สารปรุงแต่งธรรมชาติและสารเติมแต่งน้ำหอม (essential oils as natural flavour and fragrance additives) [25]

การศึกษาผลของการสกัดของเฮมิเซลลูโลสและลิกนินต่อการดูดซับความชื้น การดูดซับไอโอดีน สมบัติทางไฟฟ้าและขนาดของเส้นใยกัญชงโดยใช้ตัวทำละลายคือโซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมคลอไรด์ เมื่อสกัดเฮมิเซลลูโลสออกเส้นใยแยกออกเป็นอิสระต่อกันได้ดีกว่าการสกัดลิกนินโดยที่เส้นใยเล็กลง 12 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการสกัด การสกัดของเฮมิเซลลูโลสเพิ่มการดูดซับความชื้นและไอโอดีนและการต้านทานไฟฟ้า การสกัดของลิกนินลดการดูดซับความชื้นและไอโอดีนและต้านทานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยก่อนการสกัด [26]

เมื่อนำเส้นใยกล้วยซึ่งกำจัดเฮมิเซลลูโลสและลิกนินแล้วไปใช้ประโยชน์ในการดูดซับตะกั่ว แคดเมียม และสังกะสี (Pb^{2+} , Cd^{2+} and Zn^{2+} ions) ในน้ำ พบว่าเมื่อทดสอบการดูดซับแบบแยกชนิดปริมาณการดูดซับโลหะทั้ง 3 ชนิดจะเหมือนกันคือ 0.078 มิลลิโมลต่อกรัม และแบบผสมพบว่าการดูดซับ ตะกั่ว แคดเมียม และสังกะสีคือ 0.074, 0.035 และ 0.035 มิลลิกรัมต่อโมล ตามลำดับ [27]

การศึกษาสมบัติคอมโพสิตพอลิโพรพิลีน (isotactic polypropylene, PP) กับเส้นใยกล้วย โดยศึกษาวัสดุคอมโพสิตที่เกิดจากการกราฟต์กล้วยด้วยไกลซิديلเมทาคริเลต (glycidyl methacrylate, GMA) การกราฟต์เมตริกซ์พอลิโพรพิลีนด้วยไกลซิديلเมทาคริเลต และวัสดุที่ผสมตัวผสมซึ่งประกอบด้วย พอลิโพรพิลีนกราฟต์ไกลซิديلเมทาคริเลต, สไตรีน-(เอทิลีน บิวทิลีน)-สไตรีน และสไตรีน-(เอทิลีน บิวทิลีน)-สไตรีนกราฟต์ด้วยไกลซิديلเมทาคริเลต (PP-g-GMA, SEBS, SEBS-g-GMA) พบว่าการกระจายตัวของเส้นใยในคอมพอสิตที่เส้นใยและเมตริกซ์ผ่านการกราฟต์และผสมกับตัวผสมดีกว่าการกระจายตัวของเส้นใยในคอมพอสิตที่เส้นใยและเมตริกซ์ไม่ได้ผ่านการกราฟต์ การยึดติดกันระหว่างเส้นใยและเมตริกซ์ดีกว่าชนิดไม่ได้กราฟต์เนื่องจากการเกิดพันธะเคมีระหว่างเมตริกซ์และเส้นใย คอมพอสิตมีเกิดการเปลี่ยนแปลงของลักษณะและพฤติกรรมของผลึกเมื่อเปรียบเทียบกับพอลิโพรพิลีน อุณหภูมิในการเกิดผลึก (120 ถึง 138 องศาเซลเซียส) สูงขึ้นกว่าของพอลิโพรพิลีนเมื่อเพิ่มปริมาณของกล้วยกราฟต์ไกลซิديلเมทาคริเลต คอมพอสิตทั้งหมดมีค่าความต้านแรงดึงของวัสดุเพิ่มขึ้น (ประมาณ 2.9 GPa) มีค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวก่อนขาดลดลง โดยที่การผสมตัวผสม PP-g-GMA (10 phr) ทำให้ความแข็งแรงคงรูปเพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดการยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยและเมตริกซ์เพิ่มขึ้น [28]

กล้วยชนิดแห้งและชนิดเก็บเกี่ยวสด (ensiled hemp) หลังพรีทรีตเมนต์ด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 2 เปอร์เซ็นต์ ($2\%SO_2$) ต่อเนื่องด้วยไอน้ำ 210 องศาเซลเซียส 5 นาที มีปริมาณกลูโคสสูงสุด เมื่อนำไปผลิตเอทานอลโดยนำไปผ่านกระบวนการย่อยแบ่งให้มีโมเลกุลเล็กลง (saccharification) และการหมัก (fermentation) ในเวลาเดียว กล้วยสดได้เอทานอล 163 กรัมต่อกิโลกรัมและกล้วยแห้งได้เอทานอล 171 กรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งอยู่ระหว่าง 206 ถึง 216 ลิตรต่อมิลลิกรัมเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักอบแห้งของกล้วย [29]

การแยกเส้นใยเดี่ยวออกจากกลุ่มของเส้นใยแบบดั้งเดิมโดยการฝั่งตากน้ำค้าง (dew retting) แล้วทรีตเมนต์ด้วยวิธีเชิงกลต่างๆ ใช้เวลานานและยากต่อการควบคุมคุณภาพ มีความพยายามในการหาวิธีทดแทนวิธีแบบดั้งเดิมโดยนำเปลือกที่ลอกออกจากกล้วยซึ่งผ่านแช่ฟอกแบบไม่สมบูรณ์ (semi-retting) มาทำการทรีตเมนต์ด้วยไอน้ำ (steam explosion treatment, STEX) และค้นหาสภาวะที่พบว่าเหมาะสม พบว่าการแช่ฟอกในด่างและทรีตเมนต์ด้วยไอน้ำที่ 200 องศาเซลเซียส 90 นาที (1.5 MPa) แล้วล้างด้วยอุปกรณ์ล้างเพื่อแยกเส้นใย ใช้เวลาน้อยกว่าวิธีดั้งเดิมและกระบวนการสามารถควบคุมได้ [30]

การศึกษาการทำถ่านกัมมันต์ (activated carbon) จากใยกล้วยงโดยการเผาแบบไพโรไลซิส (Pyrolysis) ใช้ตัวกระตุ้นกรดฟอสฟอริก (phosphoric acid activation) ที่ 400 ถึง 600 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการวิเคราะห์พื้นผิวและสมบัติทางเคมีด้วย TG/DTA, SEM, cryogenic N₂ adsorption, FTIR และ XPS จากนั้นนำไปทดสอบการดูดซับสี acid blue 9 ผลการศึกษาพบว่าถ่านกัมมันต์มีการกระจายตัวของรูพรุนขนาดเล็กมากที่สุดและขนาดกลางน้อยที่สุดในพื้นผิว ปริมาตรโดยรวมของรูพรุนเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการเผาจนถึง 450 องศาเซลเซียสและปริมาตรโดยรวมของรูพรุนจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ขนาดของพื้นผิวมากที่สุดคือ 1142 ตารางเมตรต่อกรัม และ ปริมาตรโดยรวมของรูพรุนมากที่สุด 0.67 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม กรดฟอสฟอริกทำให้เกิดฟอสฟอรัสในโครงสร้างของถ่านกัมมันต์ สามารถใช้ Langmuir isotherm อธิบายการดูดซับสี acid blue 9 [31]

การศึกษาสมบัติเส้นใยกล้วยงหลังทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์ อะซิติกแอนไฮไดร มาเลอิกแอนไฮไดร และไซเลน พบว่ามีค่าความต้านแรงดึง (Tensile strength) ของเส้นใยหลังทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์ เพิ่มขึ้นเล็กน้อยซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของผลึกเซลลูโลส ค่าความต้านแรงดึงของเส้นใยซึ่งทำปฏิกิริยากับ อะซิติกแอนไฮไดร มาเลอิกแอนไฮไดร ไซเลน และโซเดียมไฮดรอกไซด์กับไซเลนลดลงเล็กน้อย น่าจะเป็นผลมาจากการลดลงของผลึกเซลลูโลส ค่ามอดุลัสของสภาพยืดหยุ่น (Young's modulus) ของเส้นใยที่ผ่านการทำปฏิกิริยากับสารทุกชนิดเพิ่มขึ้น น่าจะเป็นผลมาจากการหลุดลอกออกของสิ่งที่ไม่ใช่เซลลูโลส ระหว่างการทำปฏิกิริยา [32]

เส้นใยกล้วยงถูกใช้สำหรับงานคอมพอสิตในพลาสติกหรือคอนกรีตเพื่อเพิ่มสมบัติเชิงกล การต้านทานความร้อนและการดูดซับเสียง จึงมีการศึกษาคุณภาพในการเป็นวัสดุสำหรับงานคอมพอสิตอย่างหลากหลาย รวมถึงการศึกษาวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวและแรงยึดติดกับซิลิกาคอลลอยด์ของเส้นใยกล้วยงหลังพรีทรีตเมนต์ด้วยสารเคมีด้วยเทคนิค colloidal probe AFM (CP-AFM) การวิเคราะห์ทางเคมี Atomic Force Microscopy (AFM) และ Scanning Electron Microscopy (SEM) ผลการศึกษาพบว่าลักษณะพื้นผิวแตกต่างกันตามสารเคมีที่ใช้และค่าแรงยึดเหนี่ยวตรวจวัดจาก capillary force และ Van der Waals' force มีค่าสูงกว่าเมื่อทำการพรีทรีตเมนต์เส้นใยกล้วยงด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ [33]

การศึกษาความเป็นรูพรุน การดูดซับไอน้ำ ของปูนขาว-กล้วยง กล้วยง-ซีเมนต์สำเร็จรูป และกล้วยง-ขนสัตว์ (lime-hemp render, hemp mortar and hemp wool) ในงานผนังฉาบ ซึ่งมักมีสมบัติกันความร้อน ปล่อยให้อากาศถ่ายเท พบว่าปูนขาวกล้วยงและกล้วยงซีเมนต์สำเร็จรูปมีรูพรุนขนาดใหญ่พอกับขนาดกลางและขนาดเล็กและไอโซเทอร์มของการดูดซับไอน้ำเป็นแบบที่ 2 (Type II) [34]

ใยแฟล็กซ์และกัญชงใช้ผลิตเส้นด้ายสำหรับสิ่งทอตั้งแต่ศตวรรษที่ 18 ก่อนที่ใยฝ้ายจะเข้ามาแทนที่ ปัจจุบัน ความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีและการพัฒนาสายพันธุ์ทำให้สามารถเข้าใจถึงความสลับซับซ้อนในระดับยีนส์ที่สัมพันธ์กับคุณภาพเส้นใยนำไปสู่เป้าหมายของการคิดค้นและเพาะพันธุ์พืชเส้นใยหลายชนิดที่สามารถเป็นทางเลือกเพื่อทดแทนฝ้ายพืชเหล่านี้รวมถึงแฟล็กซ์และกัญชง [35]

การศึกษาสมบัติการเปียกของเส้นใยที่แยกออกมาจากต้นแฟล็กซ์และกัญชง โดยจะนำลำต้นมาตากแห้ง เลาะกิ่งออกจากก้าน ทับก้าน ลอกเอาส่วนเปลือกที่มีเส้นใยอยู่ด้วยออกจากก้านที่แตกหักเป็นชิ้น แยกชิ้นหรือเนื้อไม้ที่แตกหักเป็นชิ้นส่วนหยาบและชิ้นส่วนละเอียด พบว่าเส้นใยกัญชงแบบที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการ retting และที่ผ่านกระบวนการแบบ frost retting และเส้นใยแฟล็กซ์ที่ไม่ผ่านกระบวนการ retting สามารถดูดซับน้ำเร็วกว่าเส้นใยแฟล็กซ์ที่ผ่านกระบวนการแบบ frost-retting 10 นาที ชิ้นส่วนหยาบที่ไม่ได้ผ่านการ retting และชิ้นส่วนหยาบที่ผ่านกระบวนการแบบ frost-retting มีการดูดซึมน้ำใกล้เคียงกัน กรณีต้องการเส้นใยที่มีการดูดซับน้ำมาก ๆ ควรนำกัญชงไปผ่านกระบวนการ retting นานขึ้น กรณีต้องการเส้นใยที่มีสมบัติดูดซึมน้ำไม่ดีควรนำแฟล็กซ์ไปผ่านกระบวนการ retting ให้นานขึ้นเช่นกัน [36]

เพคตินและเฮมิเซลลูโลสในเส้นใยหลังกระบวนการแยกเส้นใยโดยการหมักด้วยน้ำทะเลลดน้อยลงจากการตรวจวัดด้วยเครื่อง Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) และ การวิเคราะห์เชิงเคมี จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง scanning electron microscopy (SEM) พบว่าสารยึดติดที่ไม่ใช่เซลลูโลสในเส้นใยถูกลอกออกจนสามารถปรากฏให้เห็นหลังการหมักด้วยน้ำทะเล จากการคัดแยกพบว่าแบคทีเรีย คือ *Stenotrophomonas maltophilia* และ *Ochrobactrum anthropi* จากกระบวนการเป็นตัวย่อยสลายเพคตินทำให้เส้นใยเดี่ยวแยกออกมาได้ดี (high levels of pectinase activities) [37]

สีของเส้นใยยาวจากลำต้นได้รับการปรับปรุงเมื่อผ่านการฟรีทรีตเมนต์ด้วยสารเคมี พบความแตกต่างของสีของเส้นใยกัญชงซึ่งผ่านการฟรีทรีตเมนต์ด้วยด่างและสารฟอกขาวกลุ่มโซเดียมเพอร์ออกไซด์ [38]

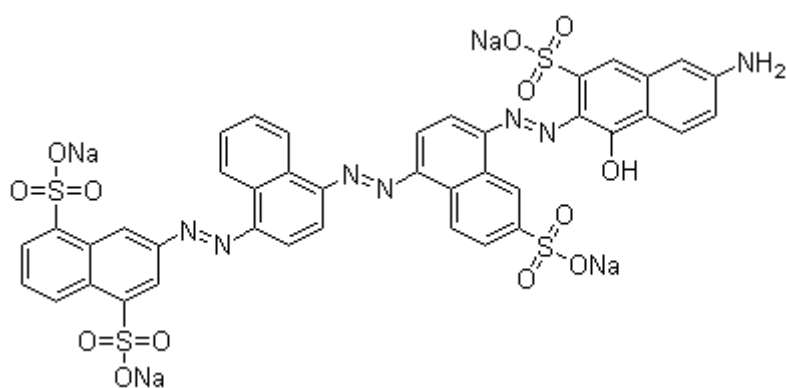
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัสดุ

1. เบสีกนอกจากล้าตันักญชง
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 17.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร
3. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaClO₂) 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร
4. กรดอะซิติก 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร
5. โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)
6. สีไธเร็กซ์ Sirius Blue S-BRR (C₄₀H₂₃N₇Na₄O₁₃S₄, Mw. 1029.86) จาก Dystar
7. สีเบสิค Methylene blue (C₁₆H₁₈ClN₃S.2H₂O, Mw. 355.89) pure dry content 82% จาก Asia Pacific Specialty Chemicals Limited (APS)
8. สารบอแรกซ์ (Borax, Na₂B₄O₇·10H₂O, Mw.381.37)
9. กรดบอริก (boric acid, H₃BO₃, Mw. 61.83)

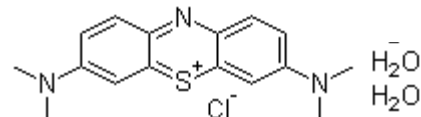
2. เครื่องมือและอุปกรณ์

1. อุปกรณ์เครื่องแก้ว
2. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียด 4 ตำแหน่ง (Precisa 40SM-200A)
3. ตู้อบแห้ง (Fisher Scientific 625G)
4. เครื่องวัดค่า pH (Eutech pH 510)
5. เครื่องย่อยระบบอินฟราเรด (UGOLINI)
6. เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ชนิดยูวี-วิสิเบิล (UV-Visible spectrophotometer)
7. เครื่องเขย่าอัลตราโซนิก (Elma)
8. กล้องจุลทรรศน์ Scanning Electron Microscope (GAM SCAN MX2000)
9. เครื่องวัดความชื้นอัตโนมัติ (LJ 16 Moisture Analyzer)
10. ถุงพลาสติก ถุงซีป สำหรับเก็บตัวอย่าง
11. ขวดเก็บตัวอย่างน้ำสีเพื่อนำไปวัดค่าการดูดซับคลื่นแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์



Sirius Blue S-BRR

(C.I. Direct Blue 71)



Methylene Blue

(C.I. Basic Blue 9)

รูป 3.1 โครงสร้างทางเคมีสีไดเรกต์ Sirius Blue S-BRR และ สีเบสิก Methylene Blue

3. ขั้นตอนการทดลอง

3.1 การเตรียมตัวอย่างและสารเคมี

- ชั่งโยกัญชงตัวอย่างละ 1.5 กรัม ใส่ถุงซิปลงละ 1 ตัวอย่าง
- เตรียมสารละลายไซเตียมไฮดรอกไซด์ 17.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตรโดยชั่งไซเตียมไฮดรอกไซด์ 17.5 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นในปิកเกอร์ขนาดพอประมาณ ตั้งทิ้งไว้จนสารละลายในปิกเกอร์เย็นตัวลงแล้วรินใส่ขวดวัดปริมาตร 100 ml ใช้น้ำชะสารละลายจากปิกเกอร์แล้วรินรวมในขวดวัดปริมาตรใบเดิม จากนั้นใช้น้ำกลั่นปรับปริมาตรให้พอดี
- เตรียมสารละลายไซเตียมคลอไรด์ 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร โดยชั่งไซเตียมคลอไรด์ 0.7 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นในปิกเกอร์ขนาดพอประมาณ ตั้งทิ้งไว้จนสารละลายในปิกเกอร์เย็นตัวลงแล้วรินใส่ขวดวัดปริมาตร 100 ml ใช้น้ำชะสารละลายจากปิกเกอร์แล้วรินรวมในขวดวัดปริมาตรใบเดิม จากนั้นใช้น้ำกลั่นปรับปริมาตรให้พอดี

- เตรียมน้ำสีสำหรับย้อมสีไดเรกต์ Sirius Blue S-BRR

สูตร 1. 1% owf , Liquor Ratio 20:1, โซเดียมคลอไรด์ 5 กรัม/ลิตร, อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส 60 นาที

สูตร 2. 3% owf ,Liquor Ratio 20:1, โซเดียมคลอไรด์ 12 กรัม/ลิตร, อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส 60 นาที

ทำ Stock สี 1% W/V โดยชั่งสี 1 กรัม ละลายในบีกเกอร์คนให้ละลายแล้วเขย่าสีให้ละลายสม่ำเสมอด้วยเครื่องอัลตราโซนิกครึ่งชั่วโมง แล้วเทลงในขวดปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ทำ Stock โซเดียมคลอไรด์ 10 % W/V โดยละลายโซเดียมคลอไรด์ 10 กรัม แล้วเทลงในขวดปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร

- เตรียมน้ำสีสำหรับย้อมสีเบสิก Methylene Blue

สูตร สี 600 มิลลิกรัมต่อลิตร, Liquor Ratio 50:1, อุณหภูมิห้อง, 120 นาที

ทำ Stock สี โดยชั่งสี 600 มิลลิกรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นในบีกเกอร์แล้วนำไปเขย่าด้วยเครื่องอัลตราโซนิกครึ่งชั่วโมงแล้วเทลงในขวดปรับปริมาตรให้ได้ 1000 มิลลิลิตร

ทำสารละลายบอแรกซ์ pH 8.5 โดยละลายบอแรกซ์ 76.2 กรัมด้วยน้ำกลั่นแล้วเทลงขวดปรับปริมาตร 1000 มิลลิลิตร จะได้บอแรกซ์ 0.2 M ซึ่งกรดบอริก 12.37 กรัมแล้วเทลงขวดปรับปริมาตรให้ได้ 1000 มิลลิลิตร จะได้กรดบอริก 0.2 M ผสมกรดบอริก 0.2 M ในสารละลายบอแรกซ์ 0.2 M จนได้ค่า pH = 8.5

3.2 การทำฟิสิทรีตเมนต์และการตรวจวัดการดูดความชื้น

3.2.1 การทำฟิสิทรีตเมนต์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5%W/Vและตรวจวัดการดูดความชื้น

1. ใส่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5 เปอร์เซ็นต์ ที่เตรียมไว้จำนวน 75 มิลลิลิตร ในกระบอกย้อม จากนั้นใส่ตัวอย่างใยกล้วยงที่เตรียมไว้ 1.5 กรัม ลงในกระบอก กดเส้นใยให้จมอยู่ในสารละลาย ทำซ้ำทั้งหมด 6 กระบอกย้อม
2. นำกระบอกย้อมทั้งหมด 6 กระบอกใส่ในเครื่องย้อมระบบอินฟราเรด แล้วตั้งเวลาให้หมุน 60 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

3. เมื่อเวลาผ่านไป 5 นาที หยุดเครื่องแล้วดึงกระบวย้อมออก 1 กระบวย จากนั้นล้างเส้นใยด้วยน้ำผ่าน 5 นาที แล้วปรับให้เป็นกลางโดยการแช่ในกรดอะซิติก 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร จากนั้นล้างกรดออกด้วยวิธีน้ำผ่านหลายครั้ง ตรวจสอบด้วยเครื่องวัด pH จนแน่ใจว่าเป็นกลาง ตากให้แห้งสนิท แล้วเก็บใส่ถุงซิปปิดสนิทและติดป้ายชื่อตัวอย่างบนซอง
4. ทำการทดลองซ้ำข้อ 3 เมื่อเวลา 10 20 30 45 และ 60 นาที
5. นำเส้นใยก่อนฟิรทรีตเมนต์และหลังฟิรทรีตเมนต์ออกจากถุงซิปปิดตั้งพักไว้ในห้องที่จะทำการตรวจวัดความชื้น 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง แล้ววัดความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้นอัตโนมัติ LJ 16 Moisture Analyzer แล้วจดบันทึกค่าความชื้น จากนั้นนำตัวอย่างออกจากเครื่องวัดใส่ถุงซิปปิดเก็บเหมือนเดิม
6. ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 1 ถึง 5 อีก 2 ครั้ง เพื่อเตรียมตัวอย่าง 3 ชุด ให้พร้อมสำหรับการย้อมสี

3.2.2 การทำฟิรทรีตเมนต์แบบแยกด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.7%W/V และตรวจวัดการดูดความชื้น

1. ใส่สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.7 เปอร์เซ็นต์ ที่เตรียมไว้จำนวน 75 มิลลิลิตร ในกระบวย้อม แล้วปรับ pH ของสารละลายในกระบวย้อมให้ได้ pH 4 ด้วยกรดอะซิติก 1 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นใส่ตัวอย่างใยแก้วที่เตรียมไว้ 1.5 กรัม ลงในกระบวย้อม กดเส้นใยให้จมอยู่ในสารละลาย ทำซ้ำทั้งหมด 6 กระบวย้อม
2. นำกระบวย้อมทั้งหมด 6 กระบวย้อมใส่ในเครื่องย้อมระบบอินฟราเรด แล้วตั้งเวลาให้หมุน 60 นาที ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส
3. เมื่อเวลาผ่านไป 5 นาที หยุดเครื่องแล้วดึงกระบวย้อมออก 1 กระบวย จากนั้นล้างเส้นใย 5 นาที ด้วยวิธีน้ำผ่านหลายครั้ง ตรวจสอบด้วยเครื่องวัด pH จนแน่ใจว่าเป็นกลาง ตากให้แห้งสนิท แล้วเก็บใส่ถุงซิปปิดสนิทและติดป้ายชื่อตัวอย่างบนซอง
4. ทำการทดลองซ้ำข้อ 3 เมื่อเวลา 10 20 30 45 และ 60 นาที
5. นำเส้นใยก่อนฟิรทรีตเมนต์และหลังฟิรทรีตเมนต์ออกจากถุงซิปปิดตั้งพักไว้ในห้องที่จะทำการตรวจวัดความชื้น 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง แล้ววัดความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้นอัตโนมัติ LJ 16 Moisture Analyzer แล้วจดบันทึกค่าความชื้น จากนั้นนำตัวอย่างออกจากเครื่องวัดใส่ถุงซิปปิดเก็บเหมือนเดิม
6. ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 1 ถึง 5 อีก 2 ครั้ง เพื่อเตรียมตัวอย่าง 3 ชุด ให้พร้อมสำหรับการย้อมสี

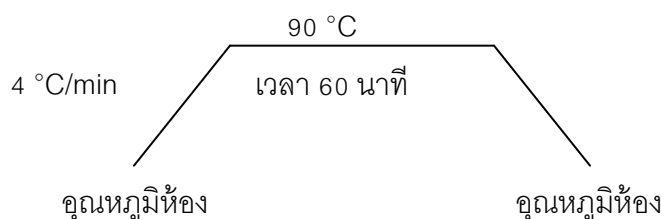
3.2.3 การทำพรีทรีตเมนต์ต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5%W/V และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.7%W/V และตรวจวัดการดูดความชื้น

1. ใส่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5 เปอร์เซ็นต์ ที่เตรียมไว้จำนวน 75 มิลลิลิตร ในกระบอกย้อม จากนั้นใส่ตัวอย่างใยแก้วที่เตรียมไว้ 1.5 กรัม ลงในกระบอก กดเส้นใยให้จมอยู่ในสารละลาย ทำซ้ำทั้งหมด 36 กระบอกย้อม
2. นำกระบอกย้อมทั้งหมด 36 กระบอกใส่ในเครื่องย้อมระบบอินฟราเรด แล้วตั้งเวลาให้หมุน 60 นาที ที่อุณหภูมิห้อง
3. เมื่อเวลาผ่านไป 5 นาที หยุดเครื่องแล้วดึงกระบอกย้อมออก 6 กระบอก จากนั้นล้างเส้นใยด้วยน้ำผ่าน 5 นาที แล้วปรับให้เป็นกลางโดยการแช่ในกรดอะซิติก 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร จากนั้นล้างกรดออกด้วยวิธีน้ำผ่านหลายๆครั้ง ตรวจด้วยเครื่องวัด pH จนแน่ใจว่าเป็นกลาง บิดน้ำออกจากเส้นใยแล้วเก็บใส่ถุงซิปปิดสนิทและติดป้ายชื่อตัวอย่างบนซอง
4. ทำการทดลองซ้ำข้อ 3 เมื่อเวลา 10 20 30 45 และ 60 นาที เพื่อให้ได้ตัวอย่างสำหรับการทำพรีทรีตเมนต์ด้วยโซเดียมคลอไรด์ในลำดับถัดไป
5. ใส่สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.7 เปอร์เซ็นต์ ที่เตรียมไว้จำนวน 75 มิลลิลิตร ในกระบอกย้อม แล้วปรับ pH ของสารละลายในกระบอกให้ได้ pH 4 ด้วยกรดอะซิติก 1 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นใส่ตัวอย่างใยแก้วชุดพรีทรีตเมนต์ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 นาทีลงในกระบอก 6 กระบอก กดเส้นใยให้จมอยู่ในสารละลาย
6. นำกระบอกย้อมทั้งหมด 6 กระบอกใส่ในเครื่องย้อมระบบอินฟราเรด แล้วตั้งเวลาให้หมุน 60 นาที ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส
7. เมื่อเวลาผ่านไป 5 นาที หยุดเครื่องแล้วดึงกระบอกย้อมออก 1 กระบอก จากนั้นล้างเส้นใย 5 นาที ด้วยวิธีน้ำผ่านหลายๆครั้ง ตรวจด้วยเครื่องวัด pH จนแน่ใจว่าเป็นกลาง ตากให้แห้งสนิท แล้วเก็บใส่ถุงซิปปิดสนิทและติดป้ายชื่อตัวอย่างบนซอง
8. ทำการทดลองซ้ำข้อ 3 เมื่อเวลา 10 20 30 45 และ 60 นาที
9. นำเส้นใยก่อนพรีทรีตเมนต์และหลังพรีทรีตเมนต์ออกจากถุงซิปปิดไปตั้งพักไว้ในห้องที่จะทำการตรวจวัดความชื้น 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง แล้ววัดความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้นอัตโนมัติ LJ 16 Moisture Analyzer แล้วจดบันทึกค่าความชื้น จากนั้นนำตัวอย่างออกจากเครื่องวัดใส่ถุงซิปปิดเก็บเหมือนเดิม
10. ทำการทดลองซ้ำข้อ 5 ถึง 9 โดยใช้ชุดเส้นใยผ่านพรีทรีตเมนต์ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 20 30 45 และ 60 นาที ตามลำดับ
11. ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 1 ถึง 10 อีก 2 ครั้ง เพื่อเตรียมตัวอย่าง 3 ชุด ให้พร้อมสำหรับการย้อมสี

3.3 การย้อมสีเส้นใยพรีทรีตเมนต์แบบแยกและต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5%W/V และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.7%W/V และตรวจวัดการดูดซึมสี

3.3.1 ย้อมสี Sirius Blue S-BRR 1% owf

1. ใช้ปิเปตดูดน้ำสี Stock 1% ออกมาเท่ากับ 1.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในกระบอกย้อม แล้วเติมน้ำกลั่นลงในกระบอกจำนวน 27 มิลลิลิตร คนให้รวมเป็นเนื้อเดียวกันด้วยแท่งแก้ว ทำซ้ำจำนวน 20 กระบอกย้อม
2. ใส่เส้นใยชุดที่ 1 จากหัวข้อ 3.2.1 ลงในกระบอกย้อม 1 ถึง 6
3. ใส่เส้นใยชุดที่ 1 จากหัวข้อ 3.2.2 ลงในกระบอกย้อม 7 ถึง 12
4. ใส่เส้นใยชุดที่ 1 จากหัวข้อ 3.2.3 (ชุดพรีทรีตเมนต์ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 นาที) ลงในกระบอกย้อม 13 ถึง 18
5. ใส่เส้นใยตัวอย่างก่อนพรีทรีตเมนต์ 1.5 กรัม ลงในกระบอกย้อม 19
6. ใส่กระบอกย้อมทั้ง 20 กระบอกในเครื่องย้อมอินฟราเรดใช้สภาวะการย้อมดังภาพ

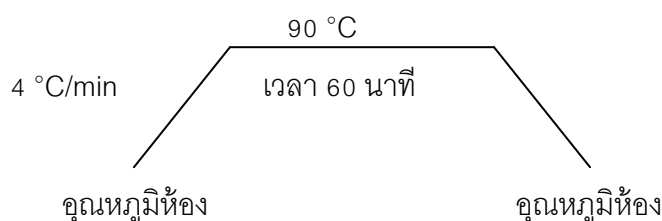


7. เมื่ออุณหภูมิ ถึง 90 องศาเซลเซียส หยุดเครื่องย้อมแล้วเติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ใช้ปิเปตดูดออกมาจากสารละลายโซเดียมคลอไรด์ Stock 1% ใส่ลงในกระบอกย้อมกระบอกละ 1.5 มิลลิลิตร จากนั้นย้อมไปจนถึงเวลาที่กำหนด
8. นำกระบอกย้อมออกจากเครื่อง แช่น้ำให้เย็นแล้วจึงค่อยเปิดฝา นำกระชอนกรองเส้นใยออกจากน้ำย้อม แล้วเก็บน้ำย้อมในขวดปิดฝา ตีดยากันสับสน นำน้ำย้อมไปวัดค่าการดูดซับแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ชนิดยูวี-วิสิเบิล
9. ล้างสีส่วนเกินออกจากเส้นใยสีจนหมด ตากให้แห้ง ตีดยากันเก็บในถุงซิปล็อค เตรียมสำหรับการวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ Scanning Electron Microscope SEM
10. ทำซ้ำขั้นตอน 1 ถึง 9 แต่ใช้เฉพาะเส้นใยจากจากหัวข้อ 3.2.3 ชุดพรีทรีตเมนต์ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 20 30 45 และ 60 นาที จนครบ

3.3.2 ย้อมสี Sirius Blue S-BRR 3% owf

1. ใช้ปิเปตดูดน้ำสี Stock 1% ออกมาเท่ากับ 4.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในกระบอกย้อม แล้วเติมน้ำกลั่นลงในกระบอกจำนวน 21.9 มิลลิลิตร คนให้รวมเป็นเนื้อเดียวกันด้วยแท่งแก้ว ทำซ้ำจำนวน 20 กระบอกย้อม
2. ใส่เส้นใยชุดที่ 2 จากหัวข้อ 3.2.1 ลงในกระบอกย้อม 1 ถึง 6

3. ใส่เส้นใยชุดที่ 2 จากหัวข้อ 3.2.2 ลงในกระบอกย้อม 7 ถึง 12
4. ใส่เส้นใยชุดที่ 2 จากหัวข้อ 3.2.3 (ชุดฟรียูรีตเม้นท์ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 นาที) ลงในกระบอกย้อม 13 ถึง 18
5. ใส่เส้นใยตัวอย่างก่อนฟรียูรีตเม้นท์ 1.5 กรัม ลงในกระบอกย้อม 19
6. ใส่กระบอกย้อมทั้ง 20 กระบอกในเครื่องย้อมอินฟราเรดใช้สภาวะการย้อมดังภาพ



7. เมื่ออุณหภูมิ ถึง 90 องศาเซลเซียส หยุดเครื่องย้อมแล้วเติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ใช้ปีเปตดูดออกมาจากสารละลายโซเดียมคลอไรด์ Stock 1% ใส่ลงในกระบอกย้อมกระบอกละ 3.6 มิลลิลิตร จากนั้นย้อมไปจนถึงเวลาที่กำหนด
8. นำกระบอกย้อมออกจากเครื่อง แช่น้ำให้เย็นแล้วจึงค่อยเปิดฝา นำกระชอนกรองเส้นใยออกจากน้ำย้อม แล้วเก็บน้ำย้อมในขวดปิดฝา ติดป้ายกันสับสน นำน้ำย้อมไปวัดค่าการดูดซับแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ชนิดยูวี-วิสิเบิล
9. ล้างสีส่วนเกินออกจากเส้นใยสีจนหมด ตากให้แห้ง ติดป้าย เก็บในถุงซีป เตรียมสำหรับการวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ Scanning Electron Microscope SEM
10. ทำซ้ำขั้นตอน 1 ถึง 9 แต่ใช้เฉพาะเส้นใยจากจากหัวข้อ 3.2.3 ชุดฟรียูรีตเม้นท์ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 20 30 45 และ 60 นาที จนครบ

3.3.3 ย้อมสีเบสิก Methylene blue

1. ใส่น้ำสี 75 มิลลิลิตร ในกระบอกย้อมแล้วปรับ pH ให้ได้ 8.5 ทำทั้งหมด 20 กระบอก
2. ใส่เส้นใยชุดที่ 3 จากหัวข้อ 3.2.1 ลงในกระบอกย้อม 1 ถึง 6
3. ใส่เส้นใยชุดที่ 3 จากหัวข้อ 3.2.2 ลงในกระบอกย้อม 7 ถึง 12
4. ใส่เส้นใยชุดที่ 3 จากหัวข้อ 3.2.3 (ชุดฟรียูรีตเม้นท์ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 นาที) ลงในกระบอกย้อม 13 ถึง 18
5. ใส่เส้นใยตัวอย่างก่อนฟรียูรีตเม้นท์ 1.5 กรัม ลงในกระบอกย้อม 19
6. ใส่กระบอกย้อมทั้ง 20 กระบอกในเครื่องย้อมอินฟราเรดใช้สภาวะการย้อมดังภาพ
7. ย้อมที่อุณหภูมิห้อง 120 นาที

8. นำกระบอกล้างออกจากเครื่อง แช่น้ำให้เย็นแล้วจึงค่อยเปิดฝา นำกระชอนกรองเส้นใยออกจากน้ำย้อม แล้วเก็บน้ำย้อมในขวดปิดฝา ติดป้ายกันสับสน นำน้ำย้อมไปวัดค่าการดูดซับแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ชนิดยูวี-วิสิเบิล
9. ล้างสีส่วนเกินออกจากเส้นใยสีจนหมด ตากให้แห้ง ติดป้าย เก็บในถุงซีป เตรียมสำหรับการวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ Scanning Electron Microscope SEM
10. ทำซ้ำขั้นตอน 1 ถึง 9 แต่ใช้เฉพาะเส้นใยจากจากหัวข้อ 3.2.3 ชุดฟัรทรีตเมนต์ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 20 30 45 และ 60 นาที จนครบ

3.4 การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมสี

1. นำน้ำย้อมก่อนและหลังกระบวนการย้อมมาเจือจางลงด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วนเดียวกันตลอดการทดลอง
2. วัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ของสารละลายสีที่เจือจางแล้ว ณ ความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสูงสุด ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ชนิดยูวี-วิสิเบิล UV โดยใช้ น้ำกลั่นเป็น Blank
3. คำนวณค่าร้อยละการดูดซึมสี (percentage of exhaustion, %E) ด้วยสมการ

$$\%E = \frac{Abs_0 - Abs_n}{Abs_0} \times 100$$

เมื่อ Abs_0 = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีย้อมเมื่อเริ่มต้น (ก่อนย้อม)
 Abs_n = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีย้อมเมื่อสิ้นสุดเวลาย้อม(นาที)
 โดยงานวิจัยนี้ n คือ 5 10 20 30 45 และ 60 นาที ตามลำดับ

3.5 การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความขึ้น

$$\% \text{ความขึ้น} = \frac{A - B}{A} \times 100$$

เมื่อ A = น้ำหนักเส้นใยก่อนอบ
 B = น้ำหนักเส้นใยหลังอบ

3.6 เครื่องมือในงานวิจัย



เครื่องชั่งแบบละเอียด 4 ตำแหน่ง
(Precisa 40SM-200A)



เครื่องย้อม
ระบบอินฟราเรด



เครื่องวัด pH



UV-Visible spectrophotometer
ICS-TEXTCON 2020 PLUS



เตาอบ
Fisher Scientific 625G

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลของการศึกษาความสัมพันธ์ของการดูดความชื้น และการดูดซึ่มสีของเส้นใยแก้วภายหลังการทำฟรีทรีตเมนต์ แสดงดังต่อไปนี้

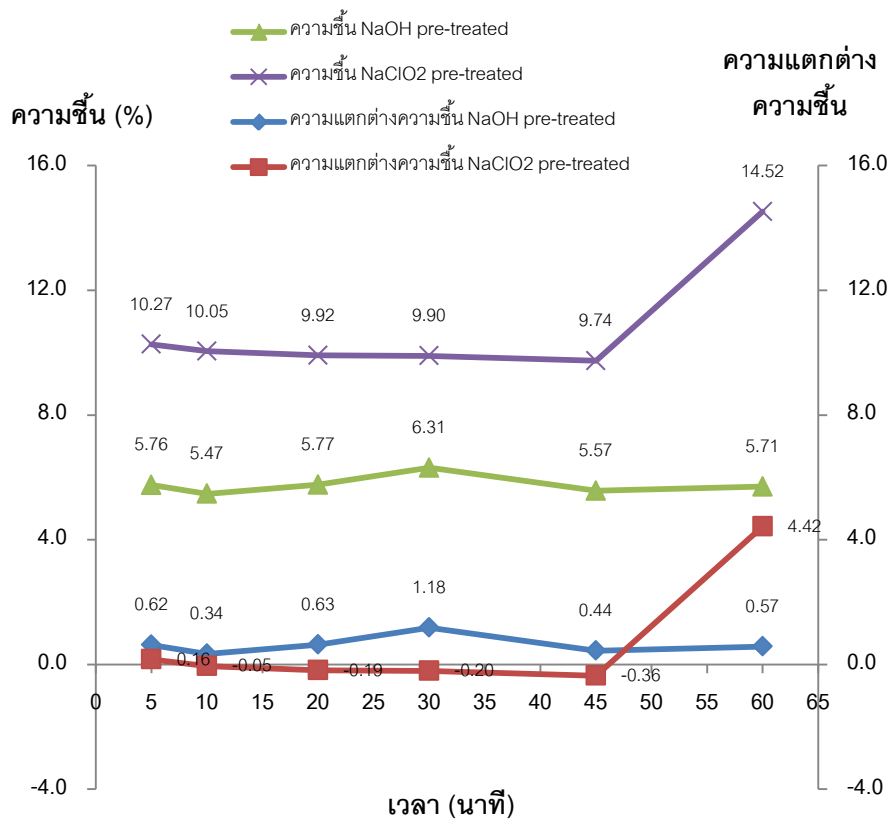
4.1 การดูดความชื้นของเส้นใยภายหลังการทำฟรีทรีตเมนต์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือสารละลายโซเดียมคลอไรด์

จากรูป 4.1 การดูดความชื้นของเส้นใยแก้วภายหลังการทำฟรีทรีตเมนต์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

17.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิห้อง เวลา 5 10 20 30 45 และ 60 นาที มีค่าใกล้เคียงกัน

อยู่ในช่วง 5.47 ถึง 6.31 เปอร์เซ็นต์ ค่าความแตกต่างความชื้นเปรียบเทียบกับค่าความชื้นก่อนทำฟรีทรีตเมนต์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.13 เปอร์เซ็นต์ เป็นค่าบวกตลอดช่วงเวลาในการทำปฏิกิริยาเนื่องจากเส้นใยดูดความชื้นเพิ่มขึ้นหลังการทำฟรีทรีตเมนต์

การดูดความชื้นของเส้นใยภายหลังการทำฟรีทรีตเมนต์ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.7 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่อปริมาตร อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มีค่าใกล้เคียงกันเมื่อใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 5 10 20 30 และ 45 นาทีอยู่ในช่วง 9.90 ถึง 10.27 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าการดูดความชื้นสูงสุด เมื่อใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 60 นาที คือ 14.52 เปอร์เซ็นต์ ค่าความแตกต่างความชื้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าการดูดความชื้นก่อนทำฟรีทรีตเมนต์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10.10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเข้าใกล้ศูนย์มากกว่าการทำฟรีทรีตเมนต์ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ในช่วงเวลา 5 ถึง 45 นาที แสดงให้เห็นว่าความแตกต่างของการดูดความชื้นมีน้อยกว่าการทำฟรีทรีตเมนต์ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยเวลา 10 ถึง 45 นาที มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ที่อยู่ในตำแหน่งค่าความแตกต่างเป็นค่าลบแสดงให้เห็นว่าการดูดความชื้นหลังทำฟรีทรีตเมนต์ที่มีค่าน้อยกว่าการดูดความชื้นก่อนการทำฟรีทรีตเมนต์ ค่าความแตกต่างความชื้นเป็นบวกสูงสุดที่ 60 นาที แสดงให้เห็นการดูดความชื้นหลังทำฟรีทรีตเมนต์มีค่ามากกว่าการดูดความชื้นก่อนทำฟรีทรีตเมนต์และมีค่าดูดความชื้นสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับการทำฟรีทรีตเมนต์ในช่วงเวลา 5 ถึง 45 นาที



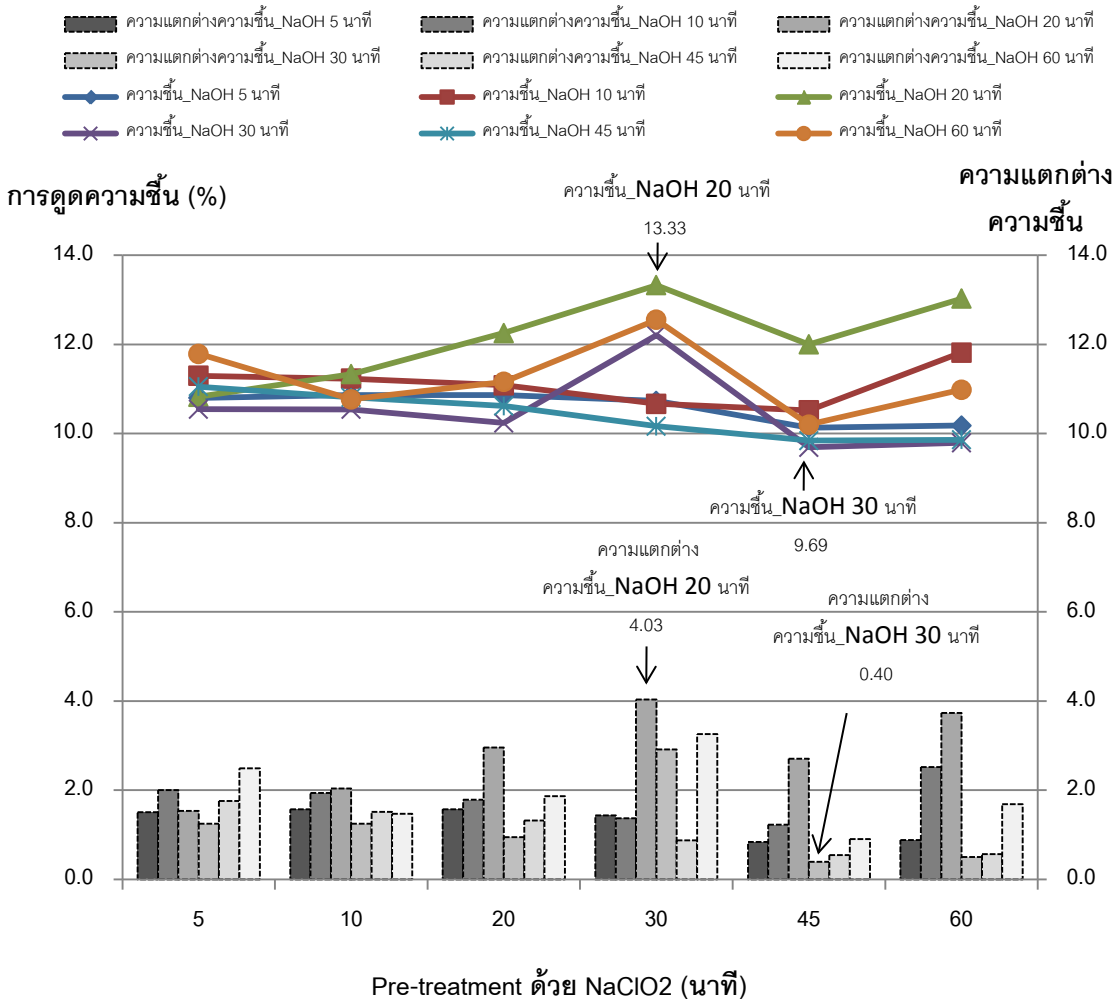
รูป 4.1 การดูความชื้น และความแตกต่างความชื้นของเส้นใยผ่านการ Pre-treatment ด้วย NaOH 17.5% W/V หรือ NaClO₂ 0.7% W/V เวลา 5, 10, 20, 30, 45, 60 นาที

4.2 การดูความชื้นของเส้นใยภายหลังการทำฟรีทรีตเมนต์ต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารละลายโซเดียมคลอไรด์

จากรูป 4.2 การดูความชื้นของเส้นใยกัญชงภายหลังการทำฟรีทรีตเมนต์ต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมคลอไรด์อยู่ในช่วง 9.69 ถึง 13.33 เปอร์เซ็นต์ เส้นใยที่ผ่านการฟรีทรีตเมนต์ทั้งหมดดูความชื้นเพิ่มขึ้นแสดงให้เห็นจากค่าความแตกต่างของการดูความชื้นที่เป็นค่าบวกอยู่ในช่วง 0.4 ถึง 4.03

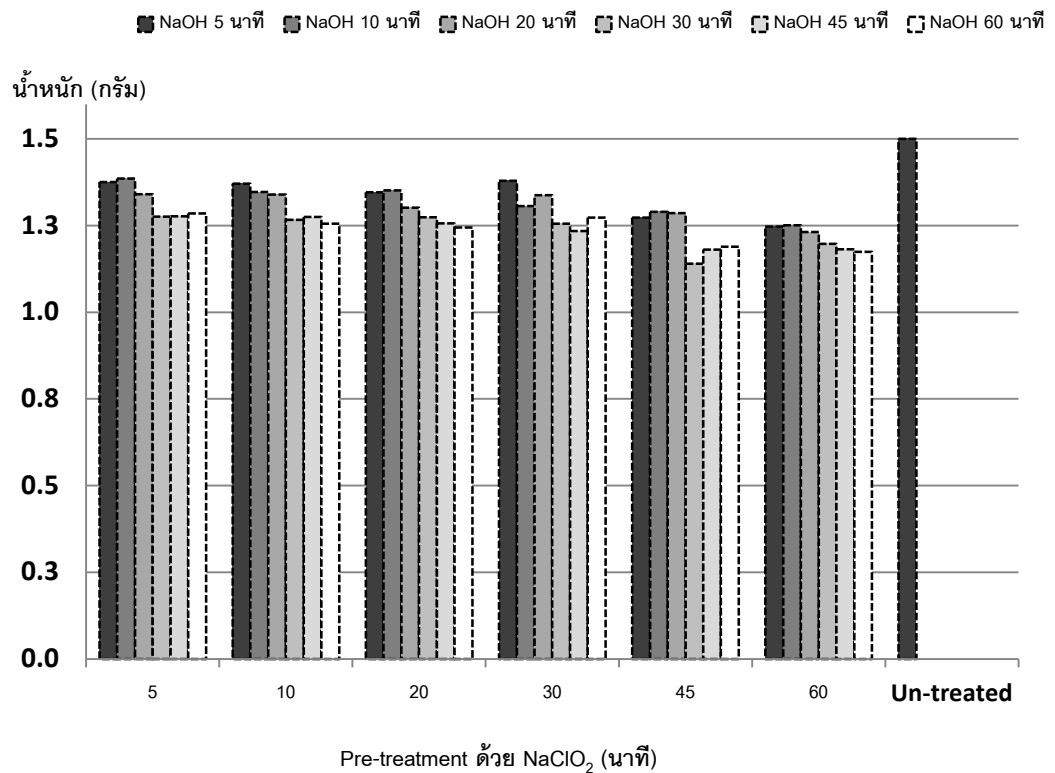
เส้นใยที่ดูความชื้นเพิ่มขึ้นต่ำสุดคือเส้นใยที่ผ่านการฟรีทรีตเมนต์ต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 30 นาที และ สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.7 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 45 นาที ค่าความแตกต่างความชื้นคือ 0.4

โดยนำหน้าต่อปริมาตร 30 นาที ค่าความแตกต่างความชื้นคือ 4.03



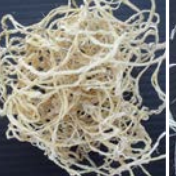
รูป 4.2 การดูความขึ้นและค่าความแตกต่างความขึ้นของเส้นใย Pre-treatment ต่อเนื่องด้วย NaOH 17.5% W/ V และ NaClO₂ 0.7% W/V 5,10,20,30,45 และ 60 นาที

ภายหลังการทำพรีทรีตเมนต์ต่อเนื่องเส้นใยมีน้ำหนักลดลงและดูดความชื้นเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยก่อนพรีทรีตเมนต์ จากรูป 4.3



รูป 4.3 ความสัมพันธ์น้ำหนักเส้นใยกับเวลาในการ Pre-treatment แบบต่อเนื่องด้วย NaOH 17.5% W/V 5, 10, 20, 30, 45, 60 นาที และ NaClO_2 0.7% W/V 5, 10, 20, 30, 45, 60 นาที

จากรูป 4.4 เส้นใยที่ผ่านการฟัรทรีตเมนต์ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์จะมีสีขาวมากกว่าเส้นใยที่ผ่านการฟัรทรีตเมนต์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

ตัวอย่าง						
ก่อน ฟรีทรีตเมนต์						
ฟรีทรีตเมนต์	5 นาที	10 นาที	20 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที
NaOH 17.5% W/V						
NaClO ₂ 0.7%W/V						

รูป 4.4 เส้นใยกล้วยงก่อนและหลังฟรีทรีตเมนต์ด้วย NaOH 17.5%W/V และNaClO₂ 0.7%W/V

รูป 4.5 แสดงลักษณะเส้นใยกล้วยงผ่านการฟรีทรีตเมนต์ต่อเนื่องด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5% W/V และโซเดียมคลอไรท์ 0.7% W/V ตามลำดับ เส้นใยใช้เวลาในการทำฟรีทรีตเมนต์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 45 ถึง 60 นาที มีลักษณะอ่อนนุ่มกว่าเส้นใยใช้เวลาในการทำฟรีทรีตเมนต์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 ถึง 30 นาที เมื่อนำเส้นใยมาผ่านการทำฟรีทรีตเมนต์ต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรท์ ภาพที่ปรากฏแสดงให้เห็นว่าเส้นใยมีความขาวมากขึ้นเมื่อใช้เวลาในการทำฟรีทรีตเมนต์มากขึ้น

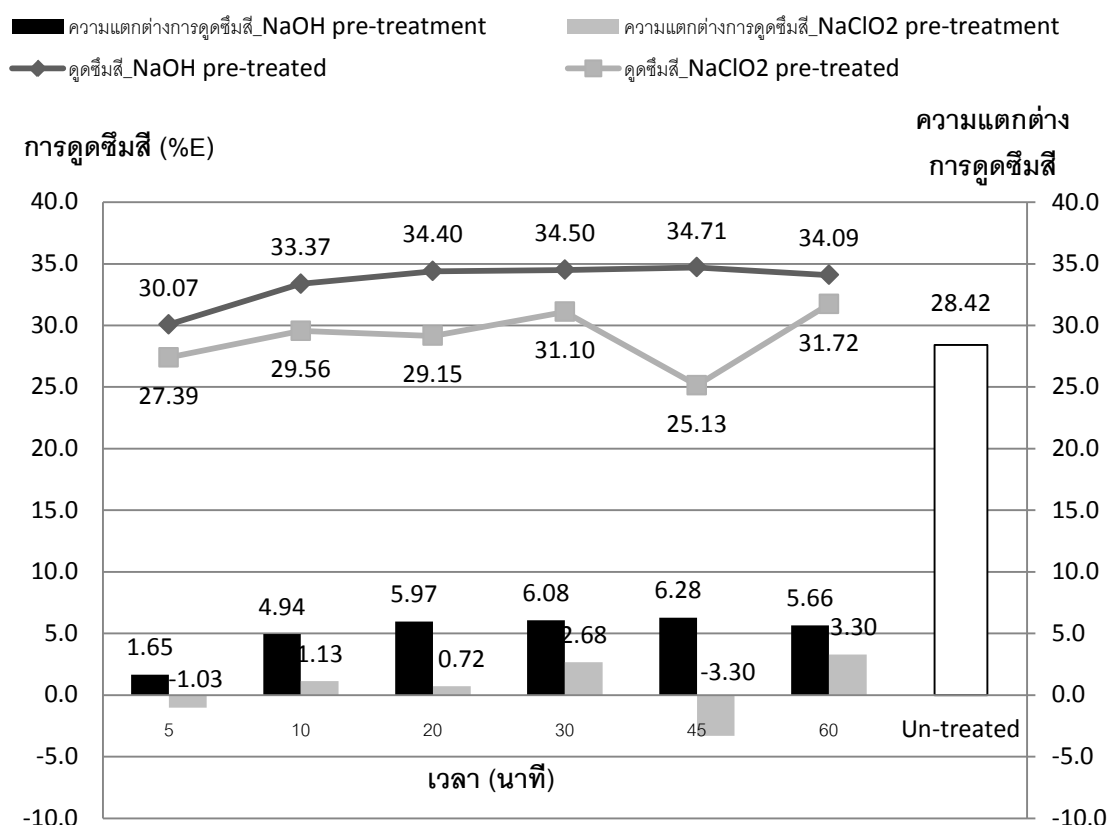
ตัวอย่าง						
พรีทรีตเมนต์						
NaClO ₂ NaOH	5 นาที	10 นาที	20 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที
5 นาที						
10 นาที						
20 นาที						
30 นาที						
45 นาที						
60 นาที						

รูป 4.5 เส้นใยกล้วยพรีทรีตเมนต์ต่อเนื่องด้วย NaOH 17.5%W/V และ NaClO₂ 0.7%W/V

4.3 การดูดซึมสีของเส้นใยภายหลังการทำพรีทรีตเมนต์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์หรือสารละลายโซเดียมคลอไรด์

จากรูป 4.6 การดูดซึมสีไดเรกต์ Sirius Blue ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตรของเส้นใย ภายหลังจากการทำพรีทรีตเมนต์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 17.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิห้อง เวลา 5 10 20 30 45 และ 60 นาที อยู่ในช่วง 30.07 ถึง 34.09 เปอร์เซ็นต์ ค่าความแตกต่างของการดูดซึมสีเปรียบเทียบกับค่าการดูดซึมสีของเส้นใยที่ไม่ได้ผ่านการพรีทรีตเมนต์เป็นค่าบวกตลอดช่วงเวลาในการทำปฏิกิริยาเนื่องจากเส้นใยดูดซึมสีเพิ่มขึ้นหลังการทำพรีทรีตเมนต์ ค่าการดูดซึมสีเพิ่มขึ้น 1.65 สำหรับเส้นใยผ่านการพรีทรีตเมนต์ 5 นาที เพิ่มขึ้น 4.94 สำหรับเส้นใยผ่านการพรีทรีตเมนต์ 10 นาที และเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกัน ในช่วง 5.66 ถึง 6.28 สำหรับเส้นใยผ่านการพรีทรีตเมนต์ในช่วง 20 ถึง 60 นาที

การดูดซึมสีไดเรกต์ Sirius Blue ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตรของเส้นใย ภายหลังจากการทำพรีทรีตเมนต์ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 5 10 20 30 45 และ 60 นาที อยู่ในช่วง 25.13 ถึง 31.72 เปอร์เซ็นต์ ค่าความแตกต่างของการดูดซึมสีเปรียบเทียบกับค่าการดูดซึมสีของเส้นใยที่ไม่ได้ผ่านการพรีทรีตเมนต์ เป็นค่าบวกสำหรับเส้นใยที่ผ่านพรีทรีตเมนต์ 10 20 30 และ 60 นาที อยู่ในช่วง 0.72 ถึง 3.30 เนื่องจากเส้นใยดูดซึมสีเพิ่มขึ้นหลังการทำพรีทรีตเมนต์ อย่างไรก็ตามการดูดซึมสีมีระดับการเพิ่มขึ้นน้อยกว่าการดูดซึมสีของเส้นใยที่ผ่านการพรีทรีตเมนต์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ค่าความแตกต่างของการดูดซึมสีสำหรับเส้นใยผ่านการพรีทรีตเมนต์ 5 และ 45 นาที มีค่าเป็นลบ คือ -1.03 และ -3.30 แสดงให้เห็นว่าเส้นใยมีค่าการดูดซึมสีลดลงหลังการทำพรีทรีตเมนต์



รูป 4.6 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมสีไดเรกต์ Sirius Blue S-BRR 1% W/V (%E) ของเส้นใยที่ผ่านการ
ทำ Pre-treatment ด้วย NaOH หรือ NaClO₂ ที่เวลา 5, 10, 20, 30, 45, 60 นาที

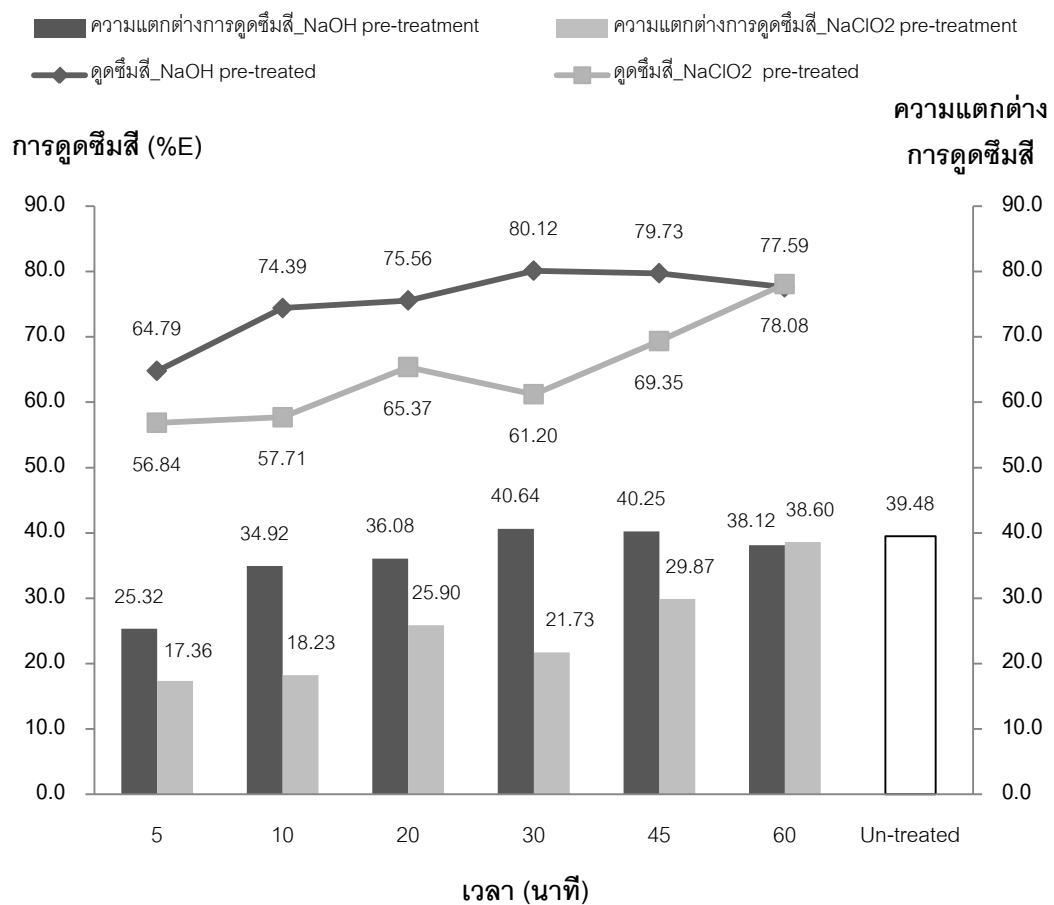
จากรูป 4.7 การดูดซึมสีไดเรกต์ Sirius Blue ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตรของเส้นใย
กัญชงผ่านการทำฟริทรีตเมนต์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 17.5 เปอร์เซ็นต์โดย
น้ำหนักต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิห้อง เวลา 5 10 20 30 45 และ 60 นาที อยู่ในช่วง 64.79 ถึง 80.12
เปอร์เซ็นต์ ค่าความแตกต่างของการดูดซึมสีเปรียบเทียบกับค่าการดูดซึมสีของเส้นใยที่ไม่ได้ผ่านการฟริท
รีตเมนต์เป็นค่าบวกตลอดช่วงเวลาในการทำปฏิกิริยาเนื่องจากเส้นใยดูดความชื้นเพิ่มขึ้นหลังการทำฟริท
รีตเมนต์ อยู่ในช่วง 25.32 ถึง 40.64

การดูดซึมสีไดเรกต์ Sirius Blue ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตรของเส้นใยกัญชงผ่าน
การทำฟริทรีตเมนต์ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร
อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 5 10 20 30 45 และ 60 นาที อยู่ในช่วง 56.84 ถึง 78.08 เปอร์เซ็นต์
ค่าความแตกต่างของการดูดซึมสีเปรียบเทียบกับค่าการดูดซึมสีของเส้นใยที่ไม่ได้ผ่านการฟริทรีตเมนต์

เป็นค่าบวกตลอดช่วงเวลาในการทำปฏิกิริยาเนื่องจากเส้นใยดูดความชื้นเพิ่มขึ้นหลังการทำพรีทรีตเมนต์ อยู่ในช่วง 17.36 ถึง 38.60

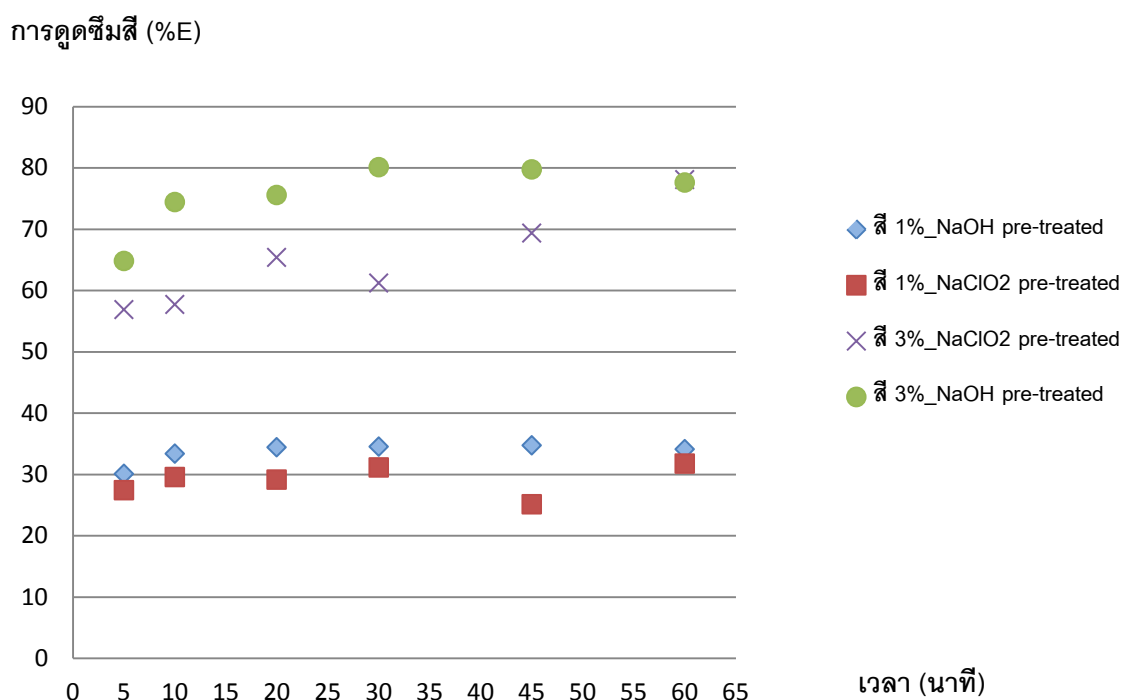
แนวโน้มการดูดซึ่มสีของเส้นใยผ่านการพรีทรีตเมนต์ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์จะเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ ณ เวลาที่ทำการพรีทรีตเมนต์นานที่สุดจะมีค่าการดูดซึ่มสีมากที่สุด

แนวโน้มการดูดซึ่มสีของเส้นใยผ่านการพรีทรีตเมนต์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและเข้าสู่สภาวะที่เกิดการดูดซึ่มสีมากที่สุด ณ เวลาที่ทำการพรีทรีตเมนต์ 30 นาที



รูป 4.7 เปอร์เซนต์การดูดซึ่มสีไดเรกต์ Sirias Blue S-BRR 3% (%E) ของเส้นใยที่ผ่านการทำ Pre-treatment ด้วย NaOH หรือ NaClO2 ที่เวลา 5, 10, 20, 30, 45, 60 นาที

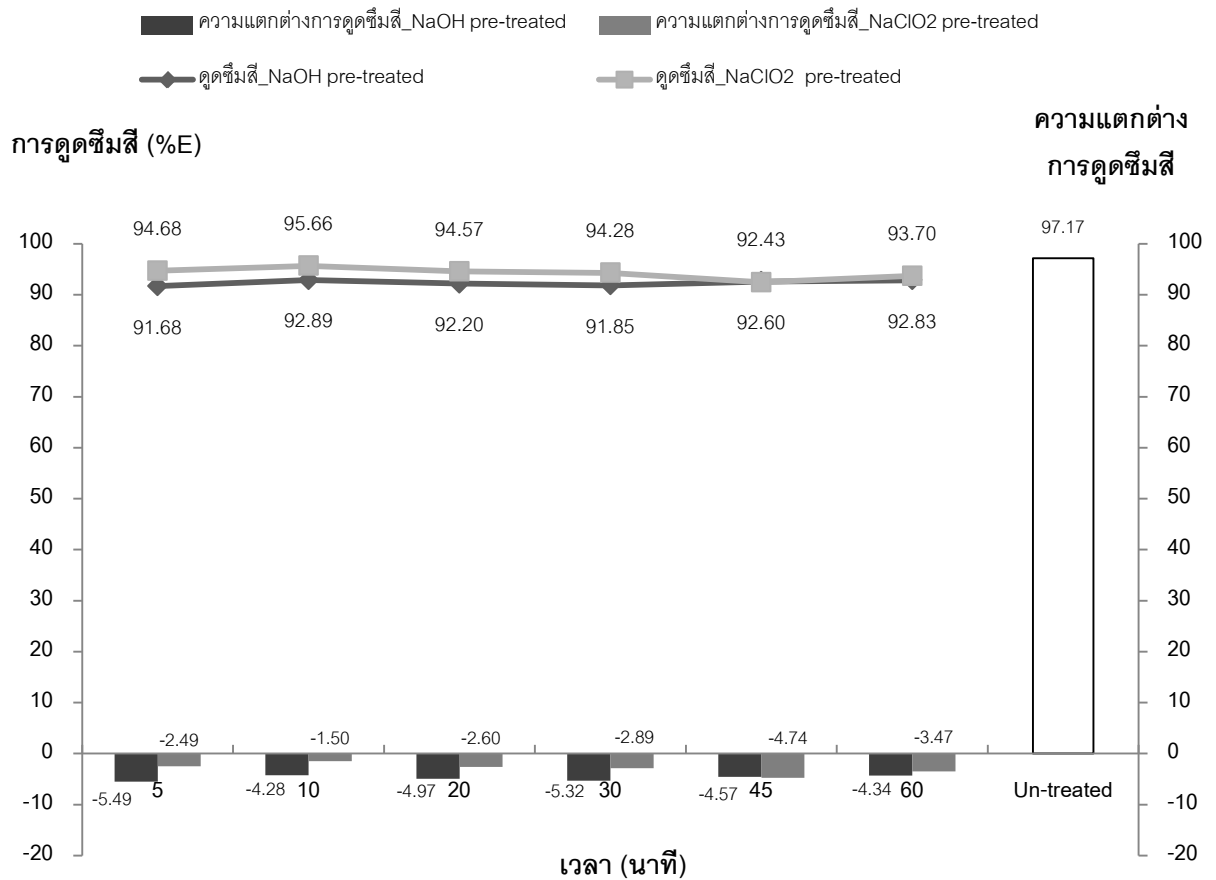
จากรูป 4.8 เส้นใยผ่านการฟรีทรีตเมนต์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถดูดซึมสีย้อมไดเร็กต์ได้ดีกว่าเส้นใยผ่านการฟรีทรีตเมนต์ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรท์ โดยความแตกต่างแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนกว่าสำหรับการดูดซึมสี 3 เปอร์เซนต์



รูป 4.8 เปอร์เซนต์การดูดซึมสีไดเร็กต์ Sirius Blue S-BRR 1% หรือ 3% ของเส้นใย ที่ผ่านการ
ทำ Pre-treatment ด้วย NaOH 17.5% W/V หรือ NaClO₂ 0.7% W/V ที่เวลา 5, 10, 20, 30,
45, 60 นาที

จากรูป 4.9 การดูดซึมสีเบสิก Methylene Blue ความเข้มข้น 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ของเส้นใยกัญชงผ่านการทำฟรีทรีตเมนต์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ อยู่ในช่วง 91.68 ถึง 92.89 เปอร์เซนต์ ค่าความแตกต่างของการดูดซึมสีเปรียบเทียบกับค่าการดูดซึมสีของเส้นใยที่ไม่ได้ผ่านการฟรีทรีตเมนต์เป็นค่าลบตลอดช่วงเวลาในการทำปฏิกิริยาเนื่องจากเส้นใยดูดซึมสีลดลงหลังการทำฟรีทรีตเมนต์ อยู่ในช่วง - 4.28 ถึง - 5.49

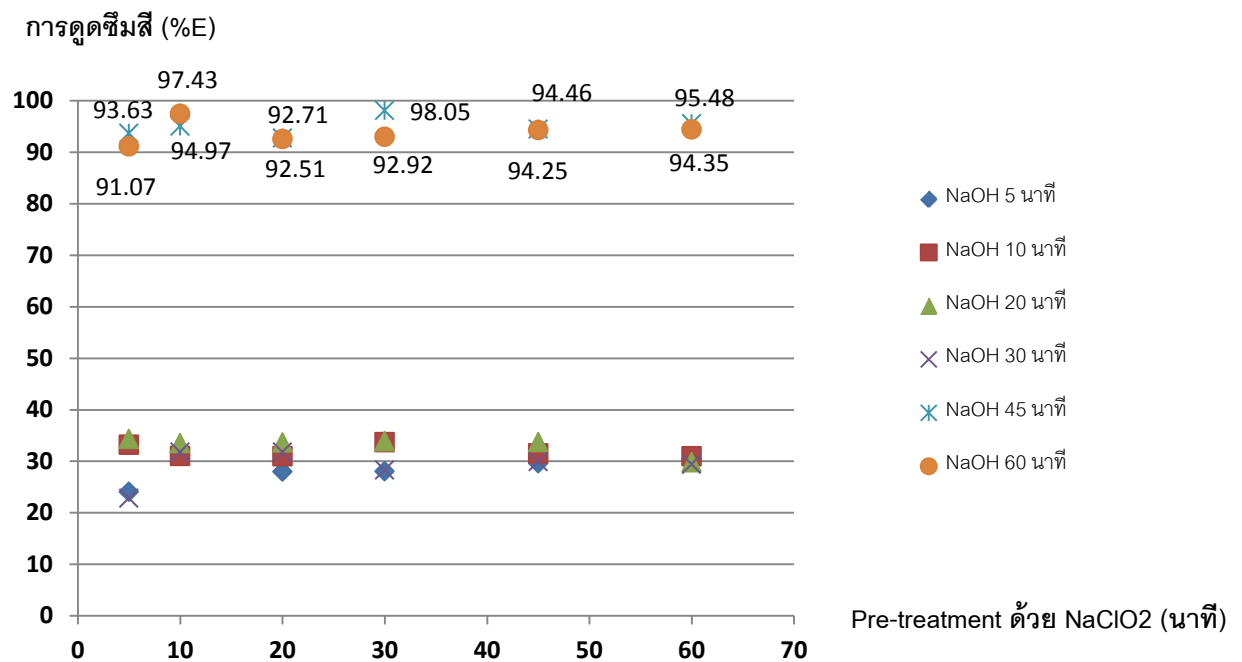
การดูดซึมสีเบสิก Methylene Blue ของเส้นใยผ่านการทำฟรีทรีตเมนต์ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรท์อยู่ในช่วง 92.43 ถึง 95.66 เปอร์เซนต์ ค่าความแตกต่างของการดูดซึมสีเปรียบเทียบกับค่าการดูดซึมสีของเส้นใยที่ไม่ได้ผ่านการฟรีทรีตเมนต์เป็นค่าลบตลอดช่วงเวลาในการทำปฏิกิริยาเนื่องจากเส้นใยดูดซึมสีลดลงหลังการทำฟรีทรีตเมนต์ อยู่ในช่วง - 1.50 ถึง - 4.74



รูป 4.9 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมสีเบสิก Methylene Blue 600 มิลลิกรัมต่อลิตร (%E) ของเส้นใยที่ผ่านการทำ Pre-treatment ด้วย NaOH 17.5% W/V หรือ NaClO₂ 0.7% W/V ที่เวลา 5, 10, 20, 30, 45, 60 นาที

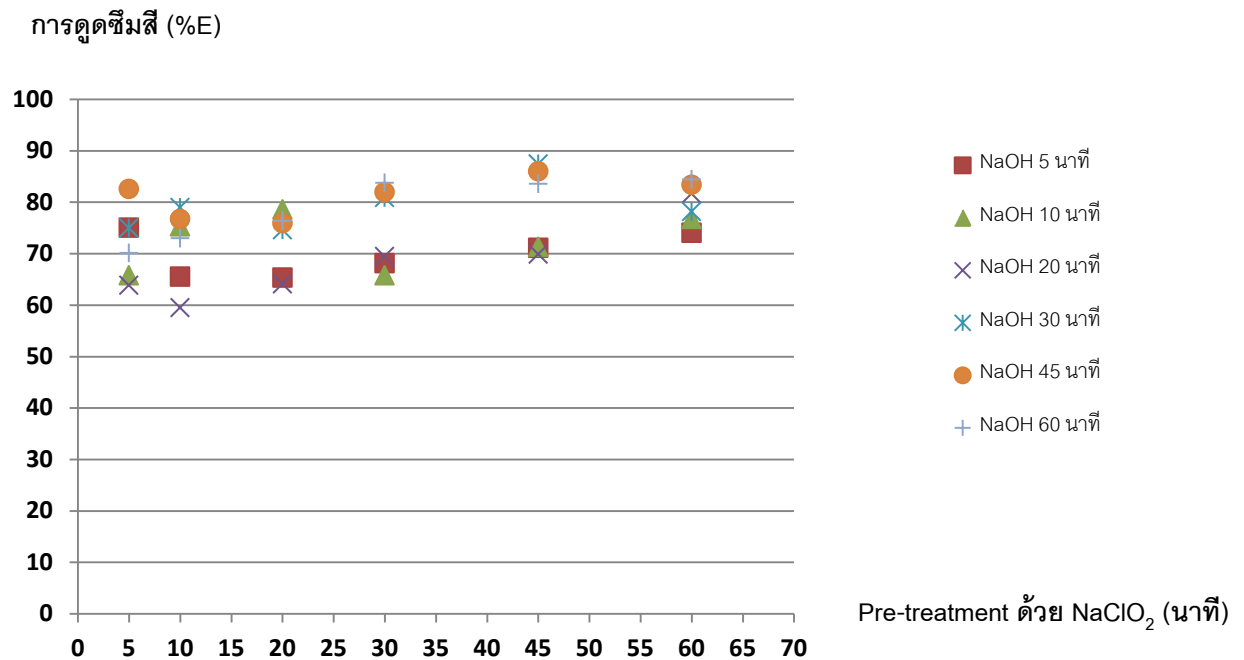
4.4 การดูดซึมสีของเส้นใยภายหลังการทำพรีทรีตเมนต์ต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารละลายโซเดียมคลอไรท์

จากรูป 4.10 เส้นใยผ่านการพรีทรีตเมนต์แบบต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 45 นาที และสารละลายโซเดียมคลอไรท์ 5 ถึง 60 นาที ดูดซึมสีไดเร็กต์ 1 เปอร์เซ็นต์ ได้ในระดับใกล้เคียงกันกับเส้นใยที่ผ่านการพรีทรีตเมนต์ต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 60 นาทีและสารละลายโซเดียมคลอไรท์ 5 ถึง 60 นาที อยู่ในช่วง 91.07 ถึง 98.05 และเป็นช่วงของการดูดซึมสีที่มากกว่าการดูดซึมสีของชุดเส้นใยที่ผ่านการพรีทรีตเมนต์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 10 20 หรือ 30 นาที ต่อเนื่องกับสารละลายโซเดียมคลอไรท์ 5 ถึง 60 นาที โดยที่ค่าของการดูดซึมสีของเส้นใยทั้ง 4 ชุดมีค่าใกล้เคียง อยู่ในช่วง 23 ถึง 35 เปอร์เซ็นต์



รูป 4.10 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมสีไดเรกต์ Sirius Blue 1% ของเส้นใยทำ Pre-treatment แบบต่อเนื่องด้วย NaOH 17.5% W/ V และ NaClO2 0.7% W/V 5,10,20,30,45 และ 60 นาที

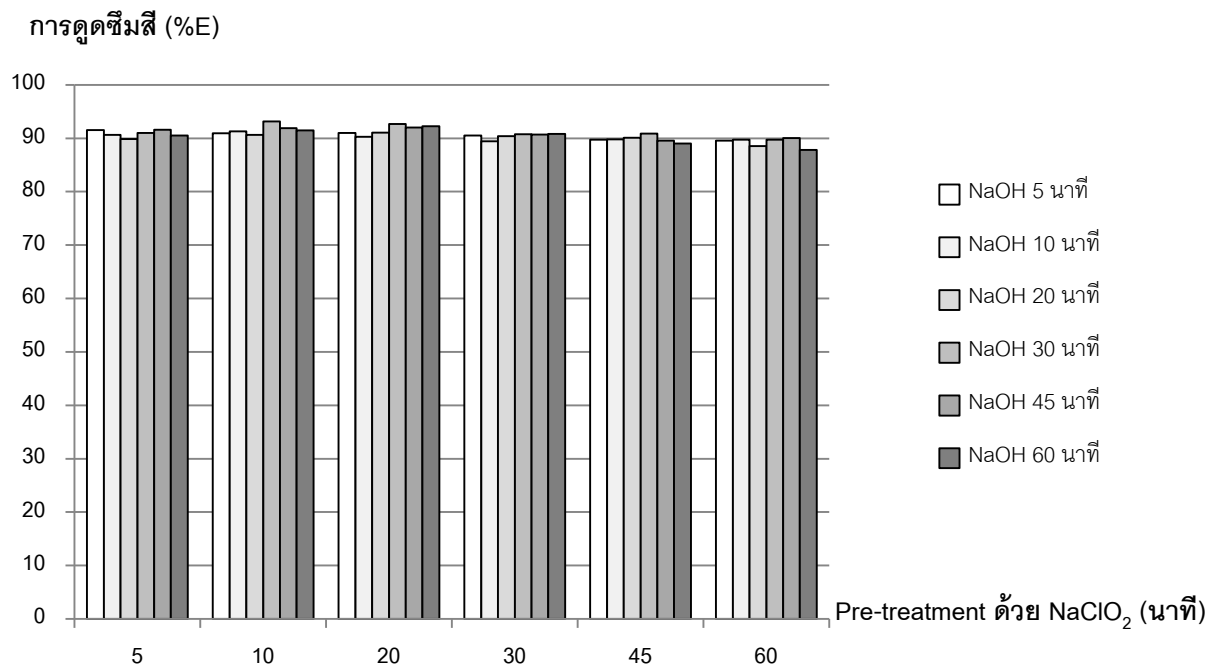
จากรูป 4.11 เส้นใยผ่านการฟรีทรีตเมนต์แบบต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 ถึง 60 นาที และ สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 5 ถึง 60 นาที ทุกชุด ดูดซึมสีไดเรกต์ 3 เปอร์เซ็นต์ ได้ในระดับใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 60 ถึง 88 เปอร์เซ็นต์ โดยเส้นใยชุดที่ผ่านการฟรีทรีตเมนต์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 30 นาที 45 นาที และ 60 นาที ต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 5 ถึง 60 นาที มีการดูดซึมสีโดยภาพรวมมากกว่า การดูดซึมสีของเส้นใยชุดที่เหลือ



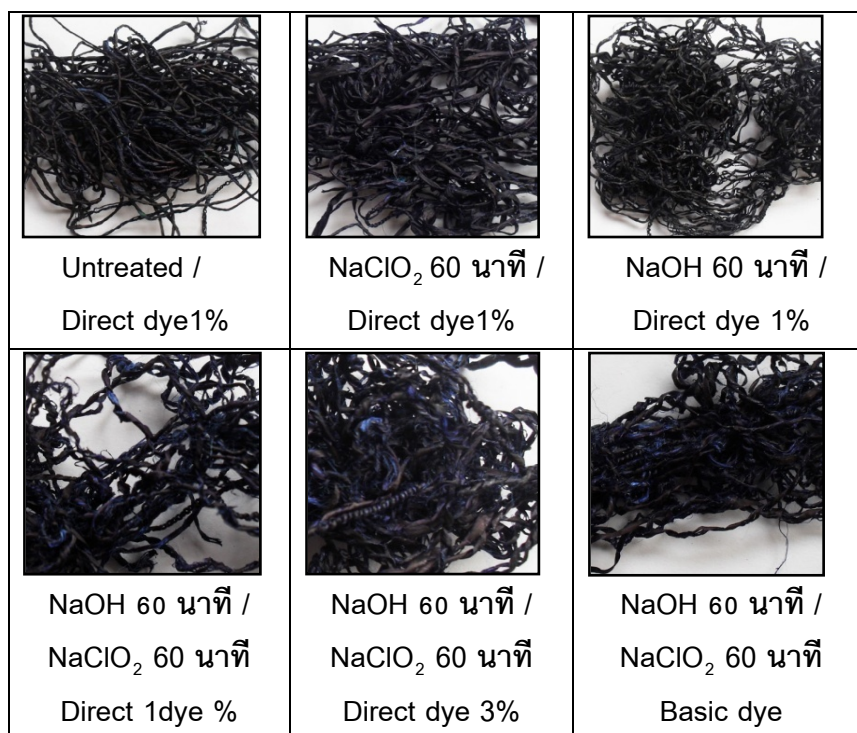
รูป 4.11 เปอร์เซนต์การดูดซึมสีไดเรกต์ Sirius Blue 3% ของเส้นใยทำ Pre-treatment ต่อเนื่องด้วย NaOH 17.5% W/V และ NaClO₂ 0.7% W/V 5,10,20,30,45 และ 60 นาที

จากรูป 4.12 เส้นใยผ่านการฟรีทรีตเมนต์แบบต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 ถึง 60 นาที และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 5 ถึง 60 นาที ทุกชุด ดูดซึมสีเบสิกได้ในระดับใกล้เคียงกัน และมีค่าเฉลี่ยประมาณ 90.58 เปอร์เซนต์

จากรูป 4.13 เส้นใยกัญชงผ่านและไม่ผ่านการฟรีทรีตเมนต์ติดสีน้ำเงินเข้มทั้งตัวอย่างที่ย้อมด้วยสีไดเรกต์และสีเบสิกการวัดประสิทธิภาพการดูดซึมสีของเส้นใยไม่สามารถเห็นได้ชัดเจนจึงจำเป็นต้องตรวจสอบประสิทธิภาพการดูดซึมสีจากการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของน้ำย้อม

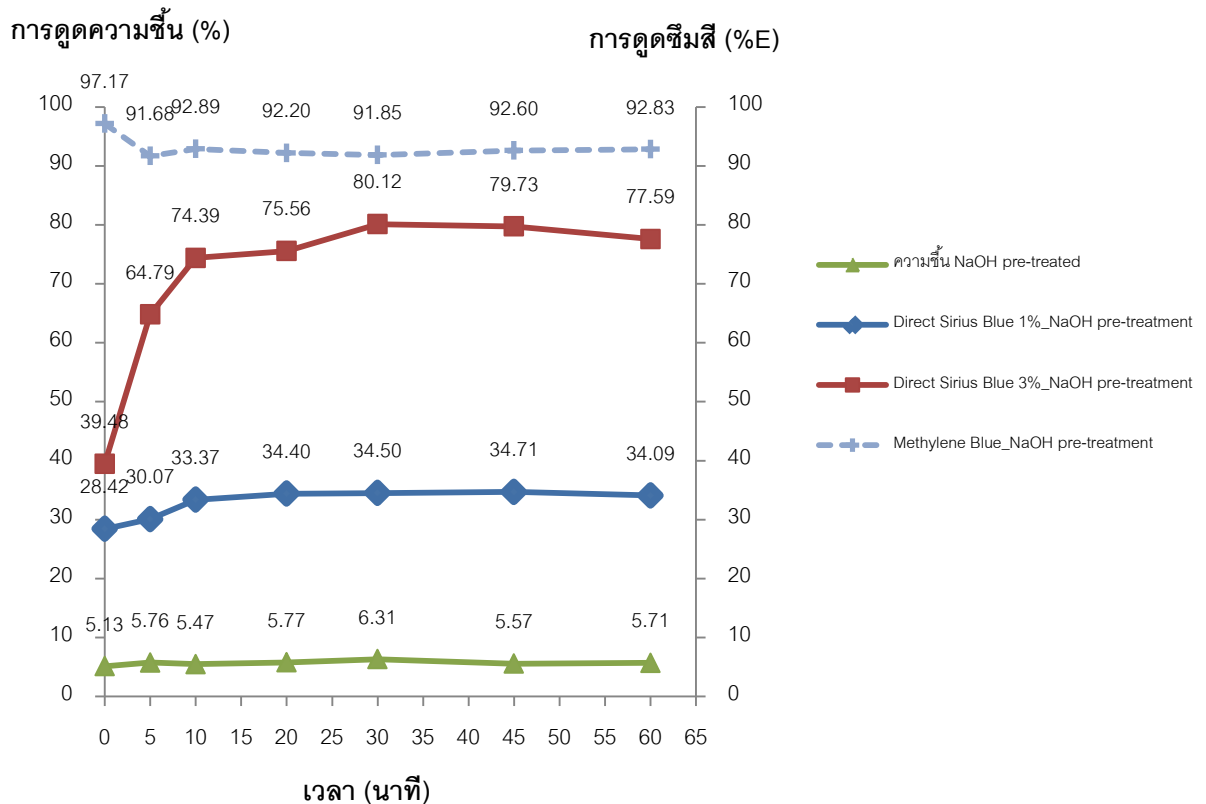


รูป 4.12 เปอร์เซนต์การดูดซึมสีเบสิก Methylene Blue 600 มิลลิกรัมต่อลิตรของเส้นใยทำ Pre-treatment แบบต่อเนื่องด้วย NaOH 17.5% W/ V และ NaClO_2 0.7% W/V 5,10,20,30,45 และ 60 นาที



รูป 4.13 ตัวอย่างเส้นใยกัญชงผ่านการฟรีทรีตเมนต์ที่ย้อมด้วยสีไดเรกต์และสีเบสิก

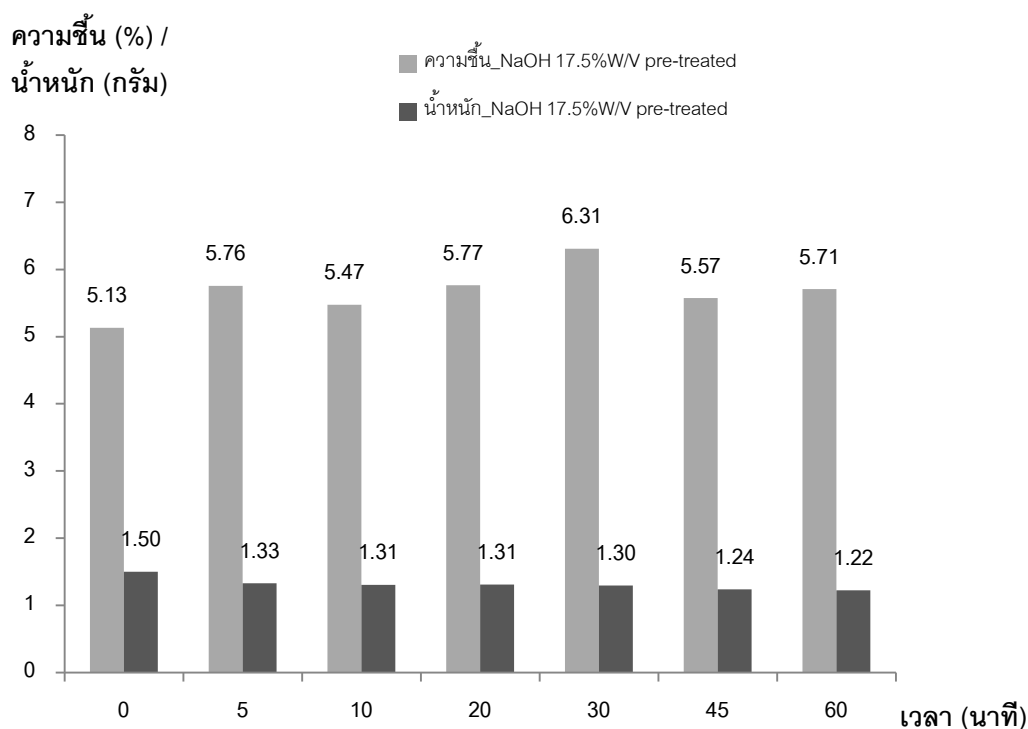
4.5 ศึกษาความสัมพันธ์ของการดูดความชื้นกับการดูดซึมสีของเส้นใยัญงภายหลังการทำฟรีทรีตเมนต์



รูป 4.14 ความสัมพันธ์ของการดูดความชื้นกับการดูดซึมสีของเส้นใยผ่านการ Pre-treatment ด้วย NaOH 17.5% W/V เวลา 5, 10, 20, 30, 45, 60 นาที

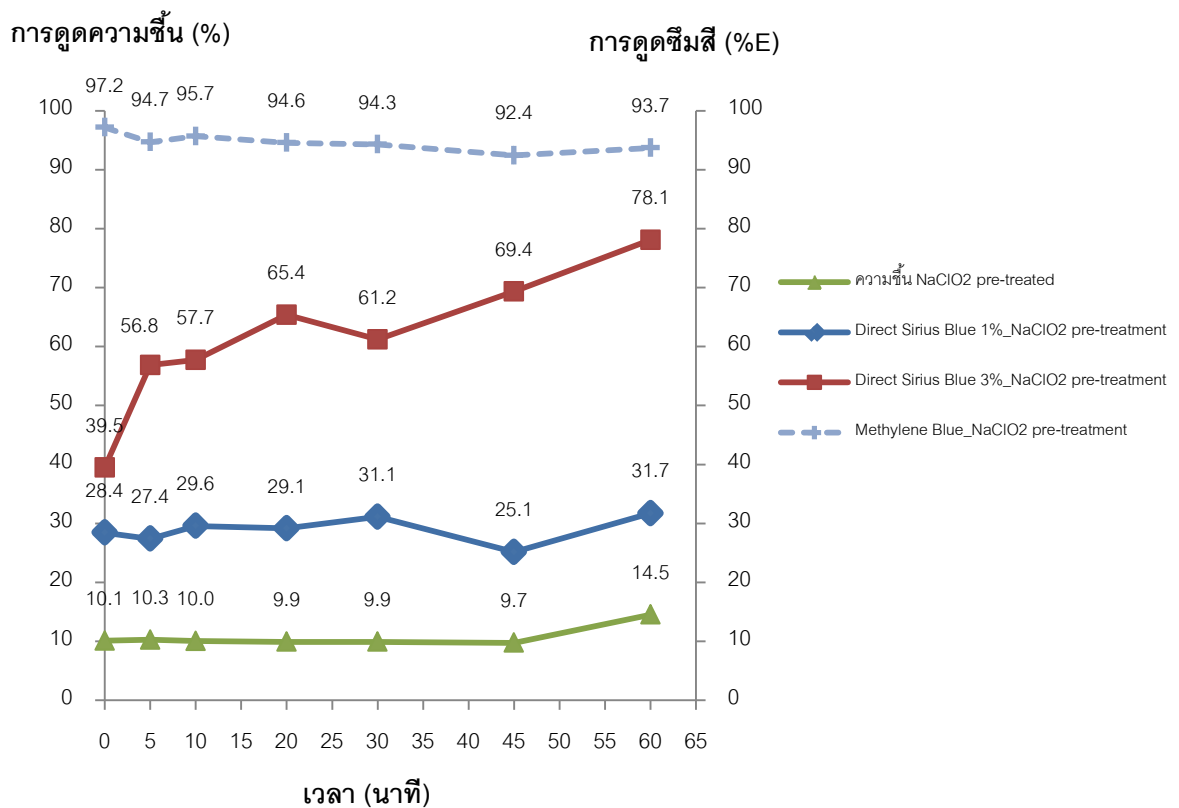
จากรูป 4.14 เปรียบเทียบการดูดความชื้นและการดูดซึมสีของเส้นใยที่ไม่ผ่านการทำฟรีทรีตเมนต์แสดงให้เห็นที่เวลา 0 นาที แนวโน้มของการดูดความชื้นมีค่าใกล้เคียงกันตั้งแต่เวลาของการทำฟรีทรีตเมนต์ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 ถึง 60 นาที สอดคล้องกับการดูดซึมสีของไดเรกต์ Sirius Blue S-BRR 1 และ 3 เปอร์เซ็นต์ และ สีย้อมเบสิก Methylene Blue และสอดคล้องกับน้ำหนักของเส้นใยหลังฟรีทรีตเมนต์ที่ลดลงจาก 0 ถึง 5 นาที และคงที่ในระดับใกล้เคียงจาก 5 ถึง 60 นาที แนวโน้มของน้ำหนักเส้นใยหลังฟรีทรีตเมนต์แสดงในรูป 4.15 การลดลงของเปอร์เซ็นต์การดูดซึมสีเบสิก Methylene Blue ที่ 0 นาที อาจมีสาเหตุจากการมีสิ่งเจือปนตามธรรมชาติอื่น ๆ ที่สามารถดูดซึมสีเบสิกได้นอกจากเซลลูโลส จึงทำให้เส้นใยก่อนฟรีทรีตเมนต์ดูดซึมสีเบสิกได้ดีกว่าเส้นใยหลังฟรีทรีตเมนต์ และหลังจากทำฟรีทรีตเมนต์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 5 ถึง 60 นาทีแล้ว เส้นใยมีการดูดซึมสีเบสิกเมื่อเปรียบเทียบกับกันในแต่ละช่วงเวลาอยู่ใน

ระดับคงที่ถึงเปลี่ยนแปลงน้อย สอดคล้องกับกราฟของน้ำหนัก การดูดความชื้น และการดูดซึมสีไดเรกต์ ของเส้นใย หลังฟรีทรีตเมนต์



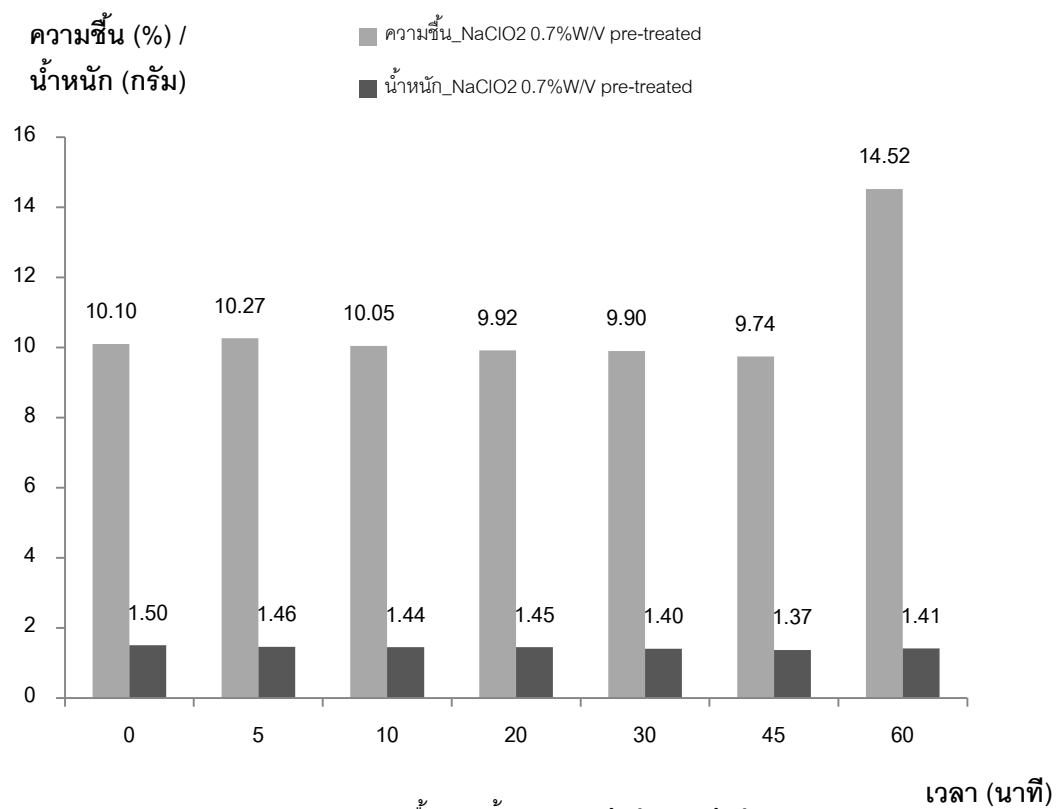
รูป 4.15 การดูดความชื้นและน้ำหนักของเส้นใย Pre-treatment ด้วย NaOH 17.5% W/V เวลา 5, 10, 20, 30, 45, 60 นาที

จากรูป 4.16 เปอร์เซ็นต์การดูดความชื้นและการดูดซึมสีของเส้นใยที่ไม่ผ่านการทำฟรีทรีตเมนต์แสดงให้เห็นที่เวลา 0 นาที แนวโน้มของการดูดความชื้นมีค่าใกล้เคียงกันตั้งแต่เวลาของการทำฟรีทรีตเมนต์ด้วยโซเดียมคลอไรด์ 5 ถึง 45 นาที และมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเวลาของการทำฟรีทรีตเมนต์ คือ 60 นาที มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับการดูดซึมสีย้อมไดเรกต์ Sirius Blue S-BRR 1 เปอร์เซ็นต์และสีย้อมเบสิก Methylene Blue แตกต่างอย่างมากกับการดูดซึมสีไดเรกต์ 3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีแนวโน้มการดูดซึมสีเพิ่มตามลำดับ

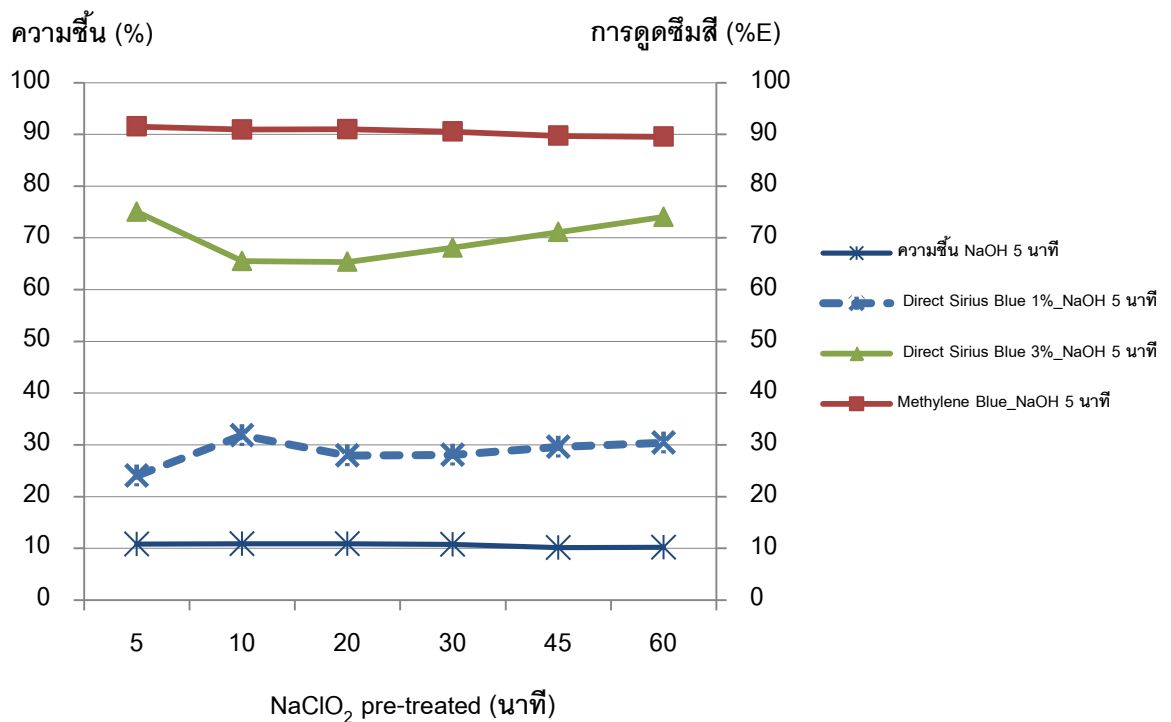


รูป 4.16 ความสัมพันธ์ของการดูดความชื้นกับการดูดสีของเส้นใยผ่านการ Pre-treatment ด้วย NaClO₂ 17.5% W/V เวลา 5, 10, 20, 30, 45, 60 นาที

จากรูป 4.17 เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเส้นใยก่อนฟรีทรีตเมนต์ด้วยไฮเดียมคลอไรด์ ที่เวลา 0 นาที เส้นใยทำฟรีทรีตเมนต์ 5 ถึง 60 นาที มีน้ำหนักลดลง อย่างไรก็ตามพบว่าการแตกต่างระหว่างกันของน้ำหนักเส้นใยมีไม่มากนักในแต่ละเวลาของการทำฟรีทรีตเมนต์ กราฟน้ำหนักเส้นใยและการดูดความชื้นหลังฟรีทรีตเมนต์ที่มีความสอดคล้องกันในช่วงเวลา 5 ถึง 45 นาที



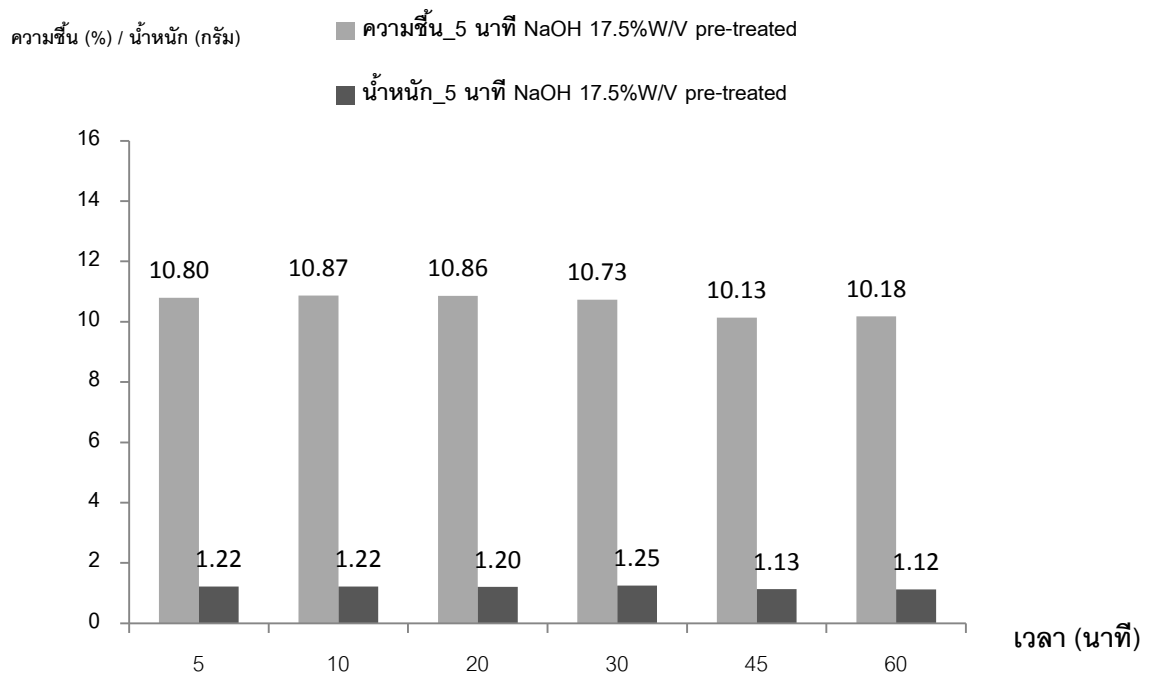
รูป 4.17 ความสัมพันธ์ของการดูดความชื้นและน้ำหนักของเส้นใยของเส้นใยผ่านการ Pre-treatment ด้วย NaClO₂ 0.7 %W/V เวลา 5, 10, 20, 30, 45, 60 นาที



รูป 4.18 ความสัมพันธ์ของการดูดความชื้นกับการดูดซึมสี(E%) ของเส้นใยผ่านการ Pre-treatment แบบต่อเนื่องด้วย NaOH 17.5% W/V 5 นาที และ NaClO₂ 0.7%W/V 5, 10, 20, 30, 45 และ 60 นาที

จากรูป 4.18 ชุดเส้นใยผ่านการฟรีทรีตเมนต์ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 นาที การดูดความชื้นมีค่าใกล้เคียงกันตลอดการทำฟรีทรีตเมนต์แบบต่อเนื่องด้วยโซเดียมคลอไรด์ 5 ถึง 60 นาที และมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับการดูดซึมสีย้อมเบสิก Methylene Blue โดยการดูดซึมสีย้อมไดเรกต์ 1 เปอร์เซ็นต์ของเส้นใยมีแนวโน้มคล้ายการดูดความชื้นจากเวลา 10 ถึง 60 นาที แม้แนวโน้มการดูดซึมสีย้อมไดเรกต์ 3 เปอร์เซ็นต์จากเวลา 10 ถึง 60 นาทีที่มีความคล้ายกับการดูดซึมสีย้อมไดเรกต์ 1 เปอร์เซ็นต์ แต่แนวโน้มของการดูดซึมสีย้อมไดเรกต์ 1 เปอร์เซ็นต์มีความใกล้เคียงกับแนวโน้มของการดูดความชื้นมากกว่า

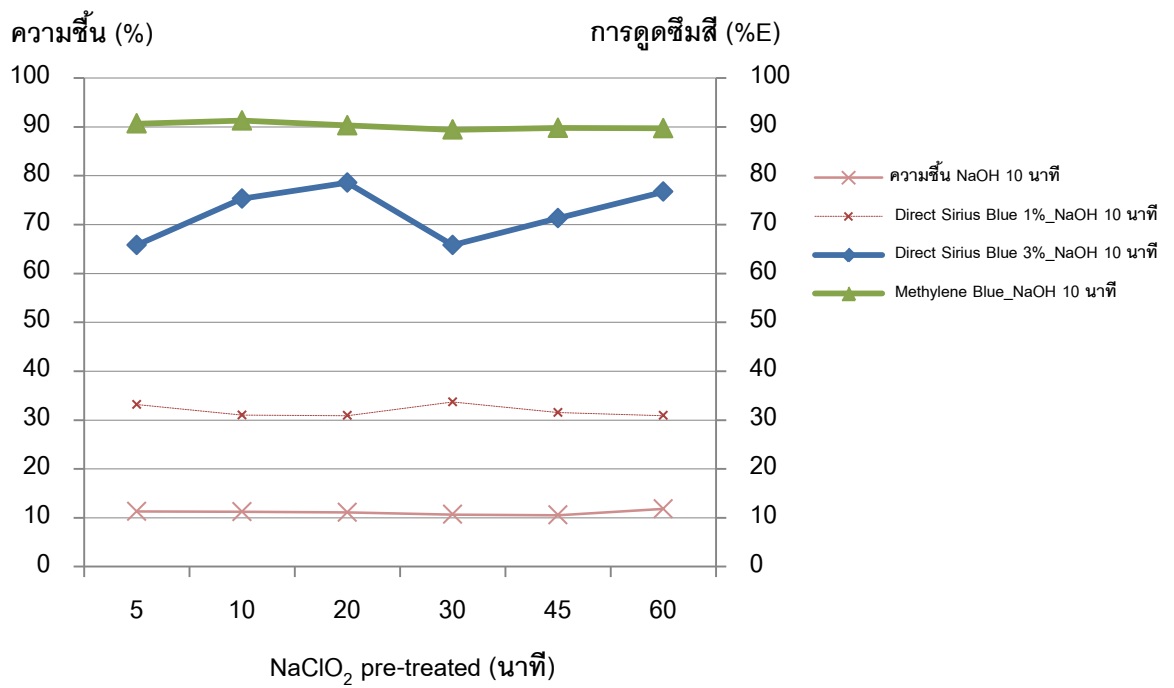
จากรูป 4.19 แนวโน้มการดูดความชื้นของเส้นใยสอดคล้องกับน้ำหนักของเส้นใยหลังการฟรีทรีตเมนต์



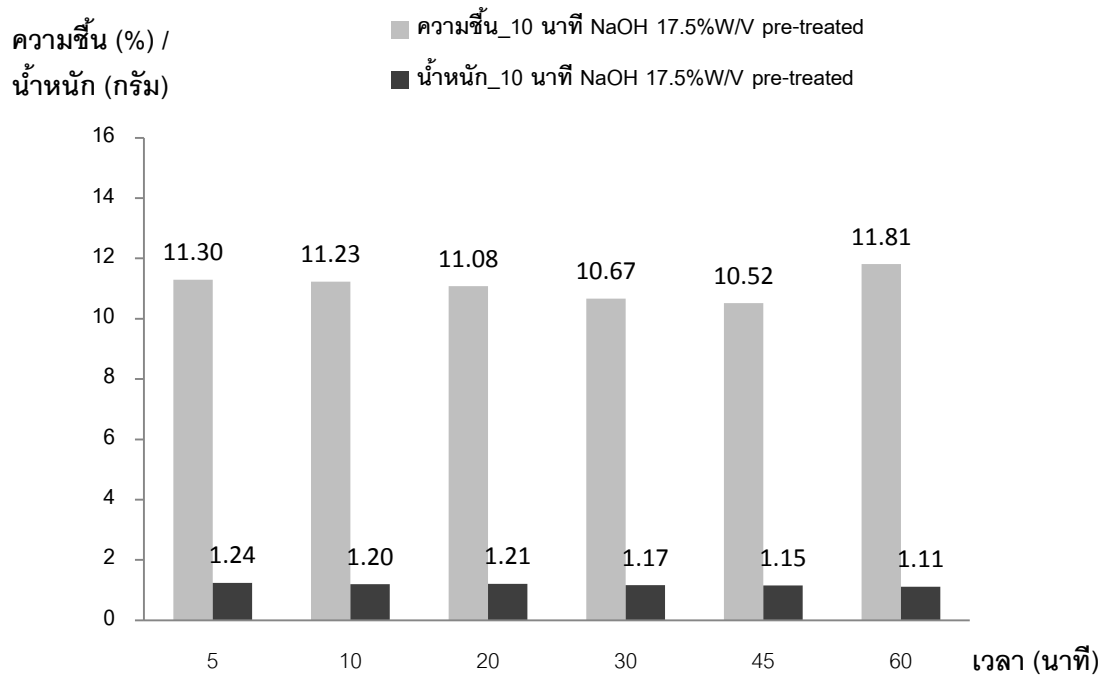
รูป 4.19 ความสัมพันธ์ของการดูดความชื้นและน้ำหนักเส้นใยผ่านการ Pre-treatment แบบต่อเนื่องด้วย NaOH 17.5% W/V 5 นาที และ NaClO₂ 0.7% 5, 10, 20, 30, 45, และ 60 นาที

จากรูป 4.20 ชุดเส้นใยผ่านการฟรีทรีตเมนต์ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 นาที แนวโน้มการดูดความชื้นมีค่าใกล้เคียงกันตลอดการทำฟรีทรีตเมนต์แบบต่อเนื่องด้วยโซเดียมคลอไรด์ 5 ถึง 60 นาที มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับการดูดซึ่มสีย้อมไดเรกต์ 1 เปอร์เซนต์และการดูดซึ่มสีย้อมเบสิก Methylene Blue และแตกต่างจากแนวโน้มการดูดซึ่มสีย้อมไดเรกต์ 3 เปอร์เซนต์มากที่สุด

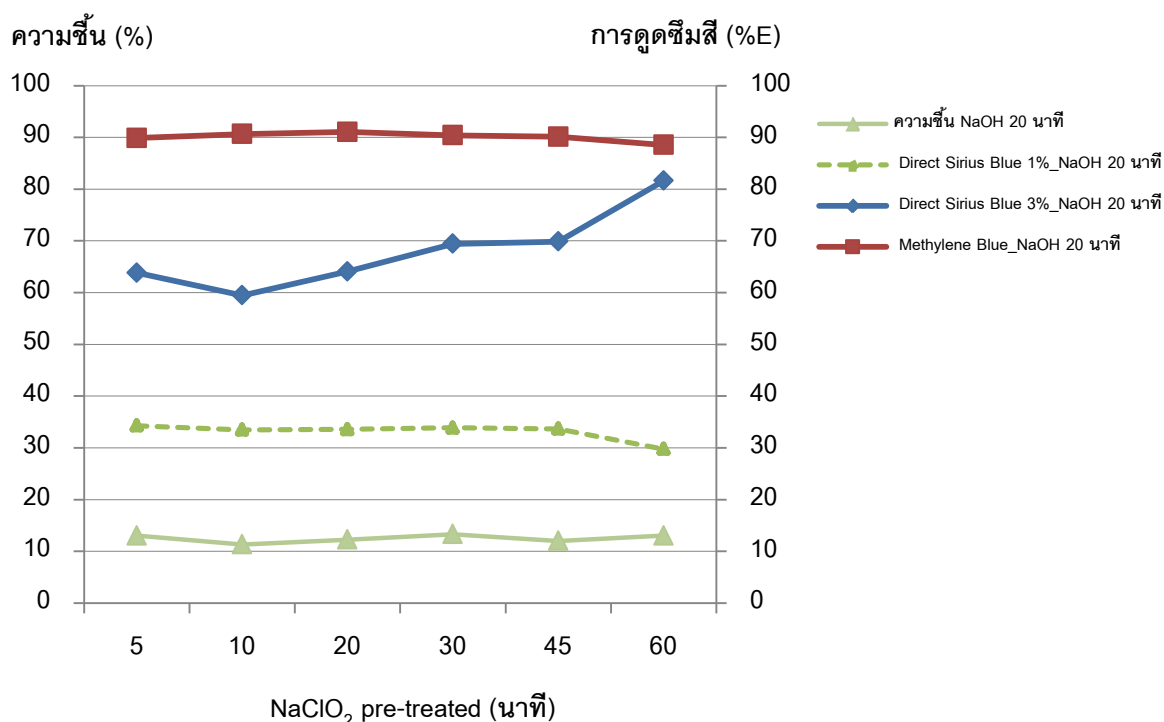
จากรูป 4.21 น้ำหนักเส้นใยลดลงเล็กน้อยถึงคงที่จาก 5 ถึง 60 นาที ขณะที่การดูดความชื้นลดลงเล็กน้อยถึงคงที่จาก 5 ถึง 45 นาที แต่กลับดูดความชื้นได้สูงสุดที่ 60 นาที



รูป 4.20 ความสัมพันธ์ของการดูดความชื้นและการดูดซึมสี (%E) ของเส้นใยผ่านการPre-treatment แบบต่อเนื่องด้วย NaOH 17.5% W/V 10 นาที และ NaClO₂ 0.7%W/V 5, 10, 20, 30, 45 และ 60 นาที



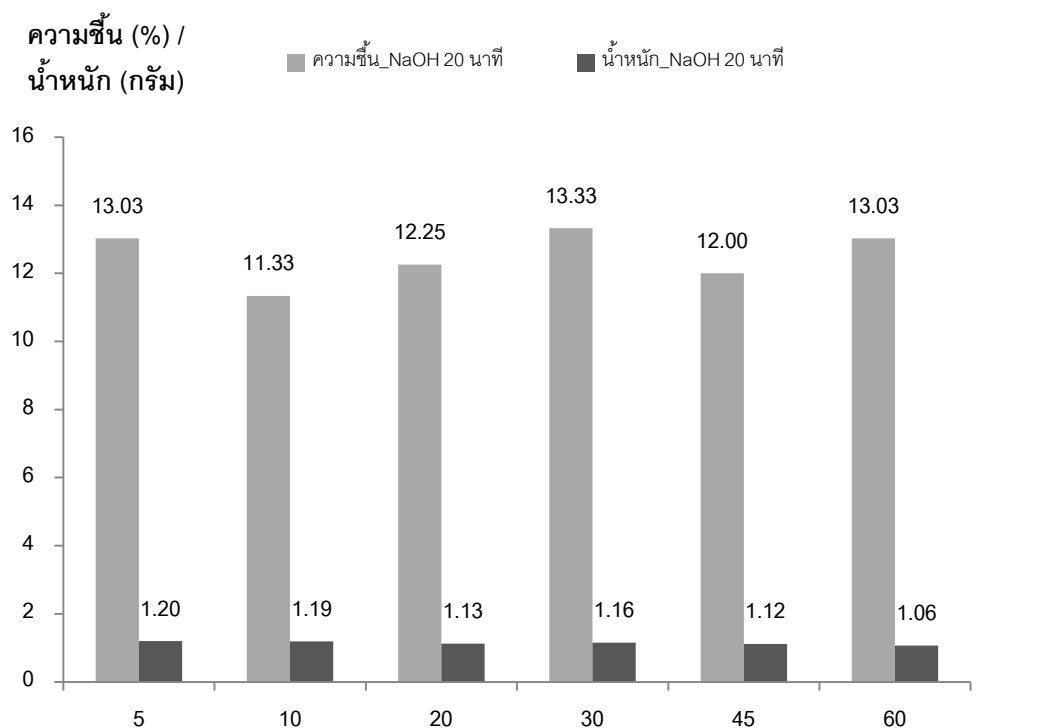
รูป 4.21 ความสัมพันธ์ของการดูดความชื้นและน้ำหนักเส้นใยผ่านการ Pre-treatment แบบต่อเนื่องด้วย NaOH 17.5% W/V 10 นาที และ NaClO_2 0.7% W/V 5, 10, 20, 30, 45, และ 60 นาที



รูป 4.22 ความสัมพันธ์ของการดูดความชื้นกับการดูดซึมสี(E%) ของเส้นใยผ่านการPre-treatment แบบต่อเนื่องด้วย NaOH 17.5% W/V 20 นาที และ NaClO₂ 0.7%W/V 5, 10, 20, 30, 45 และ 60 นาที

จากรูป 4.22 ชุดเส้นใยผ่านการฟรีทรีตเมนต์ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 20 นาที การดูดความชื้นมีค่าใกล้เคียงกัน ตั้งแต่เวลาของการทำฟรีทรีตเมนต์แบบต่อเนื่องด้วยโซเดียมคลอไรด์ 5 ถึง 60 นาที มีแนวโน้มคล้ายกับการดูดซึมสี ย้อมเบสิก Methylene Blue และสีย้อมไดเรกต์ 1 เปอร์เซนต์ และแตกต่างกับแนวโน้มการดูดซึมสีย้อมไดเรกต์ 3 เปอร์เซนต์มากที่สุด ขณะที่การดูดความชื้น การดูดซึมสีไดเรกต์ 1 เปอร์เซนต์ การดูดซึมสีเบสิก ของเส้นใยตลอด ช่วงเวลาในการฟรีทรีตเมนต์ที่มีความแตกต่างกันเล็กน้อยถึงคงที่ แนวโน้มการดูดซึมสีไดเรกต์ 3 % ของเส้นใยมีค่า เพิ่มขึ้นตามลำดับเวลา

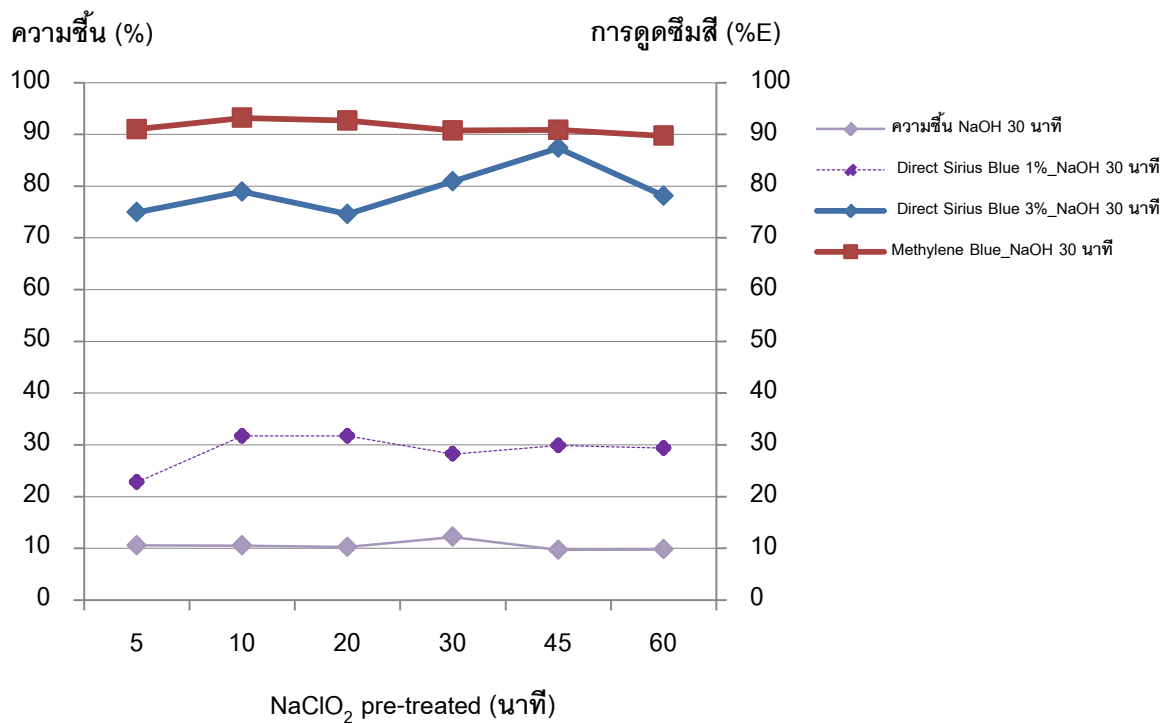
จากรูป 4.23 น้ำหนักเส้นใยมีความแตกต่างกันเล็กน้อยและมีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาในการทำฟรีทรีตเมนต์เพิ่มขึ้น ขณะที่การดูดความชื้นมีค่าใกล้เคียงกันและมีลักษณะขึ้นลงเล็กน้อยสลับกันตลอดช่วงเวลาในการทำฟรีทรีตเมนต์



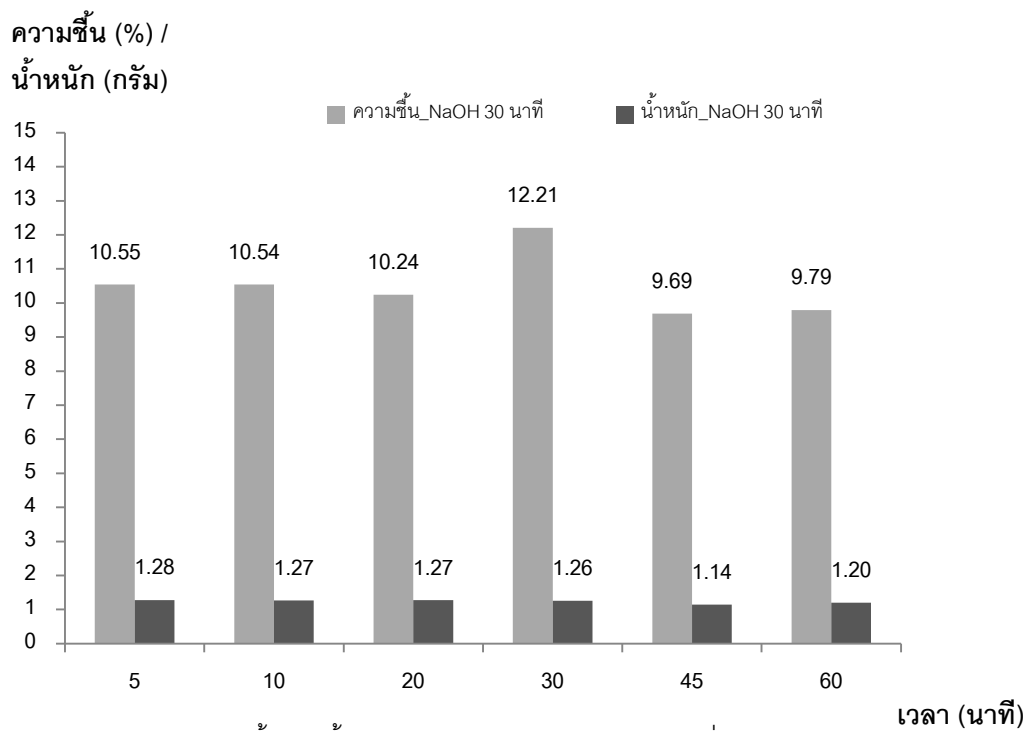
รูป 4.23 ความสัมพันธ์ของการดูดความชื้นและน้ำหนักของเส้นใยของเส้นใยผ่านการ Pre-treatment ต่อเนื่องด้วย NaOH 17.5 %W/V 20 นาที และ NaClO₂ 0.7%W/V 5, 10, 20, 30, 45, 60 นาที

จากรูป 4.24 ชุดเส้นใยผ่านการฟรีทรีตเมนต์ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 30 นาที การดูดความชื้นมีค่าใกล้เคียงกันตั้งแต่เวลาของการทำฟรีทรีตเมนต์แบบต่อเนื่องด้วยโซเดียมคลอไรด์ 5 ถึง 60 นาที มีแนวโน้มคล้ายกับการดูดซึ่มสีย้อมเบสิก Methylene Blue ที่เวลา 5 ถึง 60 นาที และคล้ายกับการดูดซึ่มสีย้อมไดเรกต์ 1เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 10 ถึง 60 นาที และแตกต่างจากการดูดซึ่มสีย้อมไดเรกต์ 3 เปอร์เซ็นต์ ที่มีระดับการดูดซึ่มสีขึ้นลงสลับกันตลอดช่วงเวลา

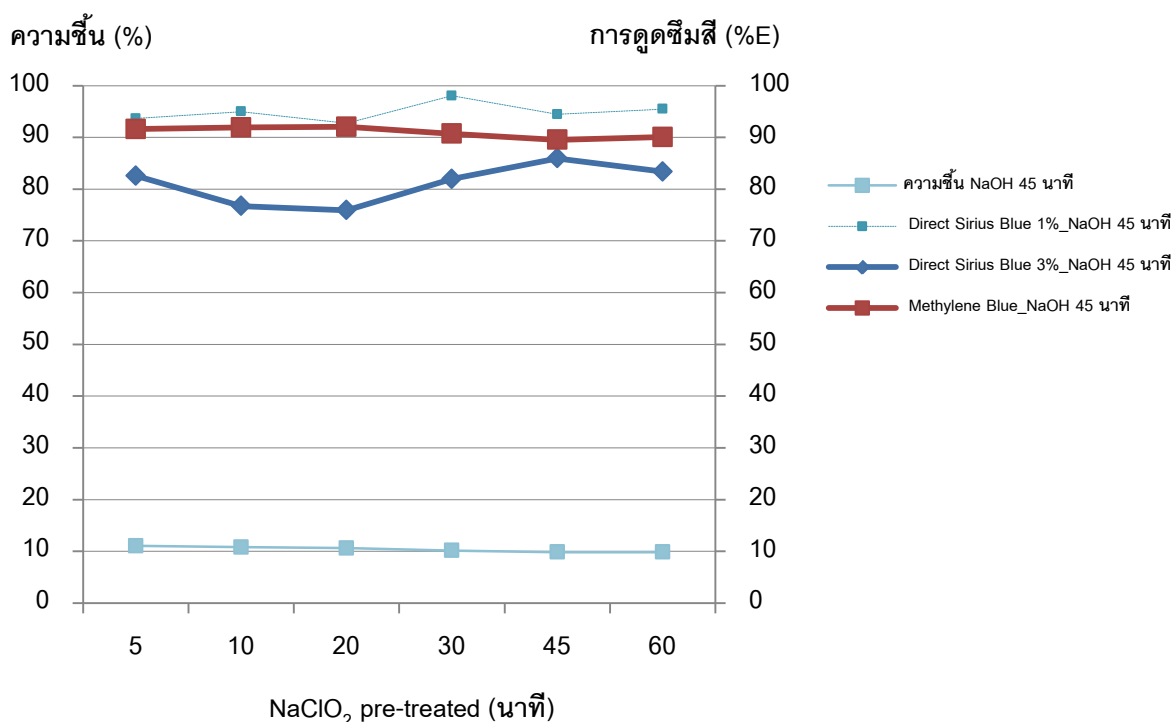
จากรูป 4.25 น้ำหนักเส้นใยใกล้เคียงกันถึงลดลงเล็กน้อยตลอดเวลา 5 ถึง 45 นาที และเริ่มสูงขึ้นอีกครั้งที่ 60 นาที ขณะที่การดูดความชื้นใกล้เคียงกันถึงลดลงเล็กน้อยที่เวลา 5 ถึง 20 นาที และเวลา 45 ถึง 60 นาที โดยที่เวลา 45 ถึง 60 นาที มีค่าการดูดความชื้นต่ำกว่าช่วง 5 ถึง 20 นาที ค่าการดูดความชื้นมีค่าสูงสุดที่เวลา 30 นาที



รูป 4.24 ความสัมพันธ์ของการดูดความชื้นและการดูดซึมสี (E%) ของเส้นใยผ่านการ Pre-treatment แบบต่อเนื่องด้วย NaOH 17.5% W/V 30 นาที และ NaClO₂ 0.7%W/V 5, 10, 20, 30, 45 และ 60 นาที



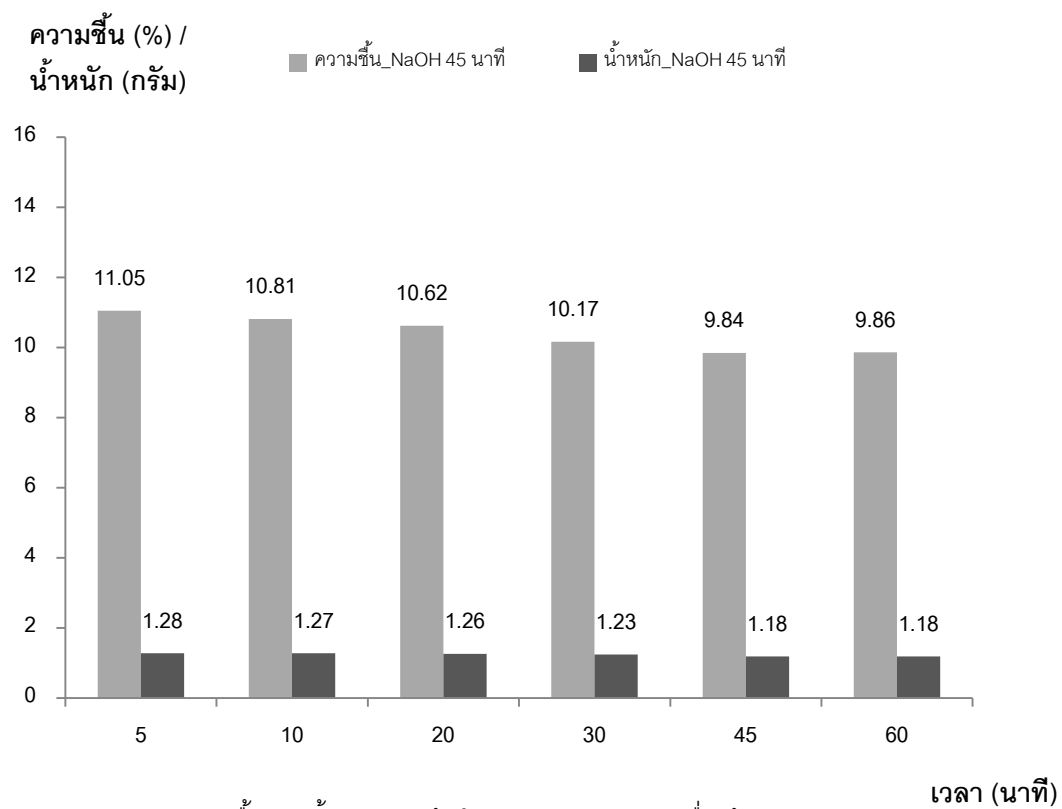
รูป 4.25 การดูความชื้นและน้ำหนักของเส้นใย Pre-treatment ต่อเนื่องด้วย NaOH 17.5% W/V 30 นาทีและ NaClO₂ 0.7% W/V 5, 10, 20, 30, 45, 60 นาที



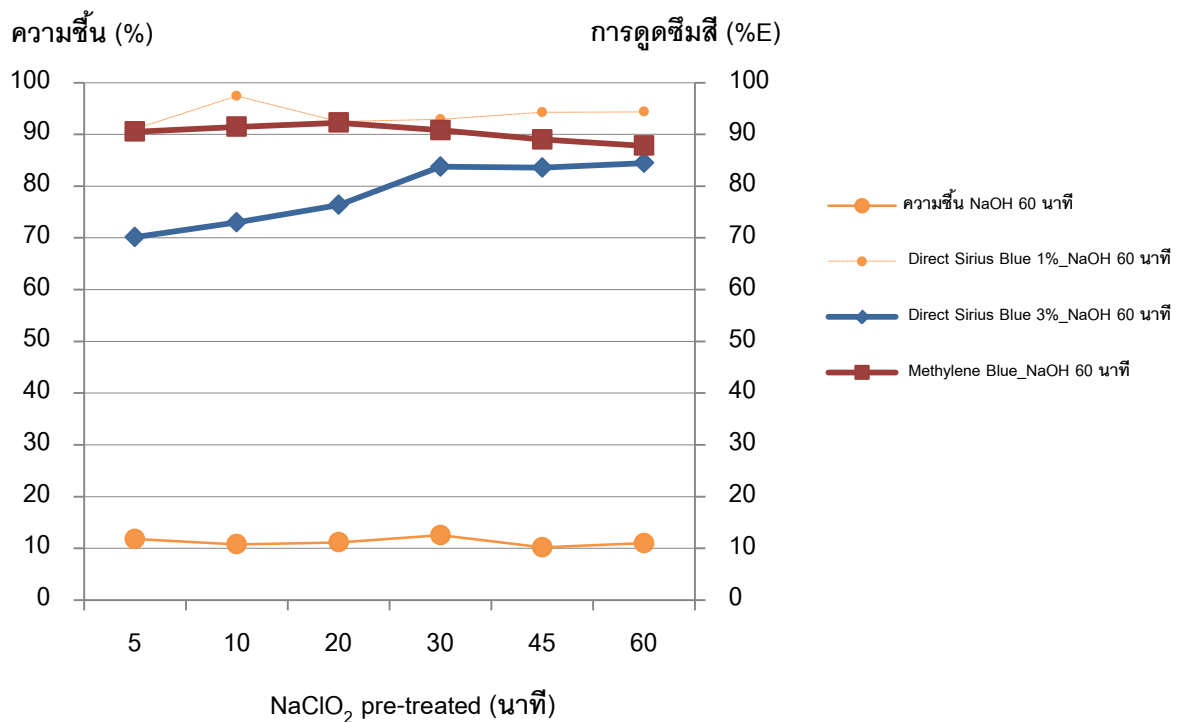
รูป 4.26 ความสัมพันธ์ของการดูดความชื้นและการดูดซึ่มสี (E%) ของเส้นใยผ่านการ Pre-treatment แบบต่อเนื่องด้วย NaOH 17.5% W/V 45 นาที และ NaClO₂ 0.7%W/V 5, 10, 20, 30, 45 และ 60 นาที

จากรูป 4.26 ชุดเส้นใยผ่านการฟรีทรีตเมนต์ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 45 นาที การดูดความชื้นมีค่าใกล้เคียงกันตั้งแต่เวลาของการทำฟรีทรีตเมนต์แบบต่อเนื่องด้วยโซเดียมคลอไรด์ 5 ถึง 60 นาที มีแนวโน้มคล้ายกับการดูดซึ่มสีย้อมเบสิก Methylene Blue และสีย้อมไคโรฟีน 1 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างจากการดูดซึ่มสีย้อมไคโรฟีน 3 เปอร์เซ็นต์ ที่การดูดซึ่มสีมีการแปรผันและมีความคงที่น้อยกว่าตลอดช่วงเวลา

จากรูป 4.27 การดูดความชื้นของเส้นใยมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย มีค่าสูงสุดที่ 5 นาที ก่อนค่อยๆลดลงถึงคงที่ที่เวลา 45 ถึง 60 นาที สอดคล้องกับแนวโน้มของน้ำหนักเส้นใยตลอดช่วงเวลาในการทำฟรีทรีตเมนต์



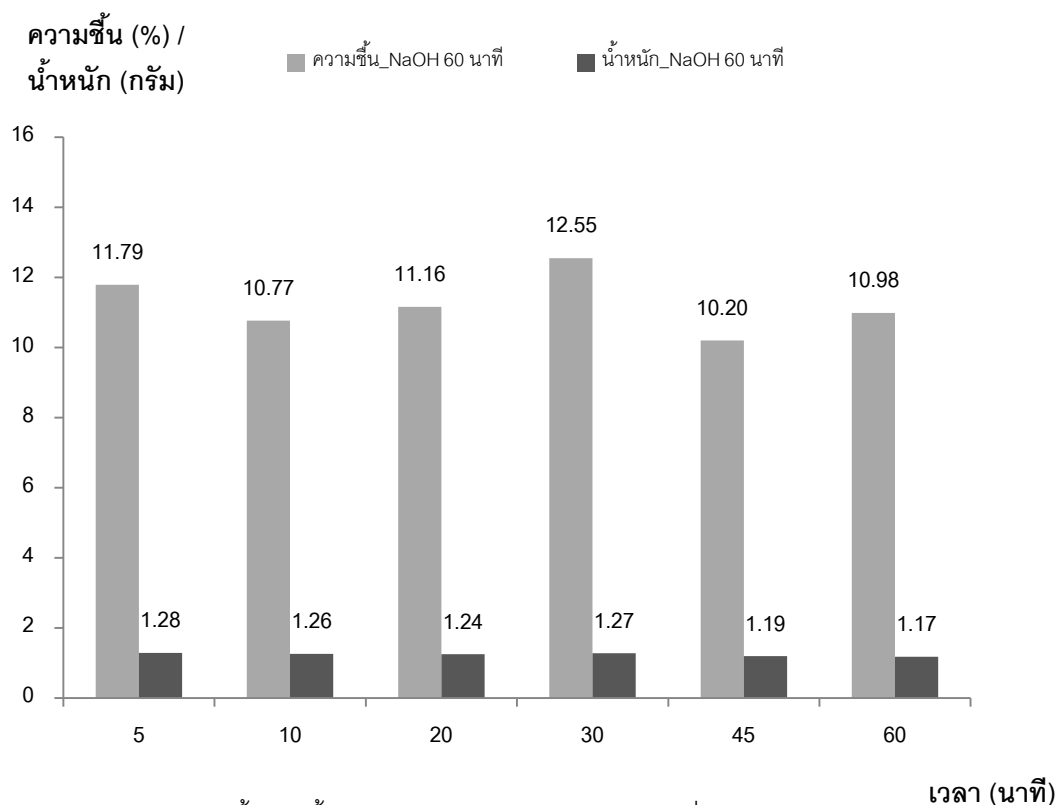
รูป 4.27 การดูความชื้นและน้ำหนักของเส้นใย Pre-treatment ต่อเนื่องด้วย NaOH 17.5%W/V 45 นาทีและ NaClO₂ 0.7 %W/V เวลา 5, 10, 20, 30, 45, 60 นาที



รูป 4.28 ความสัมพันธ์ของการดูดความชื้นและการดูดซึมสี (E%) ของเส้นใยผ่านการ Pre-treatment แบบต่อเนื่องด้วย NaOH 17.5% W/V 60 นาที และ NaClO₂ 0.7%W/V 5, 10, 20, 30, 45 และ 60 นาที

จากรูป 4.28 ชุดเส้นใยผ่านการฟรีทรีตเมนต์ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 60 นาที การดูดความชื้นมีค่าใกล้เคียงกันตั้งแต่เวลาของการทำฟรีทรีตเมนต์แบบต่อเนื่องด้วยโซเดียมคลอไรด์ 5 ถึง 60 นาที มีแนวโน้มคล้ายกับการดูดซึมสีย้อมเบสิก Methylene Blue และสีย้อมไคเร็กซ์ 1 เปอร์เซนต์ ขณะที่เส้นใยดูดซึมด้วยสีย้อมไคเร็กซ์ 3 เปอร์เซนต์ มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 5 ถึง 30 นาที และ คงที่ ที่ 30 ถึง 60 นาที

จากรูป 4.29 น้ำหนักเส้นใยมีความแตกต่างกันเล็กน้อยและมีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาในการทำฟรีทรีตเมนต์เพิ่มขึ้น ขณะที่การดูดความชื้นแม้มีค่าใกล้เคียงกันแต่มีความแปรผันมากกว่าค่าน้ำหนัก ค่าความชื้นจะคล้ายกันเป็นช่วงๆ และมีค่าขึ้นลงสลับกันตลอดช่วงเวลาในการทำฟรีทรีตเมนต์

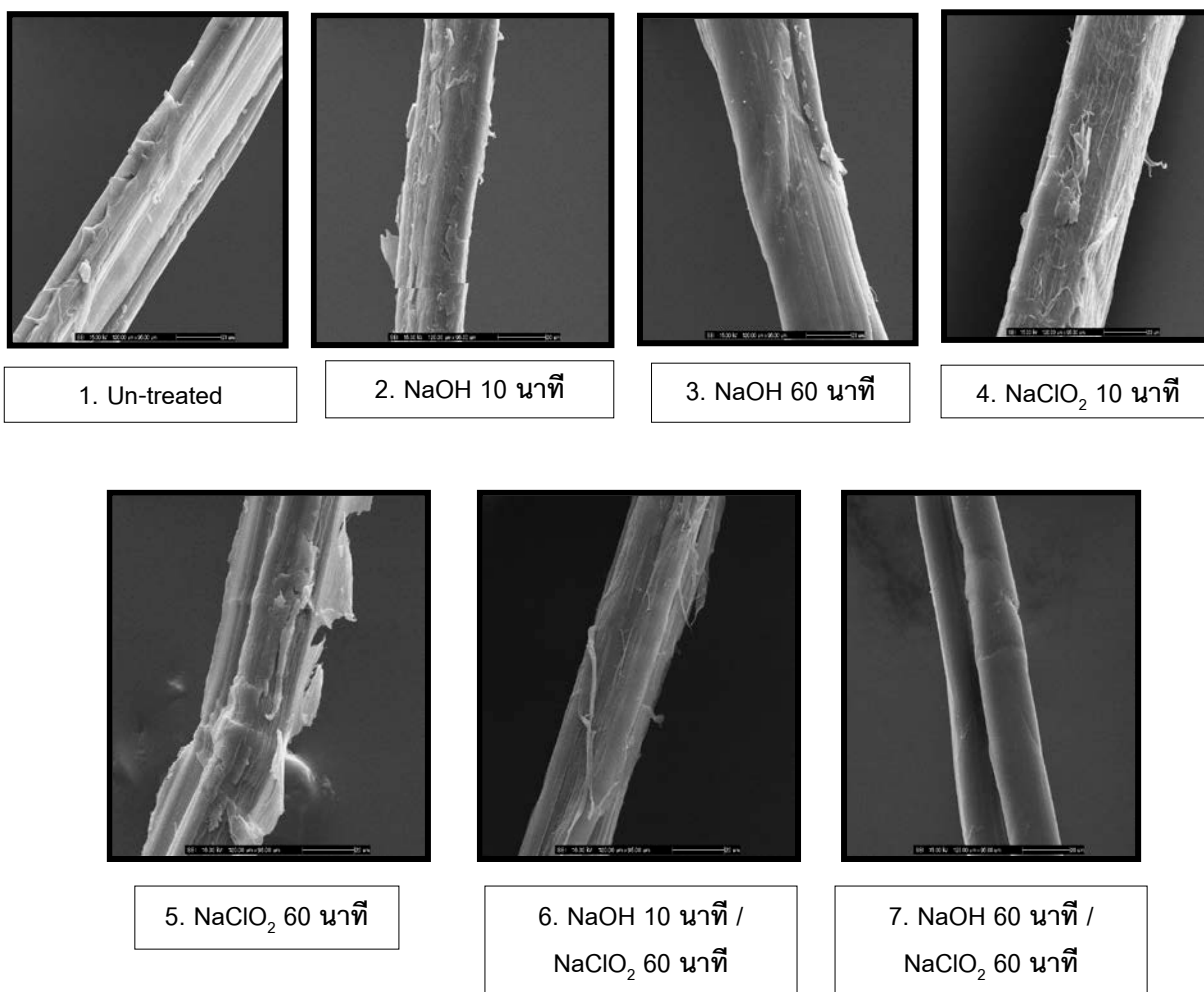


รูป 4.29 การดูความชื้นและน้ำหนักของเส้นใย Pre-treatment ต่อเนื่องด้วย NaOH 17.5%W/V 60 นาทีและ NaClO₂ 0.7 %W/V เวลา 5, 10, 20, 30, 45, 60 นาที

4.6 การวิเคราะห์เส้นใยด้วยเทคนิคการส่องกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy Technique)

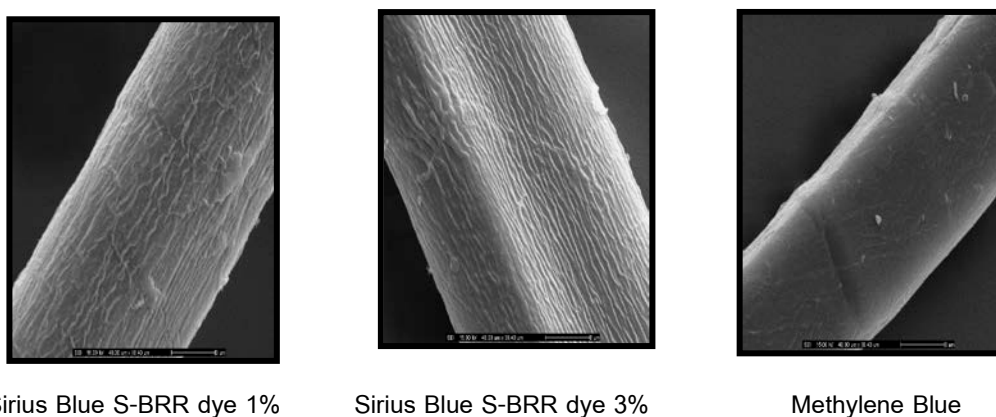
เมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยซึ่งไม่ได้นำมาผ่านการฟัรทรีตเมนต์ไม่พบความเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดของเส้นใยทั้งที่ผ่านการฟัรทรีตเมนต์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร หรือสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร อย่างไรก็ตามพื้นผิวมีความเรียบอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเส้นใยผ่านการฟัรทรีตเมนต์แบบต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมคลอไรด์

จากรูป 4.30 เส้นใยผ่านการฟัรทรีตเมนต์ต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมคลอไรด์มีลักษณะพองบวมและผิวมีความเรียบเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยที่ผ่านการฟัรทรีตเมนต์ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์หรือโซเดียมคลอไรด์หรือการฟัรทรีตเมนต์แบบต่อเนื่องที่มีสภาวะในการทำปฏิกิริยาที่ระยะเวลาสั้นหรือมีความรุนแรงน้อยกว่า



รูป 4.30 ลักษณะเส้นใยจากกระบวนการวิเคราะห์กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

ไม่สามารถแยกความแตกต่างของการติดสีบนพื้นผิวเมื่อวิเคราะห์การติดสีของเส้นใยที่ผ่านการฟรีทรีตเมนต์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ตัวอย่างภาพเส้นใยย้อมสีแสดงในรูป 4.31



รูป 4.31 เส้นใยย้อมสีด้วยสีย้อมรีกต์ Sirius Blue S-BRR และ สีย้อมสี Methylene Blue

บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาพฤติกรรมการดูดความชื้นและการดูดซึ่มสีของเส้นใยัญชงภายหลังการทำฟรีทรีตเมนต์โดยแปรผันเวลาจาก 5 ถึง 60 นาที ในการทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 17.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิห้องและสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.7 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส สามารถสรุปผลการทดลองดังนี้

1. การทำฟรีทรีตเมนต์แบบแยกปฏิกิริยา

ภายหลังการทำฟรีทรีตเมนต์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์พบว่าเส้นใยดูดความชื้นเพิ่มขึ้นและมีค่าการดูดความชื้นที่แตกต่างกันน้อยมากระหว่างเวลาในการทำฟรีทรีตเมนต์ เส้นใยมีน้ำหนักหลังการทำฟรีทรีตเมนต์ลดลงและมีค่าไม่แตกต่างมากระหว่างช่วงเวลาในการทำฟรีทรีตเมนต์ เส้นใยดูดซึ่มสีไดเรกต์ Sirius Blue S-BRR 1 และ 3 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในช่วง 30.07 ถึง 34.09 และ 64.79 ถึง 80.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เส้นใยดูดซึ่มสีเบสิก Methylene Blue อยู่ในช่วง 91.68 ถึง 92.89 เปอร์เซ็นต์

เมื่อทำฟรีทรีตเมนต์ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 5 นาที เส้นใยดูดความชื้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเกือบไม่แตกต่าง ดูดความชื้นน้อยลงเล็กน้อยเมื่อทำฟรีทรีตเมนต์ 10 ถึง 45 นาที และดูดความชื้นเพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อทำฟรีทรีตเมนต์ 60 นาที ขณะที่น้ำหนักเส้นใยหลังการทำฟรีทรีตเมนต์มีค่าลดลงและไม่แตกต่างมากระหว่างช่วงเวลา เส้นใยดูดซึ่มสีไดเรกต์ Sirius Blue S-BRR 1 และ 3 เปอร์เซ็นต์ 25.13 ถึง 31.72 และ 56.84 ถึง 78.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เส้นใยดูดซึ่มสีเบสิก Methylene Blue อยู่ในช่วง 92.43 ถึง 95.66 เปอร์เซ็นต์

2. การทำฟรีทรีตเมนต์แบบต่อเนื่องปฏิกิริยา

ภายหลังการทำฟรีทรีตเมนต์ต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมคลอไรด์เส้นใยัญชงทุกชุดดูดความชื้นเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 9.69 ถึง 13.33 เปอร์เซ็นต์ เส้นใยที่ดูดความชื้นเพิ่มขึ้นต่ำสุดคือเส้นใยที่ผ่านการฟรีทรีตเมนต์ต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 30 นาที และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 45 นาที ค่าการดูดความชื้นคือ 9.69 เปอร์เซ็นต์ เส้นใยที่ดูดความชื้นเพิ่มขึ้นสูงสุดคือเส้นใยที่ผ่านการฟรีทรีตเมนต์ต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 20 นาทีและสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 30 นาที ค่าการดูดความชื้นคือ 13.33 เปอร์เซ็นต์

เส้นใยผ่านฟรีทรีตเมนต์ต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมคลอไรด์ชุดที่ทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 45 นาที และ 60 นาที ดูดซึ่มสีไดเรกต์ Sirius Blue S-BRR 1 เปอร์เซ็นต์ได้ในระดับใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 91.07 ถึง 98.05 และมากกว่าการดูดซึ่มสีของชุดเส้นใยที่ผ่านการฟรีทรีตเมนต์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 10 20 และ 30 นาที ซึ่งการดูดซึ่มสีอยู่ในช่วง 23 ถึง 35 เปอร์เซ็นต์ เส้น

ใยผ่านการฟัรทิตเม้นท์แบบต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารละลายโซเดียมคลอไรท์ทุกชุด ดูดซึ่มสีไดเรกต์ Sirius Blue S-BRR 3 เปอร์เซนต์ได้ในระดับใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 60 ถึง 88 เปอร์เซนต์ โดยเส้นใยชุดที่ผ่านการฟัรทิตเม้นท์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 30 45 และ 60 นาที มีการดูดซึ่มสีโดยภาพรวมมากกว่าการดูดซึ่มสีของเส้นใยชุดที่ผ่านการฟัรทิตเม้นท์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 10 และ 20 นาที เส้นใยผ่านการฟัรทิตเม้นท์แบบต่อเนื่องทุกชุด ดูดซึ่มสีเบสิก Methylene Blue ได้ในระดับใกล้เคียงกัน และมีค่าเฉลี่ยประมาณ 90.58 เปอร์เซนต์

3. เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นผิวเส้นใยซึ่งไม่ได้นำมาผ่านการฟัรทิตเม้นท์ไม่พบความเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดของพื้นผิวเส้นใยกัญชงที่ผ่านการฟัรทิตเม้นท์แบบแยกด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตรหรือสารละลายโซเดียมคลอไรท์ 0.7 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร พื้นผิวเส้นใยมีแนวโน้มจะราบเรียบมากกว่าเมื่อใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น เมื่อเส้นใยผ่านการฟัรทิตเม้นท์แบบต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมคลอไรท์พื้นผิวมีความเรียบและพองขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเส้นใยที่ผ่านการฟัรทิตเม้นท์ต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 60 นาที และโซเดียมคลอไรท์ 60 นาที ตามลำดับ

สามารถเปรียบเทียบการดูดความชื้นและการดูดซึ่มสีก่อนและหลังฟัรทิตเม้นท์และสรุปความสัมพันธ์ของการดูดความชื้นและการดูดซึ่มสีของเส้นใยกัญชงได้ดังต่อไปนี้

1. เส้นใยที่ผ่านฟัรทิตเม้นท์แบบแยกและแบบต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมคลอไรท์ทุกชุดมีน้ำหนักลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยก่อนฟัรทิตเม้นท์

ความแตกต่างของน้ำหนักในแต่ละเวลามีค่าใกล้เคียงกันมากแต่ก็มีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาที่ใช้ทำฟัรทิตเม้นท์เพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของสารเคมีและสภาวะในการทำปฏิกิริยาที่เลือกอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ไม่สามารถแยกความแตกต่างของน้ำหนักที่ลดลงในแต่ละช่วงเวลาของการทำปฏิกิริยาได้อย่างชัดเจน

2. เส้นใยที่ผ่านฟัรทิตเม้นท์แบบแยกด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และแบบต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมคลอไรท์ทุกชุดดูดความชื้นเพิ่มขึ้น ส่วนใหญ่การดูดความชื้นไม่ขึ้นอยู่กัน้ำหนัก อย่างไรก็ตามพบชุดเส้นใยที่ความชื้นแปรผันตรงกับน้ำหนัก คือเส้นใย ฟัรทิตเม้นท์ต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 45 นาทีและสารละลายโซเดียมคลอไรท์ 5 ถึง 60 นาที เส้นใยหลังฟัรทิตเม้นท์แบบแยกด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรท์ดูดความชื้นน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยก่อนฟัรทิต

แผ่นฟิล์มจาก 10 ถึง 45 นาที อาจเกิดจากความผิดพลาดของการทดลองหรือการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในโมเลกุลเส้นใยจากการทำฟรีทรีตแผ่นฟิล์มทำให้เกิดการดูดซึ่มความชื้นได้น้อยลง

3. เส้นใยที่ผ่านฟรีทรีตแผ่นฟิล์มแบบแยกและแบบต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมคลอไรด์ทุกชุด มีการดูดซึ่มสีย้อมไดเรกต์ Sirius Blue S-BRR 1 และ 3 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยก่อนฟรีทรีตแผ่นฟิล์ม และการดูดซึ่มสีในแต่ละเวลาสอดคล้องกับแนวโน้มของการดูดซึ่มความชื้นของเส้นใยที่ผ่านการฟรีทรีตแผ่นฟิล์มในแต่ละเวลา

แนวโน้มของการดูดซึ่มสีไดเรกต์ 3 เปอร์เซ็นต์ ค่อยๆเพิ่มขึ้นในเส้นใยที่ใช้เวลาในการทำฟรีทรีตแผ่นฟิล์มเพิ่มขึ้น ขณะที่การดูดซึ่มสีไดเรกต์ 1 เปอร์เซ็นต์มีความแตกต่างกันน้อยระหว่างเส้นใยตลอดช่วงเวลาที่ใช้ในการทำฟรีทรีตแผ่นฟิล์ม แนวโน้มการดูดซึ่มสีไดเรกต์ 1 เปอร์เซ็นต์ จึงสอดคล้องกับแนวโน้มของการดูดซึ่มความชื้นมากกว่าแนวโน้มของการดูดซึ่มสีไดเรกต์ 3 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นของสีส่งผลต่อพฤติกรรมของการดูดซึ่มสีไดเรกต์ของเส้นใย การปรับสภาวะในการทำปฏิกิริยาให้เหมาะสมกับความเข้มข้น จะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซึ่มและทำปฏิกิริยารวมถึงคุณภาพของเส้นใยภายหลังการย้อม การดูดซึ่มสีย้อมเบสิก Methylene Blue ของเส้นใยทุกชุดลดลงในระดับที่แตกต่างน้อยจากเส้นใยก่อนฟรีทรีตแผ่นฟิล์มอาจเกิดจากสิ่งเจือปนตามธรรมชาติในเส้นใยก่อนฟรีทรีตแผ่นฟิล์มที่มีความสามารถในการดูดซึ่มสีเบสิกได้เช่นกัน อย่างไรก็ตามการดูดซึ่มสีเบสิกของเส้นใยตลอดช่วงเวลาฟรีทรีตแผ่นฟิล์มไม่มีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด แนวโน้มของการดูดซึ่มสีเบสิกจาก 5 ถึง 60 นาที จึงมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับการดูดซึ่มความชื้น

4. การทำฟรีทรีตแผ่นฟิล์มเพื่อลดค่าสิ่งเจือปนตามธรรมชาติในเส้นใยกัญชงด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 17.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิห้อง เวลา 5 ถึง 60 นาที และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.7 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 5 ถึง 60 นาที ทำให้เส้นใยที่ผ่านฟรีทรีตแผ่นฟิล์มแบบแยกด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และแบบต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมคลอไรด์สามารถดูดซึ่มความชื้นและดูดซึ่มสีไดเรกต์เพิ่มขึ้นโดยที่แนวโน้มในการดูดซึ่มความชื้นของเส้นใยที่ผ่านฟรีทรีตแผ่นฟิล์มในแต่ละเวลามีความคล้ายกับแนวโน้มของการดูดซึ่มสีไดเรกต์ 1 เปอร์เซ็นต์มากกว่าการดูดซึ่มสีไดเรกต์ 3 เปอร์เซ็นต์ และสีเบสิก Methylene Blue

บรรณานุกรม

1. Buschle Diller, G., Fanter, C., Loth, F., 1999. Structural changes in hemp fibers as a result of enzyme systems. Textile Research Journal 69, 244–251.
2. Gumuskaya, E., Usta, M., Balaban, M., 2007. Carbohydrate components and crystalline structure of organosolv hemp (*Cannabis sativa* L.) bast fibers pulp. Bioresource Technology 98, 491–497.
3. Wang, H., Postle, R., Kessler, R., Kessler, W., 2003. Removing pectin and lignin during chemical processing of hemp for textile applications. Textile Research Journal 73, 664–669.
4. Laureano-Perez L, Teymouri F, Alizadeh H, Dale BE. Understanding factors that limit enzymatic hydrolysis of biomass: characterization of pretreated corn stover. Appl Biochem Biotechnol 2005;121–124:1081–99.
5. Balaban M, Ucar G. The effect of the duration of alkali pretreatment on the solubility of polyoses. Turk J Agric For 1999;23:667–71.
6. Fengel D, Wegener G. Wood Chemistry, Ultrastructure, Reactions. Berlin New York;1984
7. Hendricks AT, Zeeman G. Pretreatments to enhance the digestibility of lignocellulosic biomass. Bioresour Technol 2009;100:10–8.
8. Avgerinos GC, Wang DIC. Selective delignification for fermentation of enhancement. Biotechnol Bioeng 1983;25:67–83.
9. เกษม พิพัฒน์ปัญญากุล. (2537). *การควบคุมคุณภาพงานเตรียมสิ่งทอเพื่อการย้อม* พิมพ์. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
10. อภิชาติ สนธิสมบัติ. (2545). *กระบวนการทางเคมีสิ่งทอ*. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
11. ศูนย์สิ่งทอล้านนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย. ได้จาก http://ltt.cru.in.th/Word_came2.php.
12. ลิลี่ โกศลยานนท์,ทีทีไอเอส จำกัด. (2541). *คู่มือวิชาการสิ่งทอ*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
13. อัจฉราพร ไสละสุต. (2527). *คู่มือการย้อมสี*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ : ม.ป.พ.
14. กาวี ศรีกุลกิจ. (2544). หลักการย้อมสีสิ่งทอ. วันที่ค้นข้อมูล 9 ธันวาคม 2554, จาก [ห้องสมุดกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม.เว็บไซต์: http://library.dip.go.th/multim/edoc/08510.pdf](http://library.dip.go.th/multim/edoc/08510.pdf)
15. หนังสือพิมพ์ฐานเศรษฐกิจ. (2552). *กัญชาพืชเศรษฐกิจ ตามพระราชเสาวนีย์*. วันที่ค้นข้อมูล 9 ธันวาคม 2554, จาก [THANONLINE.COM.เว็บไซต์:](http://THANONLINE.COM)

http://www.thannews.th.com/index.php?option=com_content&view=article&id=7362:2009-10-05-05-46-00&catid=87:2009-02-08-11-23-26&Itemid=423

16. ผู้จัดการ 360° รายสัปดาห์. (2554). 'กัญชง'พืชศก.ใหม่หนุนอุตสาหกรรม "น้ำมัน - สิ่งทอ - ก่อสร้าง" เอกชนนำร่องปลูกที่ลาว 6 หมื่นไร่ - ภาครัฐพร้อมหนุน. วันที่ค้นข้อมูล 9 ธันวาคม 2554, จาก [ASTVผู้จัดการออนไลน์](#).เว็บไซต์:

<http://mgr.manager.co.th/mgrWeekly/ViewNews.aspx?NewsID=9540000058153>

17. ประภัศร ทิพย์รัตน์, พิภพ ชำนิวิทย์พงศ์, และสิโรตม์ ชูติวัตร. (2550). ปริมาณสารสำคัญในกัญชง. *สำนักงานคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามยาเสพติด*, เข้าถึงได้จาก *ฐานข้อมูลโครงการเครือข่ายห้องสมุดแห่งประเทศไทย*.

18. อาภาพร สุทธิพัฒนสมบุญ. (2553). *ป.ตรี มหิดลพัฒนาเทคนิคแยก "กัญชง-กัญชา" ใช้ตรวจหาร่องรอยนิติวิทยาศาสตร์*. วันที่ค้นข้อมูล 7 ธันวาคม 2554, จาก [ASTVผู้จัดการออนไลน์](#).เว็บไซต์:

<http://www.manager.co.th/Science/ViewNews.aspx?NewsID=9530000034713>

19. Biljana M. Pejic, Mirjana M. Kostic, Petar D. Skundric, & Jovana Z. Praskalo (2008). The effects of hemicelluloses and lignin removal on water uptake behavior of hemp fibers. *Bioresource Technology*, 99(15), 7152-7159. doi: 10.1016/j.biortech.2007.12.073.
20. Hayo M.G. van der Werf & Lea Turunen (2008). The environmental impacts of the production of hemp and flax textile yarn. *Industrial Crops and Products*, 27 (1), 1-10. doi: 10.1016/j.indcrop.2007.05.003
21. S. González-García, A. Hospido, G. Feijoo, & M.T. Moreira (2010). Life cycle assessment of raw materials for non-wood pulp mills: Hemp and flax. *Resources, Conservation and Recycling*, 54 (11), 923-930. doi: 10.1016/j.resconrec.2010.01.011
22. Mattia Ossola & Yves M Galante (2004). Scouring of flax rove with the aid of enzymes. *Enzyme and Microbial Technology*, 34 (2), 177-186. doi: 10.1016/j.enzmictec.2003.10.003
23. Minna Nykter, Hanna-Riitta Kymäläinen, Anne Belinda Thomsen, Hans Lilholt, Hilikka Koponen, Anna-Maija Sjöberg, & Anders Thygesen (2008). Effects of thermal and enzymatic treatments and harvesting time on the microbial quality and chemical composition of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.). *Biomass and Bioenergy*, 32 (5), 392-399. doi: 10.1016/j.biombioe.2007.10.015

24. Hanna-Riitta Kymäläinen & Anna-Maija Sjöberg (2008). Flax and hemp fibres as raw materials for thermal insulations. *Building and Environment*, 43 (7), 1261-1269. doi: 10.1016/j.buildenv.2007.03.006
25. Alessandra Bertoli, Sabrina Tozzi, Luisa Pistelli, & Luciana G. Angelini (2010). Fibre hemp inflorescences: From crop-residues to essential oil production. *Industrial Crops and Products*, 32 (3), 329-337. doi: 10.1016/j.indcrop.2010.05.012
26. Mirjana M. Kostic, Biljana M. Pejic, Koviljka A. Asanovic, Vojislav M. Aleksic, & Petar D. Skundric (2010). Effect of hemicelluloses and lignin on the sorption and electric properties of hemp fibers. *Industrial Crops and Products*, 32 (2), 169-174. doi: 10.1016/j.indcrop.2010.04.014
27. Biljana Pejic, Marija Vukcevic, Mirjana Kostic, & Petar Skundric (2009). Biosorption of heavy metal ions from aqueous solutions by short hemp fibers: Effect of chemical composition. *Journal of Hazardous Materials*, 164 (1), 146-153. doi: 10.1016/j.jhazmat.2008.07.139
28. Mariano Pracella, Donatella Chionna, Irene Anguillesi, Zbigniew Kulinski, & Ewa Piorkowska (2006). Functionalization, compatibilization and properties of polypropylene composites with Hemp fibres. *Composites Science and Technology*, 66 (13), 2218-2230. doi: 10.1016/j.compscitech.2005.12.006
29. Bálint Sipos, Emma Kreuger, Sven-Erik Svensson, Kati Réczey, Lovisa Björnsson, & Guido Zacchi (2010). Steam pretreatment of dry and ensiled industrial hemp for ethanol production. *Biomass and Bioenergy*, 34 (12), 1721-1731. doi: 10.1016/j.biombioe.2010.07.003
30. C. Garcia, Jaldon, D. Dupeyre, & M.R. Vignon (1998). Fibres from semi-retted hemp bundles by steam explosion treatment. *Biomass and Bioenergy*, 14 (3), 251-260. doi: 10.1016/S0961-9534(97)10039-3
31. Ru Yang, Guoqiang Liu, Xinhua Xu, Min Li, Jianchun Zhang, & Xinmin Hao (2011). Surface texture, chemistry and adsorption properties of acid blue 9 of hemp (*Cannabis sativa* L.) bast-based activated carbon fibers prepared by phosphoric acid activation. *Biomass and Bioenergy*, 35(1), 437-445. doi: 10.1016/j.biombioe.2010.08.061

32. Moyeenuddin A. Sawpan, Kim L. Pickering, & Alan Fernyhough (2011). Effect of various chemical treatments on the fibre structure and tensile properties of industrialhempfibres. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 42(8), 888-895. doi: 10.1016/j.compositesa.2011.03.008
33. M. Le Troëdec, A. Rachini, C. Peyratout, S. Rossignol, E. Max, O. Kaftan, A. Fery, & A. Smith (2011). Influence of chemical treatments on adhesion properties of hemp fibres. *Journal of Colloid and Interface Science*, 356(1), 303–310. doi: 10.1016/j.jcis.2010.12.066
34. Florence Collet, Marjorie Bart, Laurent Serres, & Jacques Miriel (2008). Porous structure and water vapour sorption of hemp-based materials. *Construction and Building Materials*, 22(8), 1271–1280. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2007.01.018
35. Michel J.M Ebskamp (2002). Engineering flax and hemp for an alternative to cotton. *Trends in Biotechnology*, 20(6), 229-230. doi: 10.1016/S0167-7799(02)01953-4
36. H.-R Kymäläinen, M Hautala, R Kuisma, & A Pasila (2001). Capillarity of flax/linseed (*Linum usitatissimum* L.) and fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) straw fractions. *Industrial Crops and Products*, 14(1), 41-50. doi: 10.1016/S0926-6690(00)00087-X
37. L.L. Zhang, R.Y. Zhu, J.Y. Chen, J.M. Chen, & X.X. Feng (2008). Seawater-retting treatment of hemp and characterization of bacterial strains involved in the retting process. *Process Biochemistry*, 43(11), 1195-1201. doi: 10.1016/j.procbio.2008.06.019
38. H.M. Wang and R. Postle (2004). Improving the Color Features of Hemp Fibers After Chemical Preparation for Textile Applications. *Textile Research Journal*, 74(9), 781-786. doi: 10.1177/004051750407400906
39. Kostic, M., Pejic, B., Skundric, P., 2008. Quality of chemically modified hemp fibers. *Bioresource Technology* 99, 94–99.
40. Garner, W., 1967. *Textile Laboratory Manuel. Fibres*, vol. 5. Heywood Books, London (pp.52-113).

ภาคผนวก

ตาราง 1 ความสัมพันธ์ของน้ำหนักเส้นใยกับเวลาที่ใช้ในการทำ Pre-treatment ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

น้ำหนัก (กรัม)						
ก่อน Pre-treated	1.500 กรัม					
หลัง Pre-treated	5 นาที	10 นาที	20 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที
ตัวอย่าง 1	1.333	1.311	1.308	1.305	1.250	1.220
ตัวอย่าง 2	1.334	1.299	1.339	1.289	1.27	1.212
ตัวอย่าง 3	1.331	1.281	1.307	1.288	1.239	1.210
ตัวอย่าง 4	1.326	1.329	1.292	1.311	1.206	1.249
เฉลี่ย	1.331	1.305	1.312	1.298	1.241	1.223
ค่าความแตกต่าง (หลัง-ก่อน) (ค่า + คือ เพิ่ม, ค่า - คือ ลด)	-0.169	-0.195	-0.189	-0.202	-0.259	-0.277

ตาราง 2 ความสัมพันธ์ของน้ำหนักเส้นใยกับเวลาที่ใช้ในการทำ Pre-treatment ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

น้ำหนัก (กรัม)						
ก่อนPre-treated	1.500 กรัม					
หลัง Pre-treated	5 นาที	10 นาที	20 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที
ตัวอย่าง 1	1.441	1.465	1.451	1.395	1.335	1.405
ตัวอย่าง 2	1.469	1.429	1.439	1.423	1.363	1.432
ตัวอย่าง 3	1.454	1.41	1.436	1.393	1.419	1.393
ตัวอย่าง 4	1.469	1.474	1.464	1.405	1.364	1.418
เฉลี่ย	1.458	1.445	1.448	1.404	1.370	1.412

ค่าความแตกต่าง (หลัง-ก่อน) (ค่า + คือ เพิ่ม, ค่า - คือ ลด)	-0.042	-0.055	-0.052	-0.096	-0.130	-0.088
---	--------	--------	--------	--------	--------	--------

ตาราง 3 ความสัมพันธ์ของน้ำหนักเส้นใยกับเวลาที่ใช้ในการทำ Pre-treatment แบบต่อเนื่องด้วย สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 5 นาที และ สารละลาย โซเดียมคลอไรท์ 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 5, 10, 20, 30, 45 หรือ 60 นาที

น้ำหนักก่อน Pre-treatment	1.500 กรัม					
หลัง Pre-treatment	น้ำหนัก (กรัม)					
NaOH / NaClO ₂	5 นาที	10 นาที	20 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที
5 นาที						
ตัวอย่าง 1	1.3070	1.3460	1.2650	1.4190	1.1550	1.2130
ตัวอย่าง 2	1.3851	1.4169	1.3939	1.4290	1.3222	1.2763
ตัวอย่าง 3	1.3887	1.3418	1.3894	1.3473	1.3016	1.2451
ตัวอย่าง 4	1.4221	1.3769	1.3359	1.3214	1.3131	1.2529
น้ำหนักเฉลี่ย	1.3757	1.3704	1.3461	1.3792	1.2730	1.2468
ค่าความแตกต่าง (หลัง-ก่อน) (ค่า + คือ เพิ่ม, ค่า - คือ ลด)	-0.1243	-0.1296	-0.1540	-0.1208	-0.2270	-0.2532

ตาราง 4 ความสัมพันธ์ของน้ำหนักเส้นใยกับเวลาที่ใช้ในการทำ Pre-treatment แบบต่อเนื่องด้วย สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 10 นาที และ สารละลาย โซเดียมคลอไรท์ 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 5, 10, 20, 30, 45 หรือ 60 นาที

น้ำหนักก่อน Pre-treatment	1.500 กรัม					
หลัง Pre-treatment	น้ำหนัก (กรัม)					
NaOH / NaClO ₂	5 นาที	10 นาที	20 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที
10 นาที						
ตัวอย่าง 1	1.3470	1.3370	1.3320	1.1936	1.1830	1.1995
ตัวอย่าง 2	1.4290	1.3843	1.3918	1.3605	1.3528	1.2471
ตัวอย่าง 3	1.4095	1.3382	1.3568	1.3509	1.3148	1.3464
ตัวอย่าง 4	1.3574	1.3275	1.3238	1.3195	1.3082	1.2113
น้ำหนักเฉลี่ย	1.3857	1.3468	1.3511	1.3061	1.2897	1.2511
ค่าความแตกต่าง (หลัง-ก่อน) (ค่า + คือ เพิ่ม, ค่า - คือ ลด)	-0.1143	-0.1533	-0.1489	-0.1939	-0.2103	-0.2489

ตาราง 5 ความสัมพันธ์ของน้ำหนักเส้นใยกับเวลาที่ใช้ในการทำ Pre-treatment แบบต่อเนื่องด้วย สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 20 นาที และ สารละลาย โซเดียมคลอไรท์ 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 5, 10, 20, 30, 45 หรือ 60 นาที

น้ำหนักก่อน Pre-treatment	1.500 กรัม					
หลัง Pre-treatment	น้ำหนัก (กรัม)					
NaOH / NaClO ₂	5 นาที	10 นาที	20 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที
20 นาที						
ตัวอย่าง 1	1.2680	1.3450	1.2630	1.2470	1.1310	1.1680
ตัวอย่าง 2	1.4077	1.3018	1.2045	1.3100	1.2969	1.1728
ตัวอย่าง 3	1.3348	1.3517	1.4000	1.4792	1.3376	1.3158
ตัวอย่าง 4	1.3501	1.3594	1.3378	1.3125	1.3767	1.2689
น้ำหนักเฉลี่ย	1.3402	1.3395	1.3013	1.3372	1.2856	1.2314
ค่าความแตกต่าง (หลัง-ก่อน) (ค่า + คือ เพิ่ม, ค่า - คือ ลด)	-0.1599	-0.1605	-0.1987	-0.1628	-0.2145	-0.2686

ตาราง 6 ความสัมพันธ์ของน้ำหนักเส้นใยกับเวลาที่ใช้ในการทำ Pre-treatment แบบต่อเนื่องด้วย สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 30 นาที และ สารละลาย โซเดียมคลอไรด์ 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 5, 10, 20, 30, 45 หรือ 60 นาที

น้ำหนักก่อน Pre-treatment	1.500 กรัม					
หลัง Pre-treatment	น้ำหนัก (กรัม)					
NaOH / NaClO ₂	5 นาที	10 นาที	20 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที
30 นาที						
ตัวอย่าง 1	1.2430	1.2070	1.2050	1.1800	1.1030	1.1350
ตัวอย่าง 2	1.2582	1.2643	1.2649	1.2999	1.0140	1.2265
ตัวอย่าง 3	1.3042	1.2857	1.3045	1.2560	1.1913	1.2018
ตัวอย่าง 4	1.2988	1.3089	1.3204	1.2841	1.2501	1.2254
น้ำหนักเฉลี่ย	1.2761	1.2665	1.2737	1.2550	1.1396	1.1972
ค่าความแตกต่าง (หลัง-ก่อน) (ค่า + คือ เพิ่ม, ค่า - คือ ลด)	-0.2240	-0.2335	-0.2263	-0.2450	-0.3604	-0.3028

ตาราง 7 ความสัมพันธ์ของน้ำหนักเส้นใยกับเวลาที่ใช้ในการทำ Pre-treatment แบบต่อเนื่องด้วย สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 45 นาที และ สารละลาย โซเดียมคลอไรด์ 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 5, 10, 20, 30, 45 หรือ 60 นาที

น้ำหนักก่อน Pre-treatment	1.500 กรัม					
หลัง Pre-treatment	น้ำหนัก (กรัม)					
NaOH / NaClO ₂	5 นาที	10 นาที	20 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที
45 นาที						
ตัวอย่าง 1	1.1700	1.1820	1.1760	1.1710	1.1210	1.1270
ตัวอย่าง 2	1.2964	1.2962	1.2732	1.2834	1.1740	1.1592
ตัวอย่าง 3	1.2801	1.3034	1.2684	1.2284	1.1905	1.1989
ตัวอย่าง 4	1.3615	1.3165	1.3093	1.2538	1.2358	1.2402
น้ำหนักเฉลี่ย	1.2770	1.2745	1.2567	1.2342	1.1803	1.1813
ค่าความแตกต่าง (หลัง-ก่อน) (ค่า + คือ เพิ่ม, ค่า - คือ ลด)	-0.2230	-0.2255	-0.2433	-0.2659	-0.3197	-0.3187

ตาราง 8 ความสัมพันธ์ของน้ำหนักเส้นใยกับเวลาที่ใช้ในการทำ Pre-treatment แบบต่อเนื่องด้วย สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 60 นาที และ สารละลาย โซเดียมคลอไรด์ 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 5, 10, 20, 30, 45 หรือ 60 นาที

น้ำหนักก่อน Pre-treatment	1.500 กรัม					
หลัง Pre-treatment	น้ำหนัก (กรัม)					
NaOH / NaClO ₂	5 นาที	10 นาที	20 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที
60 นาที						
ตัวอย่าง 1	1.2230	1.1920	1.1780	1.2240	1.1680	1.1360
ตัวอย่าง 2	1.2181	1.2612	1.2420	1.2397	1.1574	1.1825
ตัวอย่าง 3	1.3791	1.2741	1.2057	1.3551	1.1872	1.1840
ตัวอย่าง 4	1.3188	1.2948	1.3510	1.2739	1.2443	1.1953
น้ำหนักเฉลี่ย	1.2848	1.2555	1.2442	1.2732	1.1892	1.1745
ค่าความแตกต่าง (หลัง-ก่อน) (ค่า + คือ เพิ่ม, ค่า - คือ ลด)	-0.2153	-0.2445	-0.2558	-0.2268	-0.3108	-0.3256

ตาราง 9. ความสัมพันธ์ของความชื้นกับเวลาที่ใช้ในการทำ Pre-treatment ด้วยสารละลายไฮเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 5, 10, 20, 30, 45 หรือ 60 นาที

ความชื้น ก่อน Pre-treatment	5.132 %					
หลัง NaOH Pre-treatment	% ความชื้น					
	5 นาที	10 นาที	20 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที
ตัวอย่าง 1	5.34	4.00	6.26	6.70	4.05	5.25
ตัวอย่าง 2	5.91	5.85	6.07	6.25	6.47	6.11
ตัวอย่าง 3	5.73	5.87	4.72	6.06	5.64	5.59
ตัวอย่าง 4	6.05	6.17	6.02	6.23	6.13	5.86
เฉลี่ย	5.76	5.47	5.77	6.31	5.57	5.71
ความแตกต่างความชื้น (ค่า + คือ เพิ่ม, ค่า - คือ ลด)	0.62	0.34	0.63	1.18	0.44	0.57

ตาราง 10 ความสัมพันธ์ของความชื้นกับเวลาที่ใช้ในการทำ Pre-treatment ด้วยสารละลายไฮเดียมคลอไรต์ 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 5, 10, 20, 30, 45 หรือ 60 นาที

ความชื้น ก่อน Pre-treatment	10.100 %					
หลัง NaClO ₂ Pre-treatment	% ความชื้น					
	5 นาที	10 นาที	20 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที
ตัวอย่าง 1	10.61	10.39	10.31	10.21	9.59	14.83
ตัวอย่าง 2	10.26	10.03	9.87	9.91	10.01	16.11
ตัวอย่าง 3	10.25	9.90	9.72	9.64	9.94	12.87
ตัวอย่าง 4	9.94	9.87	9.75	9.82	9.42	14.29
เฉลี่ย	10.27	10.05	9.92	9.90	9.74	14.52
ความแตกต่างความชื้น (ค่า + คือ เพิ่ม, ค่า - คือ ลด)	0.16	-0.05	-0.19	-0.20	-0.36	4.42

ตาราง 4.11 ความสัมพันธ์ของความชื้นกับเวลาที่ใช้ในการทำ Pre-treatment แบบต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 5 นาที และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 5, 10, 20, 30, 45 หรือ 60 นาที

ความชื้น ก่อน Pre-treatment	9.240 %					
หลัง Pre-treatment	% ความชื้น					
NaOH / NaClO ₂	5 นาที	10 นาที	20 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที
5 นาที						
ตัวอย่าง 1	9.181	9.658	9.921	9.535	8.519	8.747
ตัวอย่าง 2	10.201	10.078	9.477	10.077	9.371	9.300
ตัวอย่าง 3	12.170	12.468	12.675	12.061	11.947	11.782
ตัวอย่าง 4	11.645	11.257	11.378	11.253	10.700	10.887
เฉลี่ย	10.799	10.866	10.863	10.732	10.134	10.179
ความแตกต่างความชื้น (ค่า + คือ เพิ่ม, ค่า - คือ ลด)	1.559	1.625	1.622	1.491	0.894	0.939

ตาราง 4.12 ความสัมพันธ์ของความชื้นกับเวลาที่ใช้ในการทำ Pre-treatment แบบต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 10 นาที และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 5, 10, 20, 30, 45 หรือ 60 นาที

ความชื้น ก่อน Pre-treatment	9.240 %					
หลัง Pre-treatment	% ความชื้น					
NaOH / NaClO ₂	5 นาที	10 นาที	20 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที
10 นาที						
ตัวอย่าง 1	9.993	10.022	9.820	8.881	8.749	9.379
ตัวอย่าง 2	9.944	9.940	9.786	9.460	9.514	8.901
ตัวอย่าง 3	13.097	13.346	13.038	12.895	12.610	18.056
ตัวอย่าง 4	12.148	11.616	11.686	11.429	11.206	10.922
เฉลี่ย	11.295	11.231	11.082	10.666	10.520	11.814
ความแตกต่างความชื้น (ค่า + คือ เพิ่ม, ค่า - คือ ลด)	2.055	1.991	1.842	1.426	1.279	2.574

ตาราง 4.13 ความสัมพันธ์ของความชื้นกับเวลาที่ใช้ในการทำ Pre-treatment แบบต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 20 นาที และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 5, 10, 20, 30, 45 หรือ 60 นาที

ความชื้น ก่อน Pre-treatment	9.240 %					
หลัง Pre-treatment	% ความชื้น					
NaOH / NaClO ₂	5 นาที	10 นาที	20 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที
20 นาที						
ตัวอย่าง 1	9.519	9.688	9.976	9.014	8.134	8.973
ตัวอย่าง 2	9.732	9.495	9.805	9.122	7.865	7.938
ตัวอย่าง 3	12.047	13.775	17.614	22.674	16.328	20.079
ตัวอย่าง 4	20.805	12.373	11.616	12.495	15.675	15.115
เฉลี่ย	13.026	11.333	12.253	13.326	12.001	13.026
ความแตกต่างความชื้น (ค่า + คือ เพิ่ม, ค่า - คือ ลด)	3.785	2.092	3.013	4.086	2.760	3.786

ตาราง 4.14 ความสัมพันธ์ของความชื้นกับเวลาที่ใช้ในการทำ Pre-treatment แบบต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 30 นาที และสารละลายโซเดียมคลอไรท์ 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 5, 10, 20, 30, 45 หรือ 60 นาที

ความชื้น ก่อน Pre-treatment	9.240 %					
หลัง Pre-treatment	% ความชื้น					
NaOH / NaClO ₂	5 นาที	10 นาที	20 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที
30 นาที						
ตัวอย่าง 1	8.874	9.072	8.780	8.763	8.486	8.476
ตัวอย่าง 2	9.498	9.420	8.609	16.878	7.268	8.642
ตัวอย่าง 3	12.268	12.025	11.522	11.919	11.408	10.984
ตัวอย่าง 4	11.541	11.651	12.042	11.276	11.599	11.066
เฉลี่ย	10.545	10.542	10.238	12.209	9.690	9.792
ความแตกต่างความชื้น (ค่า + คือ เพิ่ม, ค่า - คือ ลด)	1.305	1.302	0.998	2.969	0.450	0.552

ตาราง 4.15 ความสัมพันธ์ของความชื้นกับเวลาที่ใช้ในการทำ Pre-treatment แบบต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 45 นาที และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 5, 10, 20, 30, 45 หรือ 60 นาที

ความชื้น ก่อน Pre-treatment	9.240 %					
หลัง Pre-treatment	% ความชื้น					
NaOH / NaClO ₂	5 นาที	10 นาที	20 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที
45 นาที						
ตัวอย่าง 1	9.521	9.560	8.895	9.086	8.974	9.059
ตัวอย่าง 2	10.097	9.273	10.022	8.851	7.734	7.781
ตัวอย่าง 3	12.593	12.559	11.881	11.495	11.735	11.694
ตัวอย่าง 4	12.001	11.850	11.670	11.230	10.924	10.901
เฉลี่ย	11.053	10.811	10.617	10.166	9.842	9.859
ความแตกต่างความชื้น (ค่า + คือ เพิ่ม, ค่า - คือ ลด)	1.813	1.570	1.377	0.925	0.601	0.619

ตาราง 4.16 ความสัมพันธ์ของความชื้นกับเวลาที่ใช้ในการทำ Pre-treatment แบบต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 60 นาที และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 5, 10, 20, 30, 45 หรือ 60 นาที

ความชื้น ก่อน Pre-treatment	9.240 %					
หลัง Pre-treatment	% ความชื้น					
NaOH / NaClO ₂	5 นาที	10 นาที	20 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที
60 นาที						
ตัวอย่าง 1	9.354	9.169	9.117	9.142	8.844	8.539
ตัวอย่าง 2	7.996	8.920	9.291	8.534	8.053	9.082
ตัวอย่าง 3	17.896	13.162	11.479	20.375	11.439	15.439
ตัวอย่าง 4	11.897	11.816	14.745	12.152	12.465	10.868
เฉลี่ย	11.786	10.767	11.158	12.551	10.200	10.982
ความแตกต่างความชื้น (ค่า + คือ เพิ่ม, ค่า - คือ ลด)	2.545	1.527	1.918	3.310	0.960	1.742

ตาราง 4.17 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมสีไดเรกต์ Sirius Blue 1% W/V (%E) ของเส้นใยผ่านการ Pre-treatment ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร หรือ สารละลายโซเดียมคลอไรท์ 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 5, 10, 20, 30, 45 หรือ 60 นาที

เปอร์เซ็นต์การดูดซึมสีไดเรกต์ Sirius Blue 1% W/V (%E)		
Un-treated	28.42	
Pre-treated	NaOH 17.5% W/V	NaClO ₂ 0.7% W/V
5 นาที	30.07	27.39
10 นาที	33.37	29.56
20 นาที	34.40	29.15
30 นาที	34.50	31.10
45 นาที	34.71	25.13
60 นาที	34.09	31.72

ตาราง 4.18 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมสีไดเรกต์ Sirius Blue 3 % W/V (%E) ของเส้นใยผ่านการ Pre-treatment ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร หรือ สารละลายโซเดียมคลอไรท์ 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 5, 10, 20, 30, 45 หรือ 60 นาที

เปอร์เซ็นต์การดูดซึมสีไดเรกต์ Sirius Blue 3% W/V (%E)		
Un-treated	39.48	
Pre-treated	NaOH 17.5% W/V	NaClO ₂ 0.7% W/V
5 นาที	64.79	56.84
10 นาที	74.39	57.71
20 นาที	75.56	65.37
30 นาที	80.12	61.20
45 นาที	79.73	69.35

60 นาที	77.59	78.08
---------	-------	-------

ตาราง 4.19 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมสีไดเร็กต์ Sirius Blue 1 % W/V (%E) ของเส้นใยผ่านการ Pre-treatment แบบต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และสารละลายโซเดียมคลอไรท์ 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 5, 10, 20, 30, 45 หรือ 60 นาที

เปอร์เซ็นต์การดูดซึมสีไดเร็กต์ Sirius Blue 1% W/V (% E)							
Pre-treatment		NaOH 17.5% W/V					
		5 นาที	10 นาที	20 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที
NaClO ₂ 0.7% W/V	5 นาที	24.02	33.16	34.29	22.79	93.63	91.07
	10 นาที	31.83	31.01	33.47	31.72	94.97	97.43
	20 นาที	27.93	30.90	33.57	31.72	92.71	92.51
	30 นาที	28.03	33.68	33.88	28.23	98.05	92.92
	45 นาที	29.57	31.52	33.68	29.88	94.46	94.25
	60 นาที	30.39	30.90	29.77	29.36	95.48	94.35

ตาราง 4.20 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมสีไดเร็กต์ Sirius Blue 3 % W/V (%E) ของเส้นใยผ่านการ Pre-treatment แบบต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และสารละลายโซเดียมคลอไรท์ 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 5, 10, 20, 30, 45 หรือ 60 นาที

เปอร์เซ็นต์การดูดซึมสีไดเร็กต์ Sirius Blue 3% W/V (% E)							
Pre-treatment		NaOH 17.5% W/V					
		5 นาที	10 นาที	20 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที
NaClO ₂ 0.7% W/V	5 นาที	75.02	65.78	63.82	74.93	82.58	70.13
	10 นาที	65.51	75.29	59.47	78.93	76.71	72.98
	20 นาที	65.33	78.58	64.09	74.58	75.91	76.36
	30 นาที	68.09	65.78	69.42	80.89	81.96	83.73

	45 นาที	71.11	71.29	69.87	87.38	85.96	83.56
	60 นาที	74.04	76.71	81.60	78.13	83.38	84.44

ตาราง 4.21 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมสีเบสิก Methylene Blue 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ของเส้นใยผ่านการ Pre-treatment ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตรหรือ สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 5, 10, 20, 30, 45 หรือ 60 นาที

เปอร์เซ็นต์การดูดซึมสีเบสิก Methylene Blue 600 มิลลิกรัมต่อลิตร (%E)		
Un-treated	97.17	
Pre-treated	NaOH 17.5% W/V	NaClO ₂ 0.7% W/V
5 นาที	91.68	94.68
10 นาที	92.89	95.66
20 นาที	92.20	94.57
30 นาที	91.85	94.28
45 นาที	92.60	92.43
60 นาที	92.83	93.70

ตาราง 4.22 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมสีเบสิก Methylene Blue 600 มิลลิกรัมต่อลิตรของเส้นใยผ่านการ Pre-treatment แบบต่อเนื่องด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตรและสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 5, 10, 20, 30, 45 หรือ 60 นาที

เปอร์เซ็นต์การดูดซึมสีเบสิก Methylene Blue 600 มิลลิกรัมต่อลิตร (%E)							
Pre-treatment		NaOH 17.5% W/V					
		5 นาที	10 นาที	20 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที
NaClO ₂ 0.7% W/V	5 นาที	91.50	90.64	89.88	90.98	91.62	90.52
	10 นาที	90.92	91.27	90.64	93.18	91.91	91.45
	20 นาที	90.98	90.29	91.04	92.66	92.02	92.25
	30 นาที	90.52	89.42	90.40	90.75	90.69	90.81
	45 นาที	89.71	89.77	90.12	90.87	89.54	89.02

	60 นาที	89.54	89.71	88.55	89.71	90.06	87.80
--	---------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล : ศิรินันท์ แก่นทอง
Sirinun Kaenthong

ตำแหน่ง□บริหาร/วิชาการ ที่เป□นป□จุบัน : อาจารย์

หน□วยงานที่สังกัด และสถานที่ติดต่อ□อ

ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

โทรศัพท์/โทรสาร 02-258-4000 / 02-258-4000

sirinunk@swu.ac.th

ประวัติการศึกษา

PhD. Textile Chemistry & Coloration Technology

The University of Manchester, UK

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

Textile Chemistry & Coloration Technology

ประสบการณ์□ที่เกี่ยวข้อง□อง -