

# สมบัติของเส้นด้ายรวมและเส้นด้ายเชือกจากเส้นใยบัวหลวง (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) แบบ Z on Z

## Properties of Ply and Cord Yarns from Sacred Lotus Fibers (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) Classified as Z on Z Twist

ณธษา พันธุ์บัว<sup>1\*</sup>

Nathasar Punbua<sup>1\*</sup>

Received: February 2, 2022; Revised: June 2, 2022; Accepted: June 7, 2022

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติของเส้นด้ายรวมและเส้นด้ายเชือกจากเส้นใยบัวหลวงแบบ Z on Z และเปรียบเทียบผลของชนิดก้านบัวและจำนวนของเส้นด้ายที่มีต่อสมบัติของเส้นด้ายด้านขนาด ความแข็งแรงต่อแรงดึงขาด และการยืดตัว วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลโดยใช้การทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Factorial Experiment in Completely Randomized Design) เส้นใยได้จากน้ำยางภายในก้านดอกและก้านใบของบัวหลวงพันธุ์สดพันธุ์โดยวิธีการดองยัด ปั่นเป็นเส้นด้ายรวมแบบ 2 ply และ 3 ply และปั่นเป็นเส้นด้ายเชือกแบบ 2-2 ply, 2-3 ply, 3-2 ply และ 3-3 ply ทดสอบสมบัติของเส้นด้ายด้วยมาตรฐานการทดสอบ ASTM ผลการวิจัยพบว่าเส้นด้ายรวมด้านความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดมีค่าระหว่าง 5.446 - 6.090 g/tex เส้นด้ายรวมจากก้านดอกแบบ 2 ply มีค่าสูงสุด ด้านขนาดของเส้นด้ายมีขนาดเฉลี่ยระหว่าง 224.878 - 270.550 tex ด้านการยืดตัวก่อนขาดมีค่าการยืดตัวระหว่าง 3.351 - 4.182 % เส้นด้ายรวมจากก้านใบแบบ 3 ply มีค่าสูงสุด เส้นด้ายเชือกมีขนาดเฉลี่ยระหว่าง 456.514 - 972.144 tex และมีค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดเท่ากับ 2.227 - 3.994 g/tex เส้นด้ายเชือกจากก้านใบแบบ 3-3 ply มีค่าสูงสุด ด้านการยืดตัวมีค่า 8.098 - 9.266 % เส้นด้ายเชือกจากก้านดอกแบบ 2-3 ply มีค่าสูงสุด ปัจจัยที่มีผลต่อเส้นด้ายรวมพบว่า ชนิดของก้านบัวมีผลต่อขนาด ( $P \leq 0.05$ ) และจำนวนของเส้นด้ายมีผลต่อขนาดและการยืดตัว ( $P \leq 0.01$ ) ปัจจัยที่มีผลต่อเส้นด้ายเชือก พบว่าชนิดของก้านบัวมีผลต่อขนาด ( $P \leq 0.01$ ) จำนวนของเส้นด้ายมีผลต่อขนาด ความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดและการยืดตัว ( $P \leq 0.01$ ) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของก้านบัวและจำนวนของเส้นด้ายไม่มีผลต่อสมบัติของด้ายรวมและด้ายเชือก

คำสำคัญ : เส้นด้ายรวม; เส้นด้ายเชือก; เส้นใยธรรมชาติ; บัวหลวง

<sup>1</sup> คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพฯ

<sup>1</sup> Faculty of Education, Ramkhamhaeng University, Bangkok

\* Corresponding Author, Tel. 0 2310 8331, E - mail: nathasar.jj@gmail.com

## Abstract

The objectives of this research were to study the physical properties of lotus ply yarns and cord yarns classified as Z on Z twist. The comparison of types of lotus stalk, the amounts of yarn affecting the yarn number, tenacity and elongation were studied. The experimental design used was factorial experiment in CRD. The preparation process of lotus fiber was done by stretching method from the milky latex inside the stalk of lotus using flower stalks and leaf stalks. The ply yarns spun in 2 ply and 3 ply and the cord yarns spun in 2-2 ply, 2-3 ply, 3-2 ply, and 3-3 ply. The yarns were tested for physical properties according to ASTM. The results were as follows: the ply yarns had values of tenacity obtained ranged from 5.446 - 6.090 g/tex. The 2 ply yarn of flower stalks had the highest tenacity. The yarn number obtained was 224.878 - 270.550 tex. The values of elongation obtained ranged from 3.351 - 4.182 %. The 3 ply yarn of leaf stalks had the highest the yarn number and elongation. The cord yarns had the yarn number obtained at 456.514 - 972.144 tex. The values of tenacity obtained ranged from 2.227 - 3.994 g/tex. The 3-3 ply yarn of leaf stalks had the highest yarn number and tenacity. The values of elongation obtained were between 8.098 - 9.266 %. The 2-3 ply yarn of flower stalks had the highest elongation. Ply yarns revealed that the type of the lotus stalk significantly affected the yarn number at 0.05 level. The amount of yarn significantly affected yarn number and elongation at 0.01 level. Cord yarns showed that the type of the lotus stalk significantly affected yarn number at 0.01 level. The amount of yarn significantly affected yarn number, tenacity and elongation at 0.01 level. In contrast, interaction between the types of the lotus stalk and the amounts of yarn did not statistically affect the properties of ply and cord yarns.

**Keywords:** Ply Yarn; Cord Yarn; Natural Fiber; Lotus

## บทนำ

บัวหลวงเป็นพืชที่มีมานานถึง 135 ล้านปีมาแล้ว กระจายอยู่ในทวีปใหญ่ ๆ ทั่วโลกคือ ทวีปเอเชีย ทวีปออสเตรเลีย ทวีปอเมริกาเหนือและทวีปแอฟริกาใต้ บัวหลวงจัดเป็นพืชน้ำที่เป็นไม้ล้มลุก อยู่ในวงศ์ Nelumbonaceae สกุลนีลัมโบ (*Nelumbo*) จัดเป็นประเภทพุ่มชาติ (Lotus) บัวหลวงพื้นเมือง (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) มีถิ่นกำเนิดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ สำหรับในเมืองไทยนั้นบัวหลวงจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย ซึ่งมีการปลูกหลายพื้นที่ในประเทศไทยตั้งแต่ภาคเหนือไปจนถึงภาคใต้ เช่น จังหวัดพะเยา พิจิตร นครสวรรค์ นครปฐม ปทุมธานี นครสวรรค์ อุรธานี และพัทลุง [1] ส่วนต่าง ๆ ของบัวหลวงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ดอกบัวนำไปใช้ในการบูชาพระหรือจัดตกแต่งสถานที่ ฝักบัวและไหลบัวสามารถนำไปบริโภคเป็นอาหารหรือนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร ส่วนของเหง้าบัวใช้เป็นสมุนไพร กลีบดอกบัวนิยมนำไปประกอบอาหารและทำชา นอกจากนี้ยังสามารถใช้ประโยชน์ของบัวในด้านสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มได้อีกด้วย [2] จากการศึกษาค่าโมดูลัสของเส้นใยบัวพบว่ามีความเท่ากับ 146.81 cN/dTex ซึ่งขนาดของโมดูลัสเริ่มต้นจะบ่งชี้ถึงความง่ายในการเสียรูปของเส้นใยภายใต้น้ำหนักที่น้อย และสะท้อนถึงความแข็งแรงของเส้นใย ค่าความแข็งแรงต่อการดึงขาดเท่ากับ 3.44 cN/dTex ซึ่งมีค่าสูงกว่าฝ้าย ขนแกะและไหม และมีค่าใกล้เคียงกับรามี่มีการยืดตัวเท่ากับ 2.75 % ซึ่งมีค่าต่ำกว่าฝ้าย ขนแกะและไหม [3] ลักษณะลำต้นของบัวหลวงจะมีเหง้า ไหล หรือหัว ฝังอยู่ในดินโคลนใต้ผิวน้ำ ใบเป็นใบเดี่ยวรูปเกือบกลมขนาดใหญ่มีสีเขียว และแผ่นใบจะชูเหนือน้ำ ก้านใบรูปร่าง

เกือบกลม อวบน้ำ แข็ง มีสีเขียวแต่ส่วนที่อยู่ใต้น้ำสีจะจางลง และมีหนามขนาดเล็กสีน้ำตาลกระจายตัวทั่วไป ถ้าตัดตามขวางจะเห็นเป็นช่องจำนวน 4 - 5 ช่อง ดอกบัวหลวงพันธุ์สดุดบุษย์ มีกลีบดอกเล็ก ๆ สีขาวซ้อนกัน ลักษณะของก้านดอกจะคล้ายกันใบ มีสีเขียวอ่อนจนถึงเหลือง แข็งเล็กน้อย ภาคตัดตามขวางจะเห็นเป็นช่องขนาดใหญ่ 7 - 8 ช่อง บริเวณเนื้อเยื่อชั้นนอก (Cortex) ของก้านใบบัวและก้านดอกบัว ประกอบด้วยเซลล์สเคลอเรนไคมา (Sclerenchyma) เป็นที่สะสมของน้ำยางสีขาวคล้ายน้ำนม (Milky Latex) เมื่อสัมผัสอากาศจะกลายเป็นสีคล้ำและเหนียวติดกันเป็นเส้นใย เรียกว่า ไยบัว เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) [4] ซึ่งสามารถนำไปผลิตเป็นเส้นด้ายและผืนผ้าได้ ไยบัวมีสมบัติคล้ายกับผ้าลินินผสมกับผ้าไหม แต่มีจุดเด่นตรงที่เนื้อบางเบาสวมใส่สบายและระบายความร้อนได้ดี โดยในยามที่อากาศเย็นเมื่อสวมใส่ผ้าไยบัวจะอุ่น และในยามที่อากาศร้อนเมื่อสวมใส่จะรู้สึกเย็นสบาย เนื้อผ้าไม่ยับง่าย [5] การผลิตเส้นด้ายจากไยบัวในปัจจุบันพบว่ายังมีปัญหาเรื่องต้นทุนการผลิตที่สูง และกรรมวิธีที่สิ้นเปลืองเวลา จึงนิยมผลิตเส้นด้ายไยบัวผสมกับเส้นใยชนิดอื่น โดยใช้สัดส่วนของเส้นใยบัวเพียงร้อยละ 15 จากการศึกษาสมบัติเส้นด้ายไยบัวหลวงที่ได้จากก้านบัวด้วยวิธีการหมักและลอกเส้นใยออกเพื่อนำไปปั่น แม้ว่าจะได้ปริมาณของเส้นใยจำนวนมากและประหยัดเวลามากกว่า แต่ยังไม่มีความเหมาะสมในการผลิตเป็นเสื้อผ้า โดยพบว่าเส้นด้ายที่ได้มีลักษณะที่เป็นเส้นด้ายขนาดใหญ่ (522.65 - 828.10 tex) ความสม่ำเสมอต่ำ (Below Grade D) รวมถึงมีความแข็งแรงและการยืดตัวไม่สูงมากนัก (1.700 - 3.020 g/tex และ 1.390 - 2.098 %) [6]

ดังนั้น งานวิจัยนี้มีแนวคิดในการศึกษาสมบัติของเส้นด้ายจากไยบัวหลวงที่ได้จากวิธีการดองน้ำยาด้านขนาด ความแข็งแรงของเส้นด้ายหรือที่เรียกว่า ความคงทนของเส้นด้าย เป็นการสะท้อนคุณภาพของเส้นด้ายและการยืดตัวของเส้นด้ายซึ่งเป็นสมบัติที่จำเป็นในการผลิตเส้นด้ายให้เหมาะสมสำหรับการผลิตเป็นผืนผ้าและสิ่งทออื่น ๆ การศึกษาสมบัติให้ตรงกับความต้องการและเหมาะสมต่อการใช้งานมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค และเพื่อให้สอดคล้องกับอุตสาหกรรมสิ่งทอในปัจจุบันที่ได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาสิ่งทอ โดยเฉพาะเส้นใยจากวัสดุทางธรรมชาติที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Eco-Friendly Fibers) และการพัฒนาเส้นใยจากผลผลิตทางการเกษตรและขยะเหลือใช้จากการเกษตร เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าและเป็นการสร้างโอกาสใหม่ตามแนวทางของทฤษฎีการนำของเหลือใช้กลับมาสร้างประโยชน์ใหม่ (Upcycling) และการใช้ประโยชน์ของทรัพยากรธรรมชาติให้คุ้มค่า เพื่อลดจำนวนการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและส่งเสริมให้เกิดความยั่งยืน (Sustainable Design) [7] อีกทั้งช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อน ซึ่งเป็นวิกฤตการณ์ที่ทั่วโลกให้ความสำคัญ เนื่องจากมีการทำนาบัวในหลายพื้นที่ของประเทศไทย ทำให้มีเศษวัสดุเหลือใช้จากก้านบัวที่ต้องกำจัดทิ้งเป็นจำนวนมาก ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีมีการนำก้านบัวเหลือทิ้งมาแปรรูปให้เกิดประโยชน์มากนัก สำหรับวิธีการกำจัดคือ เผาทำลาย ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพอากาศ ปัจจุบันประเทศไทยมีสัดส่วนการกระจายตัวของ PM2.5 ที่มีความเข้มข้นมากกว่า 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรขึ้นไป ครอบคลุมพื้นที่คิดเป็นร้อยละ 93 ของพื้นที่ประเทศ [8] ส่งผลกระทบต่อโดยตรงต่อสิ่งแวดล้อมและก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจกและเกิดภาวะโลกร้อน รวมถึงการเกิดการละลายของน้ำแข็งขั้วโลก จากการรายงานของ [9] พบว่าถ้ามีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มมากขึ้นเป็น 2 เท่าจากปัจจุบัน ภายในปี ค.ศ. 2100 อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกจะสูงขึ้นถึง 4.4 องศาเซลเซียส ซึ่งจะส่งผลกระทบร้ายแรงต่อโลก อีกทั้งกระทรวงพลังงานของประเทศไทยได้วางแผนพลังงานทดแทน 15 ปี (พ.ศ. 2551 - 2565) ขึ้น โดยตั้งเป้าที่จะลดก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 20 ถึงร้อยละ 25 ภายในปี ค.ศ. 2030 [10]

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำวัสดุทางการเกษตรที่เหลือใช้จากก้านของบัวหลวง นำมาผลิตเป็นเส้นด้ายและปั่นเป็นเส้นด้ายควบเพื่อลดปัญหาที่มักเกิดกับด้ายเดี่ยว คือ เมื่อนำไปใช้ในกระบวนการทอ เส้นด้ายจะไม่สามารถทนแรงเสียดสีได้ นอกจากนี้ยังเป็นการส่งเสริมให้ภูมิปัญญาชาวบ้านเพื่อใช้ประโยชน์จากทรัพยากรในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์ได้อย่างยั่งยืน โดยมีวัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อศึกษาสมบัติของเส้นด้ายรวมและเส้นด้ายเชือกจากเส้นใยบัวหลวงแบบ Z on Z และเปรียบเทียบผลของชนิดก้านบัวและจำนวนของเส้นด้ายที่มีต่อสมบัติของเส้นด้ายด้านขนาด ความแข็งแรงต่อแรงดึงขาด และการยืดตัว วางแผนการทดลองแบบ Factorial Experiment in Completely Randomized Design (CRD) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ ปัจจัยที่ศึกษามี

2 ปัจจัย คือ ชนิดของก้านบัว ได้แก่ ก้านดอกบัวและก้านใบบัวจากบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์ และจำนวนของเส้นด้ายที่ใช้ในการปั่น ได้แก่ 2 ply และ 3 ply สำหรับเส้นด้ายรวม และ 2-2 ply, 2-3 ply, 3-2 ply และ 3-3 ply สำหรับเส้นด้ายเชือก

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. วิธีการเตรียมเส้นด้ายจากใยบัวหลวง

เส้นด้ายที่ใช้ในการทดลอง ได้จากเส้นใยที่เกิดจากน้ำยางสีขาว (Milky Latex) ในส่วนของเซลล์สเคลอเรนไคมา (Sclerenchyma) ภายในก้านบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์อายุ 4 เดือน จากก้านบัว จังหวัดอุดรธานี ดังรูปที่ 1 โดยมีขนาดของลำต้นที่ปลายโคนประมาณ 2 - 3 เซนติเมตร ส่วนความยาวจะคัดที่มากกว่า 100 เซนติเมตร โดยนำก้านบัวจากก้านดอกและก้านใบที่มีความยาว 80 - 90 เซนติเมตร ดังรูปที่ 2(ก) แบ่งเป็นท่อนท่อนละ 10 เซนติเมตร จำนวน 5 ท่อน เพื่อทำการดองน้ำยาง ใช้มัดควั่นก้านบัวเพื่อให้เป็นร่องและง่ายต่อการหักจากนั้นทำการหักก้านบัวและดึงก้านบัวออกจากกันด้วยระยะห่าง 50 เซนติเมตร เพื่อให้มีน้ำยางสัมผัสอากาศและเปลี่ยนเป็นเส้นใย ดังรูปที่ 2(ข) จากนั้นทำการบิดเส้นใยที่ได้จากน้ำยางที่ออกมาจากก้านบัว จากนั้นใช้มือปั่นเส้นใยให้รวมตัวกันโดยปั่นให้น้ำยางสัมผัสจนไม้กระดานขนาด 40 x 100 x 5 เซนติเมตร ทำต่อไปเรื่อย ๆ จนได้เส้นด้ายเดี่ยวยาวต่อกันไป ดังรูปที่ 3

### 2. วิธีการปั่นเส้นด้ายรวมและเส้นด้ายเชือกจากเส้นใยบัวหลวง

หลังจากที่ได้เส้นด้ายเดี่ยวที่เกิดจากการปั่นจากน้ำยางแล้ว นำเส้นด้ายมาทำการคันเครือเส้นด้ายบนหลักเพื่อเตรียมปั่น ดังรูปที่ 4(ก) ทำการปั่นด้วยมือโดยใช้เครื่องปั่นด้ายที่พัฒนาโดยชาวบ้านชุมชนบ้านคู จังหวัดนครราชสีมา โดยใช้ความเร็วในการปั่น 100 รอบต่อนาที ปั่นทิศทางทวนเข็มนาฬิกา (Z-Twist) ซึ่งเป็นวิธีการปั่นที่นิยมใช้กับเส้นใยธรรมชาติจากเซลลูโลส ดังรูปที่ 4(ข) ทำการปั่นเป็นเส้นด้ายรวมแบบ 2 ply และ 3 ply สำหรับเส้นด้ายเชือกทำการปั่นแบบ 2-2 ply, 2-3 ply, 3-2 ply และ 3-3 ply จะได้เส้นด้ายรวมและเส้นด้ายเชือกจากเส้นใยบัวหลวง ดังรูปที่ 5

### 3. การทดสอบเส้นด้าย

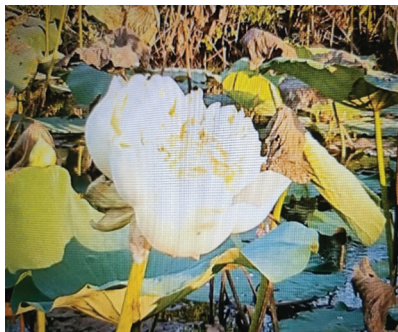
นำเส้นด้ายไปทดสอบหาขนาดด้วยมาตรฐาน ASTM D1059 - 01 Standard Test Method for Yarn Number Based on Short-Length Specimens (ASTM) ทดสอบความแข็งแรงเส้นด้ายและการยืดตัวของเส้นด้ายด้วยเครื่อง Instron Tensile ดังรูปที่ 6 ตามมาตรฐาน ASTM D 2256-02 Standard Test Method for Tensile Properties of Yarn by the Single - Strand Method (ASTM International, 2010) โดยกำหนดค่าการทดลองดังนี้

- Rate of Displacement: 300 mm/min
- Test Length: 250 mm
- Testing Configuration: Configuration A, Straight Specimen
- Testing Condition: Conditioned Testing at 21±1 °C, 65±2 % RH

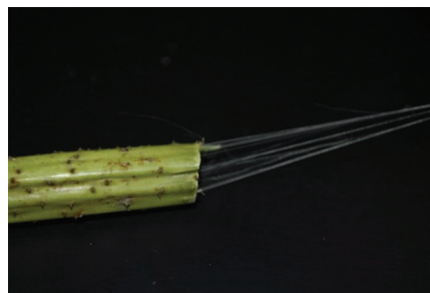
ทำการทดลองซ้ำให้ครบจำนวน 24 สิ่งทดลอง สำหรับเส้นด้ายรวม และจำนวน 48 สิ่งทดลอง สำหรับเส้นด้ายเชือก โดยทดสอบชิ้นงานละ 10 เส้นด้าย

### 4. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำเส้นด้ายรวมและเส้นด้ายเชือกจากเส้นใยบัวหลวงแบบ Z on Z มาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนโดยใช้ค่าสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และจำแนกเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายรวมและเส้นด้ายเชือกโดยวิธี Least Significant Difference (LSD)



รูปที่ 1 บัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์



(ก) ก้านบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์

(ข) น้ำยางภายในก้านบัว

รูปที่ 2 ลักษณะของก้านบัว



รูปที่ 3 เส้นด้ายเดี่ยวจากเส้นใยบัว



(ก) คันเครื่องเส้นด้ายบนหลักเพื่อ

(ข) การปั่นเส้นด้าย

รูปที่ 4 การปั่นเส้นด้ายจากเส้นใยบัว



รูปที่ 5 เส้นด้ายรวมและเส้นด้ายเชือกจากเส้นใยบัวหลวง



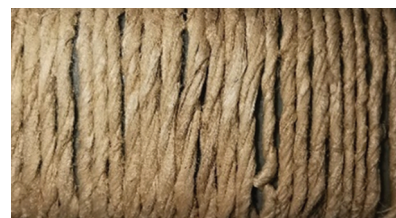
รูปที่ 6 เครื่อง Instron Tensile

### ผลการทดลองและวิจารณ์

1. สมบัติของเส้นด้ายรวม ด้านขนาด ความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดและการยืดตัวก่อนขาด



(ก) เส้นด้ายรวมแบบ 2 ply



(ข) เส้นด้ายรวมแบบ 3 ply

รูปที่ 7 ลักษณะของเส้นด้ายรวม

จากรูปที่ 7 เส้นด้ายรวมแบบ 2 ply เกิดจากเส้นด้ายเดี่ยวจำนวน 2 เส้น บิดเกลียวกันในทิศทาง Z มีลักษณะเส้นด้ายไม่ใหญ่มากและไม่สม่ำเสมอ และเส้นด้ายรวมแบบ 3 ply ซึ่งเกิดจากเส้นด้ายเดี่ยวจำนวน 3 เส้นบิดเกลียวในทิศทาง Z มีลักษณะเส้นด้ายไม่ใหญ่มากและไม่สม่ำเสมอ โดยจะมีขนาดใหญ่กว่าเส้นด้ายรวมแบบ 2 ply

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยขนาด (tex) ของเส้นด้ายรวม

| ชนิดของกำนั้ว | จำนวนเส้นด้าย (ply) | สมบัติของเส้นด้าย |                                     |                          |
|---------------|---------------------|-------------------|-------------------------------------|--------------------------|
|               |                     | ขนาด (tex)        | ความแข็งแรง<br>ต่อแรงดึงขาด (g/tex) | การยืดตัว<br>ก่อนขาด (%) |
| กำนั้วดอก     | 2 ply               | 224.878           | 6.090                               | 3.427                    |
| กำนั้วดอก     | 3 ply               | 264.300           | 5.846                               | 4.094                    |
| กำนั้วใบ      | 2 ply               | 232.156           | 5.446                               | 3.351                    |
| กำนั้วใบ      | 3 ply               | 270.500           | 6.014                               | 4.182                    |

จากตารางที่ 1 พบว่าค่าเฉลี่ยขนาดของเส้นด้ายรวมที่ได้จากกำนั้วดอกและกำนั้วใบ โดยการปั่นแบบ 2 ply และ 3 ply มีค่าเฉลี่ยขนาดแตกต่างกันไม่มากนัก โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 224.878 - 270.550 tex เส้นด้ายรวมจากกำนั้วดอกมีค่าเฉลี่ยขนาดต่ำกว่าเส้นด้ายรวมจากกำนั้วใบ และเส้นด้ายรวมที่ปั่นแบบ 2 ply มีค่าเฉลี่ยขนาดต่ำกว่าแบบ 3 ply เส้นด้ายรวมที่มีค่าเฉลี่ยขนาดต่ำที่สุด ได้แก่ เส้นด้ายรวมจากกำนั้วดอกแบบ 2 ply ในขณะที่เส้นด้ายรวมที่มีค่าเฉลี่ยขนาดสูงสุด ได้แก่ เส้นด้ายรวมจากกำนั้วใบแบบ 3 ply ซึ่งจัดเป็นด้ายขนาดใหญ่ [11]

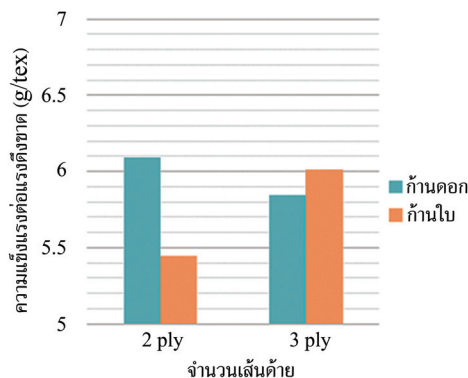
ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยขนาดของเส้นด้ายรวมที่ชนิดของกำนั้วและจำนวนเส้นด้ายต่างกัน พบว่าชนิดของกำนั้วมีผลต่อขนาดของเส้นด้ายรวม ( $P \leq 0.05$ ) เส้นด้ายรวมที่ได้จากกำนั้วใบมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเส้นด้ายรวมที่ได้จากกำนั้วดอก (251.33 tex และ 244.590 tex) และจำนวนของเส้นด้ายที่ใช้ในการปั่นมีผลต่อขนาดของเส้นด้ายรวม ( $P \leq 0.01$ ) โดยเส้นด้ายรวมแบบ 3 ply มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเส้นด้ายรวมแบบ 2 ply (267.400 tex และ 228.517 tex) ส่วนปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของกำนั้วและจำนวนของเส้นด้ายที่ใช้ในการปั่นไม่มีผลต่อขนาดของเส้นด้ายรวม

ด้านความแข็งแรงต่อแรงดึงขาด พบว่าค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของเส้นด้ายรวมที่ได้จากกำนั้วดอกและกำนั้วใบ โดยการปั่นแบบ 2 ply และ 3 ply มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 5.446 - 6.090 g/tex ซึ่งแตกต่างกันเล็กน้อย โดยเส้นด้ายรวมจากกำนั้วดอกมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงสูงกว่าเส้นด้ายรวมจากกำนั้วใบเล็กน้อย และเส้นด้ายรวมที่ปั่นแบบ 2 ply มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงต่ำกว่าแบบ 3 ply เส้นด้ายรวมที่มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงต่ำที่สุด ได้แก่ เส้นด้ายรวมจากกำนั้วใบแบบ 2 ply ในขณะที่เส้นด้ายรวมที่มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงสูงสุด ได้แก่ เส้นด้ายรวมจากกำนั้วดอกแบบ 2 ply

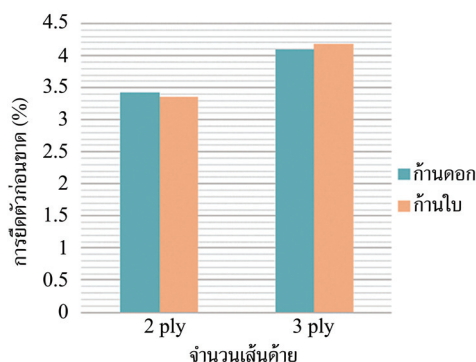
ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดของเส้นด้ายรวมที่ชนิดของกำนั้วและจำนวนเส้นด้ายต่างกัน พบว่าชนิดของกำนั้ว จำนวนของเส้นด้ายที่ใช้ในการปั่น ไม่มีผลต่อความแข็งแรงของเส้นด้ายรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความแข็งแรงต่อการดึงขาดของเส้นด้ายรวมและชนิดกำนั้วพบว่าความแข็งแรงของเส้นด้ายที่ได้จากกำนั้วดอกจะลดลง เมื่อจำนวนเส้นด้ายที่ใช้ในการปั่นเพิ่มขึ้น ในขณะที่เส้นด้ายที่ได้จากกำนั้วใบจะมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 8 ทั้งนี้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของกำนั้วและจำนวนของเส้นด้ายที่ใช้ในการปั่นไม่มีผลต่อความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดของเส้นด้ายรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ด้านการยืดตัวก่อนขาดพบว่าค่าเฉลี่ยการยืดตัวของเส้นด้ายรวมที่ได้จากกำนั้วดอกและกำนั้วใบ โดยการปั่นแบบ 2 ply และ 3 ply มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน โดยเส้นด้ายรวมจากกำนั้วดอกและกำนั้วใบมีค่าเฉลี่ยการยืดตัวใกล้เคียงกันมาก (3.761 % และ 3.767 %) เส้นด้ายรวมที่ปั่นแบบ 2 ply มีค่าเฉลี่ยการยืดตัวต่ำกว่าแบบ 3 ply เส้นด้ายรวมที่มีค่าเฉลี่ยการยืดตัวต่ำที่สุด ได้แก่ เส้นด้ายรวมจากกำนั้วใบแบบ 2 ply ในขณะที่เส้นด้ายรวมที่มีค่าเฉลี่ยการยืดตัวสูงสุด ได้แก่ เส้นด้ายรวมจากกำนั้วใบแบบ 3 ply

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยการยัดตัวของเส้นด้ายรวมที่ชนิดของก้านบัวและจำนวนเส้นด้ายต่างกัน พบว่าจำนวนของเส้นด้ายที่ใช้ในการปั่นมีผลต่อการยัดตัวของเส้นด้ายรวม ( $P \leq 0.01$ ) เส้นด้ายรวมแบบ 3 ply มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเส้นด้ายรวมแบบ 2 ply (4.138 % และ 3.389 %) ส่วนชนิดของก้านบัวไม่มีผลต่อการยัดตัวของเส้นด้ายรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยการยัดตัวของเส้นด้ายรวมและชนิดก้านบัวพบว่าการยัดตัวของเส้นด้ายที่ได้จากก้านดอกและก้านใบจะมีค่าการยัดตัวที่สูงขึ้น เมื่อจำนวนเส้นด้ายที่ใช้ในการปั่นเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 9 ทั้งนี้ปฏิเสธสมมติฐานระหว่างชนิดของก้านบัวและจำนวนของเส้นด้ายที่ใช้ในการปั่นไม่มีผลต่อการยัดตัวของเส้นด้ายรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



รูปที่ 8 ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นด้ายรวม



รูปที่ 9 ค่าเฉลี่ยการยัดตัวก่อนขาดของเส้นด้ายรวม

การศึกษาสมบัติของเส้นด้ายรวม พบว่าด้านขนาดของเส้นด้ายรวม เส้นด้าย 2 ply มีค่าต่ำกว่าเส้นด้าย 3 ply กล่าวคือเส้นด้าย 2 ply เบอร์ต่ำกว่าเส้นด้าย 3 ply เนื่องจากเส้นด้าย 2 ply มีจำนวนเส้นด้ายเดี่ยวที่ใช้ในการปั่นจำนวน 2 เส้น ซึ่งน้อยกว่าเส้นด้าย 3 ply ที่ใช้จำนวนเส้นด้ายเดี่ยวในการปั่นจำนวนสูงกว่าคือ 3 เส้น จึงทำให้มีขนาดเล็กกว่า และเมื่อคุณลักษณะปรากฏของเส้นด้ายพบว่า เส้นด้าย 2 ply มีขนาดเล็กกว่าเส้นด้าย 3 ply ซึ่งเป็นตามที่ [12] กล่าวว่าเส้นด้ายที่มีค่าเท็กซ์สูง จะมีขนาดใหญ่กว่าเส้นด้ายที่มีเท็กซ์ต่ำกว่า ชนิดของก้านดอกและก้านใบบัวมีผลต่อขนาดของเส้นด้าย เส้นด้ายจากก้านใบจะมีค่าเฉลี่ยขนาดสูงกว่าก้านดอก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะลักษณะภายในของก้านดอกและก้านใบที่มีจำนวนช่องว่างแตกต่างกัน ทำให้เซลล์สะสมปริมาณน้ำอย่างไม่เท่ากัน เมื่อนำมาทำเป็นเส้นใยจึงได้ปริมาณเส้นใยไม่เท่ากัน และส่งผลต่อการปั่นเป็นเส้นด้ายจำนวนของเส้นด้ายที่ใช้ในการปั่นมีผลต่อขนาดของเส้นด้าย โดยเส้นด้ายรวมแบบ 3 ply มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเส้นด้ายรวมแบบ 2 ply เมื่อพิจารณาด้านความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นด้ายรวม พบว่าถึงแม้ว่าเส้นด้าย 2 ply และ 3 ply ที่ได้จากก้านดอกและก้านใบจะมีขนาดต่างกัน แต่ไม่ส่งผลต่อค่าความแข็งแรง โดยมีค่าใกล้เคียงกับเส้นด้ายฝ้ายที่นิยมใช้ในการผลิตผ้ายกดินมนคร [13] ดังนั้นจึงสามารถนำเส้นด้ายจากใยบัว ไปใช้

ในการผลิตผ้าทอพื้นเมืองได้ ในขณะที่จำนวนของเส้นด้ายในการปั่น มีผลต่อค่าการยืดตัวก่อนขาดของเส้นด้ายรวม เส้นด้าย 3 ply จะมีค่าการยืดตัวสูงกว่า 2 ply ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.138 % โดยมีค่าสูงกว่าเส้นใยบัวที่ยังไม่ได้ทำการปั่นเป็นเส้นด้ายที่มีค่าเฉลี่ยการยืดตัวเท่ากับ 1.88 - 4.07 % [14] ทั้งนี้เมื่อพิจารณาด้านขนาดความแข็งแรงและการยืดตัวของเส้นด้ายรวมแล้ว พบว่าเส้นด้ายรวมจากใยบัวหลวงที่ได้จากก้านดอกและก้านใบสามารถนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องนุ่งห่มและเครื่องใช้ต่าง ๆ ได้ เช่น เครื่องแต่งกาย ผ้าพันคอ ผ้าคลุมไหล่ ปลอกหมอนอิง และผ้าปูโต๊ะ

## 2. สมบัติของเส้นด้ายเชือก ด้านขนาด ความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดและการยืดตัวก่อนขาด



(ก) เส้นด้ายเชือก 2-2 ply



(ข) เส้นด้ายเชือก 2-3 ply



(ค) เส้นด้ายเชือก 3-2 ply



(ง) เส้นด้ายเชือก 3-3 ply

รูปที่ 10 ลักษณะของเส้นด้ายเชือก

จากรูปที่ 10 เส้นด้ายเชือกแบบ 2-2 ply เกิดจากเส้นด้ายรวม 2 ply จำนวน 2 เส้นบิดเกลียวกัน มีลักษณะเส้นด้ายเล็กที่สุดและไม่สม่ำเสมอ ด้ายเชือกแบบ 2-3 ply เกิดจากเส้นด้ายรวม 3 ply จำนวน 2 เส้นบิดเกลียวกัน มีลักษณะเส้นด้ายค่อนข้างใหญ่และไม่สม่ำเสมอ ด้ายเชือกแบบ 3-2 ply เกิดจากเส้นด้ายรวม 2 ply จำนวน 3 เส้นบิดเกลียวกัน มีลักษณะเส้นด้ายค่อนข้างใหญ่และไม่สม่ำเสมอ และมีขนาดใกล้เคียงกับเส้นด้ายเชือกแบบ 2-3 ply และด้ายเชือกแบบ 3-3 ply เกิดจากเส้นด้ายรวม 3 ply จำนวน 3 เส้นบิดเกลียวกัน มีลักษณะเส้นด้ายใหญ่ที่สุดและไม่สม่ำเสมอ ทั้งนี้เนื่องจากผลิตเส้นด้ายด้วยวิธีการปั่นด้วยมือ (Hand-Made) [15] ได้กล่าวไว้ว่าความไม่สม่ำเสมอและความไม่สมบูรณ์ของเส้นด้าย อาจกำหนดได้จากการเปลี่ยนแปลงในเส้นด้ายซึ่งเกิดขึ้นได้จากการกระบวนการผลิต

จากตารางที่ 2 พบว่าค่าเฉลี่ยขนาดของเส้นด้ายเชือกที่ได้จากก้านดอกและก้านใบโดยการปั่นแบบ 2-2 ply 2-3 ply 3-2 ply และ 3-3 ply มีค่าเฉลี่ยขนาดแตกต่างกันมาก โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 465.514 - 972.144 tex เส้นด้ายเชือกที่มีค่าเฉลี่ยขนาดสูงสุด ได้แก่ เส้นด้ายเชือกจากก้านใบแบบ 3-3 ply ส่วนเส้นด้ายเชือกที่มีค่าเฉลี่ยขนาดต่ำสุด ได้แก่ เส้นด้ายเชือกจากก้านดอกแบบ 2-2 ply

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยขนาด ความแข็งแรงต่อแรงดึงขาด และการยืดตัวก่อนขาดของเส้นด้ายเชือก

| ชนิดของก้านบัว | จำนวนเส้นด้าย<br>(ply) | สมบัติของเส้นด้าย |                                     |                         |
|----------------|------------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------------------|
|                |                        | ขนาด<br>(tex)     | ความแข็งแรงต่อ<br>แรงดึงขาด (g/tex) | การยืดตัวก่อนขาด<br>(%) |
| ก้านดอก        | 2-2 ply                | 465.514           | 2.227                               | 8.309                   |
| ก้านดอก        | 2-3 ply                | 740.911           | 2.478                               | 9.266                   |
| ก้านดอก        | 3-2 ply                | 609.056           | 3.640                               | 8.796                   |
| ก้านดอก        | 3-3 ply                | 968.522           | 3.936                               | 9.224                   |
| ก้านใบ         | 2-2 ply                | 483.844           | 2.260                               | 8.098                   |
| ก้านใบ         | 2-3 ply                | 748.711           | 2.576                               | 9.249                   |
| ก้านใบ         | 3-2 ply                | 624.978           | 3.672                               | 8.921                   |
| ก้านใบ         | 3-3 ply                | 972.144           | 3.994                               | 9.122                   |

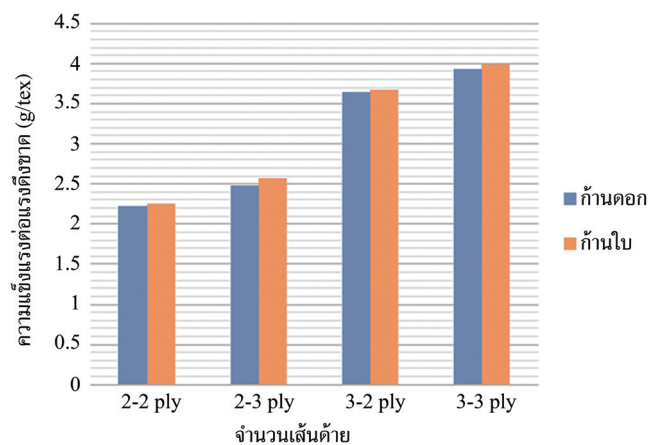
ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยขนาดของเส้นด้ายเชือกที่ชนิดของก้านบัวและจำนวนเส้นด้ายต่างกัน พบว่าชนิดของก้านบัวมีผลต่อขนาดของเส้นด้ายเชือก ( $P \leq 0.01$ ) เส้นด้ายเชือกที่ได้จากก้านใบมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเส้นด้ายเชือกที่ได้จากก้านดอก (707.419 tex และ 696.001 tex) และจำนวนเส้นด้ายที่ใช้ในการปั่นมีผลต่อขนาดของเส้นด้ายเชือก ( $P \leq 0.01$ ) เส้นด้ายเชือกแบบ 3-3 ply มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเส้นด้ายเชือกแบบ 2-3 ply 3-2 ply และ 2-2 ply ตามลำดับ (970.330 tex, 744.811 tex, 617.017 tex และ 474.697 tex ตามลำดับ) ส่วนปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของก้านบัวและจำนวนของเส้นด้ายที่ใช้ในการปั่นไม่มีผลต่อขนาดของเส้นด้ายเชือกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ด้านความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดพบว่า ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของเส้นด้ายเชือกจากก้านดอกบัวและก้านใบบัว โดยการปั่นแบบ 2-2 ply 2-3 ply 3-2 ply และ 3-3 ply มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงแตกต่างกันค่อนข้างมาก โดยมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงอยู่ระหว่าง 2.227 - 3.994 g/tex เส้นด้ายเชือกที่มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงต่ำที่สุด ได้แก่ เส้นด้ายเชือกจากก้านดอกแบบ 2-2 ply ในขณะที่เส้นด้ายเชือกที่มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงสูงสุด ได้แก่ เส้นด้ายเชือกจากก้านใบแบบ 3-3 ply

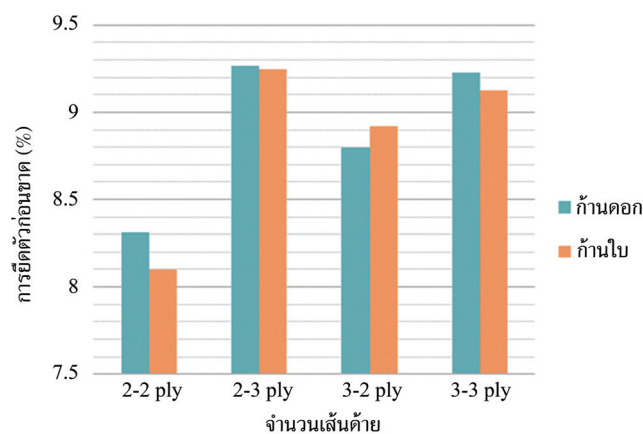
ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดของเส้นด้ายเชือกที่ชนิดของก้านบัวและจำนวนเส้นด้ายต่างกัน พบว่าจำนวนเส้นด้ายที่ใช้ในการปั่นมีผลต่อความแข็งแรงของเส้นด้ายเชือก ( $P \leq 0.01$ ) เส้นด้ายเชือกแบบ 3-3 ply มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเส้นด้ายเชือกแบบ 3-2 ply 2-3 ply และ 2-2 ply ตามลำดับ (3.965 g/tex, 3.656 g/tex, 2.527 g/tex และ 2.243 g/tex ตามลำดับ) ส่วนชนิดของก้านบัวไม่มีผลต่อความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดของเส้นด้ายเชือกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความแข็งแรงต่อการดึงขาดของเส้นด้ายเชือกและชนิดก้านบัว พบว่าความแข็งแรงของเส้นด้ายที่ได้จากก้านดอกและก้านใบจะเพิ่มขึ้น เมื่อจำนวนเส้นด้ายที่ใช้ในการปั่นเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 11 ทั้งนี้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของก้านบัวและจำนวนของเส้นด้ายที่ใช้ในการปั่นไม่มีผลต่อความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดของเส้นด้ายเชือกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ด้านการยืดตัวก่อนขาดพบว่า ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของเส้นด้ายเชือกจากก้านดอกบัวและก้านใบบัว โดยการปั่นแบบ 2-2 ply 2-3 ply 3-2 ply และ 3-3 ply มีค่าเฉลี่ยการยืดตัวไม่แตกต่างกันมากนัก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 8.098 - 9.266 % เส้นด้ายเชือกที่มีค่าเฉลี่ยการยืดตัวต่ำที่สุด ได้แก่ เส้นด้ายเชือกจากก้านใบแบบ 2-2 ply ในขณะที่เส้นด้ายเชือกที่มีค่าเฉลี่ยการยืดตัวสูงสุด ได้แก่ เส้นด้ายเชือกจากก้านดอกแบบ 2-3 ply

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยการยึดตัวของเส้นด้ายเชือกที่ชนิดของก้านบัวและจำนวนเส้นด้ายต่างกัน พบว่าจำนวนเส้นด้ายที่ใช้ในการปั่นมีผลต่อความแข็งแรงของเส้นด้ายเชือก ( $P \leq 0.01$ ) เส้นด้ายเชือกแบบ 2-3 ply มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเส้นด้ายเชือกแบบ 3-3 ply 3-2 ply และ 2-2 ply ตามลำดับ (9.257 %, 9.173 %, 8.858 % และ 8.203 % ตามลำดับ) ส่วนชนิดของก้านบัวไม่ผลต่อการยึดตัวของเส้นด้ายเชือกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยการยึดตัวของเส้นด้ายเชือกและชนิดก้านบัวพบว่าค่าการยึดตัวของเส้นด้ายที่ได้จากก้านดอกและก้านใบจะมีการเปลี่ยนแปลง เมื่อจำนวนเส้นด้ายที่ใช้ในการปั่นไม่เท่ากัน ดังรูปที่ 12 ทั้งนี้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของก้านบัวและจำนวนของเส้นด้ายที่ใช้ในการปั่นไม่มีผลต่อความแข็งแรงของเส้นด้ายเชือกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของก้านบัวและจำนวนของเส้นด้ายที่ใช้ในการปั่นไม่มีผลต่อการยึดตัวของเส้นด้ายเชือกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



รูปที่ 11 ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงต่อแรงดึงขนาดของเส้นด้ายเชือก



รูปที่ 12 ค่าเฉลี่ยการยึดตัวก่อนขาดของเส้นด้ายเชือก

การศึกษาสมบัติของเส้นด้ายเชือก พบว่าด้านขนาดของเส้นด้ายเชือก ค่าเฉลี่ยขนาดของเส้นด้ายที่ได้จากก้านดอกและก้านใบ โดยการปั่นแบบ 2-2 ply มีค่าต่ำสุดรองลงมาคือ เส้นด้าย 3-2 ply และเส้นด้าย 2-3 ply ในขณะที่เส้นด้าย 3-3 ply มีค่าสูงที่สุด กล่าวคือ เส้นด้าย 2-2 ply เบอร์ต่ำกว่าเส้นด้าย 3-2 ply เส้นด้าย 2-3 ply และเส้นด้าย 3-3 ply ตามลำดับ เนื่องจากเส้นด้าย 2-2 ply มีจำนวนเส้นด้ายรวม 2 ply ที่ใช้ในการปั่นจำนวน 2 เส้น ซึ่งน้อยกว่าเส้นด้าย 3-2 ply ที่ใช้จำนวนเส้นด้ายรวม 2 ply ในการปั่นจำนวนสูงกว่าคือ 3 เส้น เส้นด้าย 2-3 ply ใช้จำนวนเส้นด้ายรวม 3 ply ในการปั่นจำนวน 2 เส้น และเส้นด้าย 3-3 ply ใช้จำนวนเส้นด้ายรวม 3 ply ในการปั่นจำนวน 3 เส้น และเมื่อคุณลักษณะปรากฏของเส้นด้ายพบว่าเส้นด้าย

2-2 ply มีขนาดเล็กที่สุด และเล็กกว่าเส้นด้าย 3-3 ply อย่างเห็นได้ชัด ในขณะที่เส้นด้าย 3-2 ply และเส้นด้าย 2-3 ply มีขนาดใกล้เคียงกัน โดยเส้นด้ายเชือกทั้ง 4 แบบ จัดเป็นเส้นด้ายขนาดใหญ่ (Heavy Yarn) [16] กล่าวไว้ว่า เส้นด้ายที่มีขนาดใหญ่จะมีขนาดตั้งแต่ 30-60 เทกซ์ เส้นด้ายขนาดกลางมีขนาดตั้งแต่ 11-20 เทกซ์ และเส้นด้ายขนาดเล็กมีขนาดตั้งแต่ 6-19 เทกซ์ ชนิดของก้านบัวจากดอกและใบ มีผลต่อขนาดของเส้นด้ายเชือก ผลการศึกษาเป็นไปในทิศทางเดียวกับผลการศึกษาขนาดของเส้นด้ายรวม เมื่อพิจารณาถึงความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดของเส้นด้ายเชือก พบว่าเส้นด้ายที่มีขนาดใหญ่ ได้แก่ เส้นด้าย 3-3 ply จะมีค่าความแข็งแรงสูงที่สุด และเส้นด้ายขนาดเล็กที่สุด ได้แก่ เส้นด้าย 2-2 ply มีค่าความแข็งแรงต่ำที่สุด โดยมีค่าสูงกว่าสมบัติของเส้นใยบัวหลวงที่ได้จากการหมักน้ำเปล่าเพื่อลอกเส้นใยและนำไปปั่นเป็นเส้นด้าย ซึ่งมีลักษณะที่เป็นเส้นด้ายขนาดใหญ่ มีค่าความแข็งแรงระหว่าง 1.700 - 3.020 g/tex และการยืดตัว 1.390 - 2.098 % [6] และสูงกว่าสมบัติของเส้นด้ายจากบัวหลวงที่ได้จากการต้มในสารละลายโซดาไฟเข้มข้น 2 % เวลา 20 นาที ซึ่งมีค่าความแข็งแรง 1.420 g/tex และการยืดตัว 2.85 % [17] ทั้งนี้เส้นด้ายเชือกทุกแบบเหมาะที่จะนำไปทำผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่ไม่ต้องการความแข็งแรงสูงมาก ได้แก่ เครื่องตกแต่งร่างกายและเคหะสิ่งทอประเภทใช้สำหรับตกแต่ง เช่น หมวก ผ้าคลุมไหล่ และผ้าปูรองสิ่งของต่าง ๆ เป็นต้น เมื่อพิจารณาด้านการยืดตัวก่อนขาดของเส้นด้ายเชือก พบว่าค่าการยืดตัวของเส้นด้ายที่ได้จากก้านดอกและก้านใบ โดยการปั่นแบบ 3-3 ply มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ เส้นด้าย 3-2 ply และเส้นด้าย 2-3 ply ในขณะที่เส้นด้าย 2-2 ply มีค่าต่ำที่สุด จะเห็นได้ว่าเมื่อนำเส้นใยมาปั่นเป็นเส้นด้าย จะส่งผลให้สมบัติบางประการเปลี่ยนแปลงไปและส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพสิ่งทอ และเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นด้ายฝักตบขาวผสมเรยอน สัดส่วน 20:80 ที่ผ่านกระบวนการทำความสะอาดด้วยการฟอกและล้างด้วยเครื่อง Carding สำหรับนำไปผลิตในระบบโรงงานอุตสาหกรรมได้นั้น พบว่าจะมีค่าเฉลี่ยความเหนียวต่ำกว่าเส้นด้ายจากใยบัวหลวงและมีค่าการยืดตัวก่อนใกล้เคียงกัน [18] ดังนั้นการศึกษานี้สามารถเพิ่มโอกาสหรือต่อยอดให้กับกลุ่มผู้ผลิตผ้า เพื่อส่งเสริมการใช้งานเส้นด้ายบัวหลวงเข้าสู่ระบบโรงงานอุตสาหกรรมและเครื่องนุ่งห่ม หรือทำเป็นเคหะสิ่งทอ และให้สอดคล้องกับทิศทางการพัฒนาเส้นด้ายจากใยบัวหลวงซึ่งเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อให้เกิดความยั่งยืนต่อไป [19] - [20]

## สรุปผลการศึกษา

เส้นด้ายรวมที่มีขนาดและการยืดตัวก่อนขาดสูงที่สุด ได้แก่ เส้นด้ายรวมจากก้านใบแบบ 3 ply ปัจจัยเรื่องชนิดของก้าน และจำนวนของเส้นด้ายมีผลต่อขนาด ( $P \leq 0.05$  และ  $P \leq 0.01$ ) โดยเส้นด้ายรวมที่ได้จากก้านใบมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าที่ได้จากก้านดอก ปัจจัยเรื่อง จำนวนของเส้นด้ายมีผลต่อการยืดตัว ( $P \leq 0.01$ ) โดยจำนวนของเส้นด้ายที่ใช้ในการปั่นมากจะมีค่าการยืดตัวสูงกว่า ด้านความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดสูงที่สุด ได้แก่ เส้นด้ายรวมจากก้านดอกแบบ 2 ply ปัจจัยเรื่องชนิดของก้าน และจำนวนของเส้นด้ายไม่มีผลต่อความแข็งแรง เส้นด้ายเชือกที่มีขนาดและความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดสูงที่สุด ได้แก่ เส้นด้ายเชือกจากก้านใบแบบ 3-3 ply ปัจจัยเรื่องชนิดของก้านและจำนวนของเส้นด้ายมีผลต่อขนาด ( $P \leq 0.01$ ) โดยเส้นด้ายเชือกที่ได้จากก้านใบมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าที่ได้จากก้านดอก ปัจจัยเรื่อง จำนวนของเส้นด้ายมีผลต่อความแข็งแรง ( $P \leq 0.01$ ) โดยจำนวนของเส้นด้ายที่ใช้ในการปั่นมากจะมีค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดสูงกว่า ด้านการยืดตัวก่อนขาดสูงที่สุด ได้แก่ เส้นด้ายเชือกจากก้านดอกแบบ 2-3 ply ปัจจัยเรื่องจำนวนของเส้นด้ายมีผลต่อการยืดตัว ( $P \leq 0.01$ ) ส่วนปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของก้านบัวและจำนวนของเส้นด้ายไม่มีผลต่อสมบัติของด้ายรวมและด้ายเชือก เส้นด้ายจากใยบัวหลวงเหมาะกับการนำไปผลิตเป็นผืนผ้า ผลิตภัณฑ์เคหะสิ่งทอ หรือเครื่องประดับตกแต่ง เป็นต้น ทั้งนี้ ในการวิจัยครั้งต่อไปสามารถศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับสมบัติของเส้นด้ายด้านอื่น ๆ เช่น ความสม่ำเสมอ การยืดหยุ่น และความคงทนต่อการใช้งาน และสามารถนำเส้นด้ายผลิตเป็นผืนผ้าเพื่อทดสอบหาสมบัติของผ้าจากเส้นด้ายใยบัวหลวงต่อไป

## กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยรามคำแหง ที่ได้สนับสนุนทุนการวิจัย และขอขอบพระคุณความอนุเคราะห์และความช่วยเหลือจาก กลุ่มปลูกบัว ตำบลเชียงพิณ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี ที่ให้ความรู้ในการทำนาบัว และกลุ่มทอกรรมผ้าไหมบ้านคู ตำบลเมืองปัก อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา ที่อนุเคราะห์เครื่องมือในการปั่นเส้นด้าย

## References

- [1] Karnjanakul, S. (2008). **Lotus1**. Bangkok: Setthasilp Printing
- [2] Suwannaro, T. (2016). **Growing Lotus Ornament**. Access (24 August 2021). Available (<http://www.eto.ku.ac.th/neweto/e-book/plant/flower/nabua.pdf>)
- [3] Chen, D. S., Gan, Y. J., and Yuan, X. H. (2012). Structure and Properties of Lotus Fibers. **Advanced Materials Research**. Vol. 476-478, No. 1, pp. 1948-1954. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.476-478.1948
- [4] Puthmee, T., Pongsombat, S., Tammol, W., and Janbang, N. (2015). Effects of Pulsing Solution and Stalks Length on Vase Life of 'Suttahud' Lotus. In **Proceeding of 14<sup>th</sup> National Horticultural Congress 2015**. pp. 457-462
- [5] Gupta, N. (2020). The Spiritual Power of Lotus Fabric. **IOSR Journal of Humanities and Social Science (IOSR-JHSS)**. Vol. 25, Issue 7, pp. 11-15
- [6] Punbua, N., Piromthamsiri, K., and Kraisuwan, S. (2018). Physical Properties of Sacred Lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) Spun Yarn: The Effects of Cultivars and Stem Parts. **Thai Agriculture Research Journal**. Vol. 36, No. 1, pp. 44-55. (in Thai)
- [7] Sachidhanandham, A. (2019). Sustainable Textiles From Lotus. **Asian Textile Journal**. Vol. 28, No. 10, pp. 56-59
- [8] Greenpeace. (2020). **Greenpeace's City Rankings for PM2.5 in Thailand**. Access (5 October 2021). Available (<https://www.greenpeace.org/thailand/press/19362/world-air-quality-repor-2020/>)
- [9] United Nation. (2021). **AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Access (4 August 2021). Available ([https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_Full\\_Report.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf))
- [10] Ministry of Energy. (2015). **Alternative Energy Development Plan (AEDP2015)**. Bangkok: Ministry of Energy
- [11] Department of Homeland Security. (2011). **Classification of Fibers and Yarns Under the HTSUS**. Access (12 June 2020). Available ([https://www.cbp.gov/sites/default/files/assets/documents/2020-Feb/icp005r2\\_3.pdf](https://www.cbp.gov/sites/default/files/assets/documents/2020-Feb/icp005r2_3.pdf))
- [12] Lord, P. R. (2003). **Handbook of Yarn Production Technology, Science and Economics**. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd, and CRC Press LLC.
- [13] Chunchiyakarn, J., Chonsakorn, S., and Momgkholrattanasit, R. (2018). Physical Properties of Yok Denim Nakhon Fabric. **RMUTI Journal Science and Tecnology**. Vol. 11, No. 3, pp. 130-143. (in Thai)

- [14] Rungruangkitkrai, N. (2012). Lotus Weaving, Myanmar. **Colourway**. Vol. 18, Issue 101, pp. 46-48
- [15] Hattayanant, A., Soyraya, B., and Theeramongkol, P. (2013). **Development of Textile in SLUB Yarn Fabric from Textile Material Waste**. Faculty of Home Economics, Rajamangala University of Technology Phra Nakorn
- [16] Teeraprasert, S. (2014). **Material Testing**. Access (31 January 2021). Available ([http://www.textiles.rmutk.ac.th/images/textiles\\_raw\\_material\\_control/textile\\_raw\\_material\\_control.pdf](http://www.textiles.rmutk.ac.th/images/textiles_raw_material_control/textile_raw_material_control.pdf))
- [17] Phuphan, A., Rithnim, M., Sawanaoprn, S., and Maud-ew, C. (2009). **The Exploration of the Separation of Fiber Method From Nelumbo Nucifera Gaertn (Lotus) Leaf Stalk and Examining the Development of Lotus Fiber into Thread**. Access (27 May 2022). Available (<http://www.research.rumutt/archives/5670>)
- [18] Chonsakorn, S., Momgkholrattanasit, R., and Sriworadejpisan, S. (2017). The Development of Water Hyacinth Fiber to Creative Textile Products. **Colourway**. Vol. 21, No. 123, pp. 39-41
- [19] Patil, K. (2019). Lotus Fiber: A New Facet in Textile and Fashion. **International Journal of Humanities and Social Science Invention (IJHSSI)**. Vol. 7, Issue. 12, pp. 71-75
- [20] Win, S. (2020). Study on Lotus Fiber Production in Sunn Ye Inn, Sintgaing Township. **Banmaw University Research Journal**. Vol. 11, No. 1, pp. 344-350