

การพัฒนาวิธีการย้อมสีเส้นกกด้วยน้ำย้อมจากผลมะม่วงหาวมะนาวโห่

Development of Methods for Dyeing Reed Threads with Karanda Dye

ลลิตา ฉายาวัฒน์^{1*} นันทวัน หัตถมาศ² พันธิพิทย์ เลิศบุรุษ¹ และ มนสิณี ดาบเงิน¹

Lalida Chayawat^{1*} Nanthawan Hadthamard² Punthip Lerdburoos¹ and Manasinee Dapngoen¹

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี กาญจนบุรี 71190 ประเทศไทย

²สาขาวิชาเทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อการจัดการพืช คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี กาญจนบุรี 71190 ประเทศไทย

¹Faculty of Science and Technology, Kanchanaburi Rajabhat University, Kanchanaburi 71190, Thailand

²Modern Technology for Crop Management Program, Faculty of Science and Technology,

Kanchanaburi Rajabhat University, Kanchanaburi 71190, Thailand

*E-mail: lalidachayawat@kru.ac.th

Received: Mar 12, 2024

Revised: May 27, 2024

Accepted: Jun 21, 2024

บทคัดย่อ

การย้อมสีเส้นกกด้วยสีย้อมจากธรรมชาติมีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม ผลสุกของมะม่วงหาวมะนาวโห่ (*Carissa caranda* L.) สามารถใช้เป็นสีย้อมจากธรรมชาติได้ เนื่องจากมีแอนโทไซยานินสูง และให้สีแตกต่างกันตามค่าความเป็นกรดต่าง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการย้อมสีเส้นกกด้วยน้ำย้อมจากผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ขั้วต่อชุดการทดลอง ในการศึกษาที่ใช้สีย้อมจากผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ 3 แบบ คือ แบบที่ 1: น้ำย้อมที่ไม่มีการปรับค่าความเป็นกรดต่าง แบบที่ 2: น้ำย้อมที่มีการปรับค่าความเป็นกรดต่างด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก และ แบบที่ 3: น้ำย้อมที่มีการปรับค่าความเป็นกรดต่างด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง เท่ากับ 3.39, 2.61 และ 4.10 ตามลำดับ และมีสีแดงส้ม สีแดง และสีแดงม่วง ตามลำดับ ในการศึกษาครั้งนี้ชุดการทดลองทั้งหมด 10 ชุด คือ เส้นกกที่ไม่ผ่านการย้อมสี (ชุดควบคุม) เส้นกกที่ย้อมโดยไม่ใช้สารช่วยติดสี และย้อมด้วยน้ำย้อมแบบที่ 1 (CM-n) น้ำย้อมแบบที่ 2 (CM-a) และน้ำย้อมแบบที่ 3 (CM-b) เส้นกกที่ย้อมโดยใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดสี และย้อมด้วยน้ำย้อมแบบที่ 1 (M-n-nT) น้ำย้อมแบบที่ 2 (M-a-nT) และน้ำย้อมแบบที่ 3 (M-b-nT) และเส้นกกที่ย้อมโดยใช้ทั้งสารส้มและแทนนินเป็นสารช่วยติดสี และย้อมด้วยน้ำย้อมแบบที่ 1 (M-n) น้ำย้อมแบบที่ 2 (M-a) และน้ำย้อมแบบที่ 3 (M-b) จากการศึกษาพบว่าเส้นกกที่ผ่านการย้อมสีทั้ง 9 ชุดการทดลองมีสีน้ำตาลแดงหลายเฉด มีค่า a^* และ L^* อยู่ในช่วง 22.20-32.80 และ 27.95-30.30 ตามลำดับ โดยชุดการทดลอง M-a มีสีน้ำตาลแดงเข้มที่สุด มีค่า a^* และ L^* เท่ากับ 24.10 และ 25.77 ตามลำดับ หลังจากการเก็บรักษาเส้นกกที่ผ่านการย้อมเป็นเวลา 60 วัน ที่อุณหภูมิห้อง พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่า a^* และ L^* อย่างมีนัยสำคัญสำหรับชุดการทดลอง M-a และ M-n นอกจากนี้ชุดการทดลอง M-a ยังได้รับคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยมากที่สุดด้วยคะแนน 4.33 จากอาสาสมัครจำนวน 40 คน การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการย้อมสีเส้นกกด้วยน้ำย้อมจากผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่มีการปรับค่าความเป็นกรดต่างด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกร่วมกับการใช้สารส้มและแทนนินเป็นสารช่วยติดสีสามารถเป็นทางเลือกใหม่ในการย้อมเส้นกกด้วยสีย้อมจากธรรมชาติ

คำสำคัญ: เส้นกก มะม่วงหาวมะนาวโห่ สารช่วยติดสี

Abstract

Dyeing reed threads with natural dyes is safe for the environment. The ripe fruit of Karanda (*Carissa caranda* L.) can be used as a natural dye because it is rich in anthocyanin and provides different colors depending on the pH value. This research aimed to develop methods for dyeing reed threads with Karanda dye. The experiment was conducted as a completely randomized design with 3 replicates per treatment. In this study, 3 types of Karanda dye were used including dye 1: the dye without pH adjustment (CM-n), dye 2: the dye which its pH was adjusted with hydrochloric acid and dye 3: the dye which its pH was adjusted with sodium hydroxide. Their pH values were 3.39, 2.61, and 4.10, respectively and their colors were orange-red, red and purplish-red, respectively. In this study, there were 10 treatments including the undyed reed threads (Control), the reed threads dyed without using mordant with dye 1 (CM-n), dye 2 (CM-a) and dye 3 (CM-b); the reed threads dyed using alum as a mordant with dye 1 (M-n-nT), dye 2 (M-a-nT) and dye 3 (M-b-nT); and the reed threads dyed using alum and tannin as mordants with dye 1 (M-n), dye (M-a) and dye 3 (M-b). From the study, it was found that the dyed reed threads in all 9 treatments had brown-red color with different shades and had a^* and L^* values in the ranges of 22.20-32.80 and 27.95-30.30, respectively. The treatment M-a had the darkest brown-red color with a^* and L^* values of 24.10 and 25.77, respectively. After the dyed reed threads were kept for 60 days at room temperature, it was found that there was no significant change in a^* and L^* values for the treatments M-a and M-n. Moreover, the treatment M-a received the highest average satisfaction score of 4.33 from 40 volunteers. This study demonstrated that dyeing reed threads with hydrochloric acid pH adjusted Karanda dye in conjunction with using alum and tannin as mordants could be an alternative for dyeing reed threads with natural dyes.

Keywords: Reed thread, Karanda, Mordant

1. บทนำ

กกราชินี (*Cyperus involucratus* Roxb.) เป็นหนึ่งในพืชที่ถูกนำมาจักสานเป็นสินค้าหัตถกรรมรูปแบบต่าง ๆ เช่น ตะกร้า ถาด และกระเป๋ เป็นต้น การย้อมเส้นกกทำให้เส้นกกมีสีสวยงาม แต่สีที่นำมาย้อมมักเป็นสีสังเคราะห์ที่เต็มไปด้วยสารตะกั่ว ปรอท สารหนู สังกะสี และโครเมียม หากปล่อยทิ้งสู่ธรรมชาติ โลหะหนักเหล่านี้จะปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิด การเลือกใช้น้ำย้อมจากธรรมชาติที่ทำจากอินทรีย์วัตถุ ขึ้นส่วนพืชและสัตว์ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม [1]

ในกระบวนการย้อมประกอบด้วยวัตถุดิบสำคัญ 3 ส่วน คือ วัสดุย้อม สารช่วยติดสี และน้ำย้อม [2] การย้อมด้วยน้ำย้อมจากธรรมชาติมีความคงทนต่อแสงและการซักล้างน้อยกว่าการย้อมด้วยน้ำย้อมสังเคราะห์ โดยเฉพาะเมื่อวัสดุย้อมมีผิวสัมผัสขรุขระ การยึดติดของสีจะไม่สม่ำเสมอและซีดจางเร็ว ในการย้อมสีธรรมชาติจึงมักเติมสารช่วยติดสี (mordant) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการย้อม ซึ่งสารช่วยติดสีจะผลิตจากอินทรีย์วัตถุและอนินทรีย์วัตถุหลายชนิดจึงทำหน้าที่ได้ทั้งการเป็นน้ำย้อมและสารช่วยติดสี ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบทางเคมี

คุณสมบัติของสารช่วยติดสี คือ การแตกตัวของโมเลกุลเกลือของโลหะ เช่น โครเมียม ดีบุก เหล็ก และอะลูมิเนียม ออกมาจับกับโมเลกุลของน้ำสี ทำให้โมเลกุลสีใหญ่ขึ้นและติดแน่นบนผิววัสดุย้อม สีจึงทนต่อแสงแดดและการซักล้างมากขึ้น [3]

สารส้ม (alum) เป็นสารช่วยติดสีที่มีราคาถูกและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ในการย้อมสีเส้นกกด้วยน้ำย้อมจากลูกหว้า ฝาง และขมิ้น จะได้เส้นกกที่มีสีม่วง สีแดง และสีเหลืองตามลำดับ หากใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดสีย้อมร่วมกับน้ำย้อมเกลืออะลูมิเนียมในสารส้มจะแตกตัวมาจับกับโมเลกุลของน้ำย้อมแต่ละชนิด ทำให้เส้นกกมีเฉดสีเข้มขึ้นกว่าการย้อมด้วยน้ำย้อมเพียงอย่างเดียว [4] หากใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดสีสำหรับย้อมผ้าไหมด้วยน้ำย้อมจากใบยางพารา จะเพิ่มความสว่างของสีเหลืองของผ้าไหมได้ [5] สำหรับแทนนิน (tannin) ทำหน้าที่เป็นได้ทั้งสารช่วยติดสีและน้ำย้อม พบได้ตามส่วนต่าง ๆ ของพืช โดยเฉพาะส่วนที่มีรสขมฝาด เช่น เปลือกมังคุด และเปลือกมะพร้าวแก่ น้ำย้อมจากแทนนินจะให้สีเหลืองหรือสีน้ำตาล หากใช้ร่วมกับสารส้มที่ทำหน้าที่เป็นสารช่วยติดสี น้ำย้อมแทนนินจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง [6] ซึ่งการใช้สาร

ช่วยติดสีสามารถนำวัสดุย้อมแซในสารช่วยติดสีได้ทั้งก่อนและหลังการย้อม หรือผสมสารช่วยติดสีในน้ำย้อมโดยตรงก็ได้ [7]

สีของน้ำย้อมขึ้นอยู่กับชนิดพืชและส่วนประกอบทางเคมีในวัสดุที่นำมาทำน้ำย้อม [2] เช่น แทนินในแก่นและลำต้นของขนุนทำให้เกิดสีเหลืองอมส้ม แต่แทนินในเปลือกมะพร้าวแก่ให้สีน้ำตาล และเปลือกมะพร้าวอ่อนให้สีน้ำตาลชมพูอ่อน นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นอีกที่มีผลต่อสีของน้ำย้อม เช่น การใช้น้ำมะขามเปียกและน้ำซี้เถาปรับให้น้ำคั้นใบมะขามและใบขิงโคที่เป็นสารช่วยติดสีมีค่าเป็นกรดอ่อนช่วยเพิ่มความเข้มของสีเส้นไหมที่ย้อมด้วยน้ำครั้งได้ [8] แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของค่าความเป็นกรดต่างที่มีผลต่อเฉดสี หากพิจารณาสารสีในผลสุกของมะม่วงหาวมะนาวโห่ (*Carissa caranda* L.) ที่มีแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ชนิดไซยานิดิน (cyanidin) และเพลาร์โกนิน (pelargonidin) รวมกันมากถึง 6.76 มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง [9] ซึ่งแอนโทไซยานินเป็นสารสีกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoid) ที่ให้สีม่วงแดง เป็นอินดิเคเตอร์ (indicator) ธรรมชาติที่เปลี่ยนแปลงสีได้เมื่อจับกับไอออนบวกของโลหะ หรือเมื่อโครงสร้างโมเลกุลเปลี่ยนแปลงตามค่าความเป็นกรดต่าง คือเมื่อสารละลายแอนโทไซยานินเป็นกรด โครงสร้างโมเลกุลจะเป็นแบบ flavylium cation ที่มีสีแดง หากสารละลายเป็นเบสอ่อนจะมีสีม่วงเข้มจนถึงดำ และถ้ามีค่าความเป็นกรดต่างมากถึง 11 แอนโทไซยานินจะมีโครงสร้างแบบ blue quinoidal ที่มีสีน้ำเงิน [10]

จากความสามารถของแอนโทไซยานินในการเปลี่ยนแปลงสีตามค่าความเป็นกรดต่าง ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีของเส้นกกด้วยการสังเกตด้วยตาเปล่าร่วมกับการตรวจสอบเฉดสี โดยใช้เครื่องวัดสี หลังจากย้อมด้วยน้ำย้อมมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่ปรับค่าความเป็นกรดต่างด้วยกรดไฮโดรคลอริกหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งเป็นสารเคมีที่หาซื้อได้ทั่วไปในท้องตลาด ร่วมกับการเปรียบเทียบผลของการใช้สารช่วยติดสี ได้แก่ การใช้สารส้ม และการใช้สารส้มร่วมกับแทนิน ก่อนการย้อมเส้นกกด้วยน้ำย้อมมะม่วงหาวมะนาวโห่เพื่อหาแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพการติดสีบนพื้นผิวของเส้นกก

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยระดับห้องปฏิบัติการ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำต่อชุดการทดลอง แต่ละซ้ำใช้เส้นกก 100 กรัม เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีของเส้นกกหลังการย้อม และผลของการใช้สารช่วยติดสีที่มีต่อ

คุณภาพสี ซึ่งการรายงานการเปลี่ยนแปลงของสี จะใช้ค่า a^* และ L^* ที่สัมพันธ์กับเฉดสีของของเส้นกกก่อนและหลังย้อม ร่วมกับการพิจารณาสีด้วยตาเปล่า

2.1. การเตรียมวัสดุวิจัย

การเตรียมเส้นกก เลือกใช้เส้นกกระยะบริบูรณ์ (mature) ที่มีสีสม่ำเสมอ ใช้มีดกรีดกกให้เป็นเส้นขนาด 0.5x5 เซนติเมตร (กว้างxยาว) แล้วนำมาต้มในน้ำอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ผึ่งแห้งในที่ร่มกระทั่งมีความชื้นเหลือไม่เกินร้อยละ 7 เพื่อเก็บไว้จัดชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ

การเตรียมสารละลายสารส้ม ($KAl(SO_4)_2$) (CAS No. 10043-67-1; บริษัทเคมีภัณฑ์) ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยมวลต่อปริมาตร ให้นำสารส้มน้ำหนัก 10 กรัม ละลายในน้ำกลั่นประมาณ 200 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรสุดท้ายด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

การเตรียมสารละลายแทนิน (CAS 1401-55-4; LD Carlson company) ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยมวลต่อปริมาตร ให้นำแทนินน้ำหนัก 10 กรัม ละลายในน้ำอุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส ปริมาตร 800 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรสุดท้ายด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

การเตรียมน้ำย้อม นำผลสุกของมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่มีสีม่วงเข้ม อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 120 วันหลังติดผล มาบดละเอียดและชั่งน้ำหนัก 500 กรัม นำมาต้มในน้ำปริมาตร 2 ลิตร อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง กรองเก็บน้ำย้อมไว้ และเติมโซเดียมคลอไรด์ (sodium chloride) น้ำหนัก 5 กรัม คนให้ละลายเข้ากัน จากนั้นนำไปปรับค่าความเป็นกรดต่างด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid; HCl) ความเข้มข้นร้อยละ 1 (CM-a) หรือเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide; NaOH) ความเข้มข้นร้อยละ 1 (CM-b) ชนิดละ 5 มิลลิลิตรต่อน้ำย้อม 300 มิลลิลิตร กระทั่งน้ำย้อมเปลี่ยนสี โดยทดสอบความเสถียรของสีด้วยการตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 1 ชั่วโมง แล้วแบ่งน้ำย้อมออกเป็น 3 ซ้ำ ๆ ละ 100 มิลลิลิตร สำหรับจัดชุดการทดลอง (Table 1)

2.2. ขั้นตอนการย้อมสี และเก็บรวบรวมข้อมูล

(1) นำน้ำย้อม CM-n, CM-a และ CM-b ไปวัดค่าความเป็นกรดต่างด้วย pH meter (FP20, Mettler Toledo) ร่วมกับการสังเกตสีด้วยตาเปล่า

(2) การย้อมสีเส้นกกโดยไม่ใส่สารช่วยติดสี สำหรับชุด

การทดลอง CM-n, CM-a และ CM-b เริ่มต้นจากการเตรียมเส้นกกน้ำหนัก 3 กรัม ต่อน้ำย้อมชนิดละ 100 มิลลิลิตร ต่อข้า จากนั้นนำเส้นกกต้มในน้ำย้อมให้เดือดนาน 1 ชั่วโมง ผึ่งเส้นกกในที่ร่มนาน 2 วัน จนแห้งสนิทจับแล้วไม่รู้สึกชื้น แล้วจัดเข้าชุดการทดลอง

(3) การย้อมสีเส้นกกโดยใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดสี สำหรับชุดการทดลอง M-n-nT, M-a-nT และ M-b-nT เริ่มต้นจากการเตรียมเส้นกกน้ำหนัก 3 กรัม ต่อบรรจุสารส้ม 100 มิลลิลิตร ต่อข้า จากนั้นนำเส้นกกต้มในสารละลายสารส้มให้เดือดนาน 1 ชั่วโมง นำเส้นกกผึ่งให้สะเด็ดน้ำนาน 15 นาที แล้วนำเส้นกกไปต้มเดือดในน้ำย้อม CM-n, CM-a และ CM-b ตามรายละเอียดใน Table 1 นาน 1 ชั่วโมง แล้วนำเส้นกกผึ่งในที่ร่มจนแห้ง

(4) การย้อมสีเส้นกกโดยใช้สารส้มและแทนนินเป็นสารช่วยติดสี สำหรับชุดการทดลอง M-n, M-a และ M-b เริ่มต้นจากการเตรียมเส้นกกน้ำหนัก 3 กรัม ต่อบรรจุช่วยติดสีชนิดละ 100 มิลลิลิตร ต่อข้า จากนั้นนำเส้นกกต้มในสารละลายสารส้มให้เดือดนาน 1 ชั่วโมง นำเส้นกกผึ่งให้สะเด็ดน้ำนาน 15 นาที จากนั้นนำเส้นกกแช่ในสารละลายแทนนินนาน 1 ชั่วโมง และทำให้สะเด็ดน้ำอีกครั้ง ก่อนนำไปต้มในน้ำย้อม CM-n, CM-a

และ CM-b ตามรายละเอียดใน Table 1 นาน 1 ชั่วโมง แล้วนำเส้นกกผึ่งในที่ร่มจนแห้งสนิท จัดเข้าชุดการทดลอง

(5) นำเส้นกกแต่ละชุดการทดลองไปจำลองสถานการณ์การเก็บรักษานาน 60 วัน โดยแยกใส่ภาควัสดุแต่ละชุด และเก็บในห้องที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ควบคุมอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 68.30

(6) สุ่มตัวอย่างจากแต่ละชุดการทดลองมาตรวจสอบคุณภาพสีตั้งแต่วันเริ่มต้น และทุกๆ 15 วัน จนครบ 60 วัน โดยใช้เครื่องวัดสี (CR10, Konica Minolta) วัดที่ตำแหน่งกลางของเส้นกก และรายงานผลด้วยค่าความสว่าง (L^*) และเฉดสีเขียว-แดง (a^*) เพื่อให้สอดคล้องกับเฉดสีแดงอมชมพูของน้ำย้อม ร่วมกับการมองตาเปล่า

(7) เลือกชุดการทดลองที่มีความคงทนของสีมากที่สุด พิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงค่า L^* และค่า a^* ตลอดการเก็บรักษาที่มีค่าน้อยที่สุด เพื่อนำมาให้อาสาสมัครจำนวน 40 คน ประเมินความพึงพอใจที่มีต่อรูปทรง ความสวยของสี การติดสีที่ชัดเจน สม่ำเสมอ และคงทน ของเส้นกกที่เก็บรักษาครบ 60 วัน ใช้แบบประเมิน 5 ระดับ ตาม Likert scale [11] มีค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน เท่ากับ 0.83

Table 1 Treatments included in this study

Treatment	Dyeing method
Control	Undyed reed threads
CM-n	Reed threads + Karanda dye
CM-a	Reed threads + HCl treated Karanda dye
CM-b	Reed threads + NaOH treated Karanda dye
M-n-nT	Reed threads + alum + untreated Karanda dye
M-a-nT	Reed threads + alum + HCl treated Karanda dye
M-b-nT	Reed threads + alum + NaOH treated Karanda dye
M-n	Reed threads + alum and tannin + untreated Karanda dye
M-a	Reed threads + alum and tannin + HCl treated Karanda dye
M-b	Reed threads + alum and tannin + NaOH treated Karanda dye

2.3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลรายงานเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลใช้ ANOVA (Analysis of Variance) การเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วย Duncan's New Multiple's Range Test (DMRT) เกณฑ์การแบ่งช่วง

ค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจได้กำหนดเกณฑ์ประเมินไว้ดังนี้

4.21-5.00 มากที่สุด
3.41-4.20 มาก
2.61-3.40 ปานกลาง
1.81-2.60 น้อย
1.00-1.80 น้อยที่สุด

2.4. จริยธรรมการวิจัย

โครงการวิจัยนี้ได้รับการพิจารณารับรองจาก คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยราชภัฏ กาญจนบุรี เอกสารรับรองเลขที่ COA No. 030/2565 วันที่ รับรอง 6 กันยายน 2565

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

3.1. คุณภาพน้ำย้อมจากผลมะม่วงหาวมะนาวโห่

น้ำย้อมจากผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่สกัดด้วยน้ำที่ใช้ เป็นน้ำย้อมในชุดควบคุม (CM-n) มีค่าความเป็นกรดต่าง เท่ากับ 3.39 มีสีแดงส้มคล้ายคลึงกับสีแดงอมชมพูถึงสีแดงเข้ม ที่จากเปลือกมังคุด ซึ่งเป็นวัสดุที่มีแอนโทไซยานินสูงเช่นกัน [12] เมื่อปรับค่าความเป็นกรดต่างของน้ำย้อมด้วยสารละลาย กรดไฮโดรคลอริก จนกระทั่งสีของน้ำย้อมเปลี่ยนเป็นสีใหม่ (น้ำย้อมนี้ใช้เป็นน้ำย้อมสำหรับชุดการทดลอง CM-a) พบว่า ความเป็นกรดเพิ่มขึ้น มีค่าความเป็นกรดต่าง เท่ากับ 2.61 และมีสีแดงเข้ม เมื่อปรับค่าความเป็นกรดต่างด้วยสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ จนกระทั่งสีของน้ำย้อมเปลี่ยนเป็นสีใหม่ (น้ำย้อมนี้ใช้เป็นน้ำย้อมสำหรับชุดการทดลอง CM-b) พบว่า

ความเป็นกรดลดลง มีค่าความเป็นกรดต่าง เท่ากับ 4.10 มีสี แดงอมม่วง (Table 2) เห็นได้ว่า แม้ใช้สารละลายต่างชนิดกัน เพื่อปรับค่าความเป็นกรดต่าง แต่ค่าความเป็นกรดต่างที่ทำให้ เกิดเจดสีใหม่ยังคงอยู่ในช่วงความเป็นกรดอยู่ และสีที่ได้ยังคง เป็นสีแดงแม้จะมีเจดเปลี่ยนแปลงไปก็ตาม เนื่องจาก แอนโทไซยานินมีความคงตัวสูงในสภาพที่เป็นกรด และเป็น สภาวะที่มี flavylum cation เพียงชนิดเดียวที่อยู่ในรูปของ oxonium form ที่ให้สีแดง และสารนี้จะเปลี่ยนโครงสร้างให้อยู่ในรูป hemiketal form เป็นสารที่ไม่มีสีเมื่อความเป็น กรดลดลง เช่นเดียวกับสีของน้ำย้อมมอวดเชือกที่เจดสีแดง เปลี่ยนแปลงไปเมื่อความเป็นกรดลดลง [9], [13]

3.2. ลักษณะของเส้นกกก่อนการย้อมสี

ในกระบวนการเตรียมเส้นกกก่อนย้อมสี จะนำเส้นกก ไปต้มในน้ำเดือด เพื่อกำจัดคิวทิน (cutin) ที่เป็นสารประกอบ ไขมัน และเคลือบบนผิวเส้นกกออก เพื่อให้สีย้อมติดบนผิว เส้นกกได้ ซึ่งเส้นกกก่อนย้อมสี (undyed reed threads) มีสี น้ำตาลอ่อน (Figure 1) มีค่า a^* และ L^* เท่ากับ 8.4 และ 57.47 ตามลำดับ

Table 2 Characteristics of Karanda dye

Karanda dye	Color	pH
Untreated	Orange-red	3.39
Treated with HCl	Red	2.61
Treated with NaOH	Purplish-red	4.10



Figure 1 Visual appearance of undyed reed threads

3.3. การติดสีของเส้นกกที่ผ่านการย้อมสี

ค่า a^* ที่ลดลง แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงจากสีแดงเป็นสีเขียว ส่วนค่า L^* ที่เพิ่มขึ้น แสดงถึงความสว่างของสีที่เพิ่มขึ้น จาก Figure 2A และ Table 3, 4 ซึ่งเป็นชุดการทดลองที่ย้อมเส้นกกโดยไม่มีการใช้สารช่วยติดสี พบว่าชุดการทดลอง CM-n, CM-a และ CM-b มีเฉดสีน้ำตาลแดงที่แตกต่างกัน โดยน้ำย้อมของชุดการทดลอง CM-a มีค่าความเป็นกรดต่างสูงสุด คือ 2.61 เส้นกกที่ถูกย้อมมีสีน้ำตาลแดงสดใสดุที่สุด มีค่า a^* และ L^* เท่ากับ 31.00 และ 30.30 ตามลำดับ ในขณะที่น้ำย้อมของชุดการทดลอง CM-n และ CM-b ที่มีความเป็นกรดน้อยกว่า (ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 3.39 และ 4.10 ตามลำดับ) เส้นกกที่ถูกย้อมมีสีน้ำตาลแดงคล้ำกว่า โดยมีค่า a^* เท่ากับ 32.80 และ 22.20 ตามลำดับ และค่า L^* เท่ากับ 27.95 และ 28.93 ตามลำดับ

สำหรับการทดลองที่ย้อมเส้นกกโดยใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดสี (Figure 2B) และใช้สารส้มร่วมกับแทนนินเป็นสารช่วยติดสี (Figure 2C) จะได้เส้นกกเฉดสีน้ำตาลแดง เช่นเดียวกับการไม่ใช้สารช่วยติดสี แต่เฉดสีเข้มกว่า เมื่อพิจารณาจากค่า a^* ของเส้นกกที่ย้อมโดยใช้สารช่วยติดสี มีค่าในช่วง 24.10-33.84 ซึ่งใกล้เคียงกับเส้นกกที่ย้อมโดยไม่ใช้สารช่วยติดสี ที่มีค่าอยู่ในช่วง 22.20-32.80 (Table 3) แสดงว่าเป็นสีแดงเดียวกัน แต่ค่า L^* ของเส้นกกที่ย้อมโดยใช้สารช่วยติดสี มีค่าน้อยกว่า โดยอยู่ในช่วง 25.43-28.77 ส่วนเส้นกกที่ย้อมโดยไม่ใช้สารช่วยติดสีมีค่า L^* มากกว่า โดยอยู่ในช่วง 27.95-30.30 ตามลำดับ (Table 4) แสดงว่าการย้อมที่ใช้สารช่วยติดสีจะทำให้สีเข้มขึ้น ทั้งนี้ทั้ง 2 สภาวะการทดลองนี้มีสารส้มเป็นสารช่วยติดสีด้วยกันทั้งคู่ กลไกการเพิ่มความเข้มของสีส่วนหนึ่งจึงเกิดจากเกลือโลหะอะลูมิเนียมในสารส้ม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pimchan [14] ที่รายงานว่ามีเส้นกกที่ย้อมด้วยมันและฝางจะให้เฉดสีต่างกัน คือ สีเหลืองและสีแดง หากย้อมร่วมกับโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต (potassium aluminium sulfate) และการหมักโคลน เส้นกกทั้งสองสีจะเข้มขึ้น มีค่า L^* ลดลง และให้ค่า a^* หรือ b^* สูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับที่ย้อมด้วยน้ำย้อมเพียงอย่างเดียว โดยโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต จะสร้างพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ (coordinate covalent bond) ระหว่างโมเลกุลสีกับหมู่ไฮดรอกซิล (OH group) ของเส้นกก จึงยึดติดสีแน่นและสม่ำเสมอ เมื่อมองด้วยตาเปล่าจึงเห็นว่าสีเข้มขึ้น อย่างไรก็ตามในงานวิจัยของ Nammakorn et al. [15] ใช้สารส้มในรูปของโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟตความเข้มข้นเพียงร้อยละ 0.2

เพื่อให้เส้นกกที่ย้อมด้วยน้ำย้อมเปลี่ยนจากสีน้ำตาลอมแดงเป็นสีแดงเข้ม เป็นผลจากเกลือโลหะในสารส้มจับกับโมเลกุลของสี ย้อม เกิดสารประกอบเชิงซ้อนใหม่ที่ทำให้เฉดสีเปลี่ยนแปลงไป

เมื่อเปรียบเทียบผลของการใช้สารช่วยติดสีทั้ง 2 แบบ ด้วยค่า L^* ของชุดการทดลอง M-n และ M-n-nT พบว่าเส้นกกในชุดการทดลอง M-n มีค่า L^* เท่ากับ 25.60 ซึ่งน้อยกว่าเส้นกกในชุดการทดลอง M-n-nT ที่มีค่า 28.77 (Table 4) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารส้มร่วมกับแทนนิน จะได้เส้นกกที่มีเฉดสีน้ำตาลแดงเข้มกว่าการใช้สารส้มเพียงชนิดเดียว (Figure 2B, 2C) เนื่องจากเป็นการทำงานเสริมประสิทธิภาพกันของสารช่วยติดสีทั้ง 2 ชนิด โดยอะลูมิเนียมไอออนในสารส้มจะทำปฏิกิริยาทางเคมีกับแทนนิน เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนทำหน้าที่เป็นตัวประสานกลางระหว่างสีที่ย้อมกับพื้นผิวของเส้นกก ด้านแทนนินจะสร้างพันธะเคมีกับเซลลูโลส (cellulose) ของเส้นกก ส่วนด้านของอะลูมิเนียมไอออนจะสร้างพันธะกับโมเลกุลของสี ย้อม จึงช่วยเพิ่มความแข็งแรงในการยึดเกาะได้ทั้ง 2 ด้าน [16], [17]

เมื่อเรียงลำดับความเข้มของเฉดสีแดงของเส้นกกพบว่า เส้นกกในชุดการทดลอง M-b มีสีน้ำตาลแดงเข้มที่สุด รองลงมาคือเส้นกกในชุดการทดลอง M-n, M-a, M-b-nT, M-a-nT และ M-n-nT ด้วยค่า L^* เท่ากับ 25.43, 25.60, 25.77, 26.10, 27.60 และ 28.77 ตามลำดับ (Table 4) โดยเฉพาะเมื่อมีการใช้สารช่วยติดสีร่วมกัน 2 ชนิด ร่วมกับการปรับค่าความเป็นกรดต่างของน้ำย้อม ยิ่งทำให้เส้นกกมีสีน้ำตาลแดงเข้มกว่าการใช้สารส้มเพียงอย่างเดียว (Figure 2B, 2C) เป็นผลจากความเสถียรของแอนโทไซยานินในสภาวะความเป็นกรด ร่วมกับการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนใหม่ของการใช้สารช่วยติดสี [10]

3.4. ความคงทนของเส้นกกที่ผ่านการย้อมสี

การประเมินความคงทนของสีด้วยการเปลี่ยนแปลงค่า a^* และ L^* ตลอดการเก็บรักษา พบว่าค่า a^* มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงผกผันกับค่า L^* เส้นกกที่ย้อมด้วยน้ำย้อมที่ไม่ใช้สารติดสีใด ๆ ได้แก่ CM-n, CM-a และ CM-b (Figure 3A) และเส้นกกที่ย้อมด้วยน้ำย้อมที่ไม่ผ่านการปรับค่าความเป็นกรดต่าง แต่ใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดสี (M-n-nT) (Figure 3B) สีของเส้นกกจะซีดจางจนกระทั่งมองเห็นเป็นสีน้ำตาลในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา จาก Table 3 พบว่า เส้นกกในชุดการทดลอง CM-n มีการเปลี่ยนแปลงค่า a^* อย่างมีนัยสำคัญหลังเก็บรักษาได้ 15 วัน เร็วกว่าเส้นกกในชุดการทดลอง CM-a,

CM-b และ M-n-nT ที่ค่า a^* เริ่มเปลี่ยนแปลงหลังจากเก็บรักษาได้ 30 วัน หากพิจารณาในประเด็นของการใช้สารช่วยติดสีที่มีผลกับความคงทนของสี ด้วยการเปรียบเทียบอัตราเร็วในการลดลงของค่า a^* ระหว่าง CM-n (0.09 ต่อวัน), M-n-nT (0.05 ต่อวัน) และ M-n แสดงให้เห็นว่าสารส้มช่วยชะลอการลดลงของค่า a^* ได้ โดยเฉพาะเมื่อใช้สารส้มร่วมกับแทนนิน การเปลี่ยนแปลงของค่า a^* ระหว่างการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สำหรับการเปลี่ยนแปลงของค่า L^* พบว่าชุดการทดลองส่วนใหญ่มีค่า L^* เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น (Table 4) เมื่อเรียงลำดับการซีดจางของสี พบว่า สีของเส้นกกในชุดการทดลองที่ไม่ใช้สารช่วยติดสีมีอัตราการเพิ่มขึ้นของค่า L^* ภายใน 15-30 วันหลังเก็บรักษา ซึ่ง CM-b และ CM-a มีอัตรา

การเพิ่มขึ้นต่อวันของค่า L^* สูงที่สุดคือ 0.21 และ 0.13 รองลงมา คือ ชุดการทดลอง M-n-nT, M-a-nT, M-b-nT และ M-b ที่มีอัตราการเพิ่มขึ้นของค่า L^* เท่ากับ 0.12, 0.12, 0.13 และ 0.10 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ค่า L^* และ a^* ของเส้นกกที่ย้อมด้วย M-n และ M-a ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างการเก็บรักษา โดยพบว่าเส้นกกในชุดการทดลอง M-n และ M-a ยังคงมีเฉดสีน้ำตาลแดงเช่นเดิม (Figure 3)

จากข้อมูลข้างต้นพบว่า เส้นกกในชุดการทดลอง M-n และ M-a สามารถคงคุณภาพสีได้ดีที่สุด เนื่องจากค่า a^* และ L^* ไม่แตกต่างจากวันแรกของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดระยะเวลา 60 วัน จึงน่าทั้ง 2 ชุดการทดลองนี้ไปให้อาสาสมัครประเมินความพึงพอใจในขั้นตอนถัดไป

Table 3 Change of a^* values of dyed reed threads during storage

Storage time (day)	Treatment		
	CM-n	CM-a	CM-b
0	32.80±2.14 ^b	31.00±2.41 ^b	22.20±0.61 ^c
15	31.05±1.51 ^b	30.60±1.69 ^b	22.80±3.52 ^c
30	26.90±1.90 ^a	30.40±2.08 ^b	23.40±2.08 ^c
45	27.40±1.55 ^a	27.90±2.45 ^a	19.48±2.32 ^b
60	27.15±1.64 ^a	28.70±2.37 ^a	17.59±1.96 ^a
Decrease rate/day	0.09	0.04	0.08
	M-n-nT	M-a-nT	M-b-nT
0	29.93±1.11 ^b	33.84±4.26	27.60±3.16
15	32.70±1.39 ^{bc}	34.63±2.84	25.69±2.51
30	27.93±1.26 ^a	34.70±3.52	27.30±2.08
45	26.40±2.97 ^a	35.16±2.40	26.47±1.15
60	26.75±2.52 ^a	35.77±3.17	26.20±3.48
Decrease rate/day	0.05	-	-
	M-n	M-a	M-b
0	25.20±1.94	24.10±2.78	28.22±2.21
15	26.17±2.08	23.87±1.86	29.90±2.35
30	24.87±2.32	23.17±0.59	30.23±2.56
45	26.20±0.95	21.67±4.29	30.18±2.26
60	26.95±2.60	23.60±1.78	29.80±1.68
Decrease rate/day	-	-	-

Data are presented as mean ± standard deviation.

Means with different superscript letters in a column for each treatment are significantly different at the 95% confidence level.

Table 4 Change of L* values of dyed reed threads during storage

Storage time (day)	Treatment		
	CM-n	CM-a	CM-b
0	27.95±0.49 ^a	30.30±0.57 ^a	28.93±1.15 ^a
15	32.60±0.71 ^b	31.40±0.39 ^b	31.80±2.12 ^{ab}
30	34.40±1.06 ^c	33.30±1.02 ^c	40.00±0.87 ^b
45	36.28±2.48 ^c	35.60±0.85 ^c	38.50±1.25 ^b
60	38.35±1.64 ^c	38.09±0.92 ^c	41.50±1.48 ^b
Decrease rate/day	0.17	0.13	0.21
	M-n-nT	M-a-nT	M-b-nT
0	28.77±2.04 ^a	27.60±2.08 ^a	26.10±1.64 ^a
15	34.73±1.59 ^b	29.27±1.95 ^b	26.87±2.40 ^b
30	34.23±2.73 ^b	29.97±3.11 ^b	27.80±2.48 ^b
45	35.00±2.19 ^b	33.20±1.21 ^c	31.60±2.50 ^c
60	35.90±1.20 ^b	34.70±2.70 ^c	33.90±2.40 ^c
Decrease rate/day	0.12	0.12	0.13
	M-n	M-a	M-b
0	25.60±1.28	25.77±2.47	25.43±0.31 ^a
15	24.60±2.07	27.50±3.11	24.07±7.75 ^a
30	24.87±3.16	27.30±2.84	27.87±3.60 ^b
45	26.10±2.42	27.47±1.85	27.80±0.87 ^b
60	26.85±2.33	27.40±2.34	31.50±1.52 ^b
Decrease rate/day	-	-	0.10

Data are presented as mean ± standard deviation.

Means with different superscript letters in a column for each treatment are significantly different at the 95% confidence level.

3.5. ความพึงพอใจต่อคุณภาพของเส้นกกที่คัดเลือกเบื้องต้น

จากการนำเส้นกกในชุดการทดลอง M-n และ M-a ที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส นาน 60 วัน มาให้อาสาสมัครแบบไม่เจาะจงจำนวน 40 คน ที่ไม่มีความผิดปกติในการมองเห็นสี ประเมินความพึงพอใจที่มีต่อรูปทรงของเส้นกกหลังถูกย้อม และสีบนเส้นกกด้วยการสังเกตด้วยตาเปล่า ได้แก่ ความสวยงาม ความชัดเจนของสี การติดสีที่สม่ำเสมอ และความคงทนของสี ได้ผลดังนี้

จาก Table 5 พบว่าเส้นกกในชุดการทดลอง M-a ได้รับคะแนนเฉลี่ย 4.33 ได้รับความพึงพอใจระดับมากที่สุด มากกว่าเส้นกกในชุดการทดลอง M-n ที่ได้รับคะแนนเฉลี่ย 3.61 ที่ได้รับความพึงพอใจระดับมาก เมื่อพิจารณารายประเด็น

พบว่าเส้นกกในชุดการทดลอง M-a ได้คะแนนความพึงพอใจ 4 ประเด็นอยู่ในระดับมากที่สุด ยกเว้นประเด็นการติดสีสม่ำเสมอ ที่ได้รับความพึงพอใจระดับมาก จากการเรียงลำดับประเด็นที่ได้คะแนนสูงสุด คือ เส้นกกมีรูปทรงปกติ รองลงมาคือ สีชัดเจน สีติดทน สีสวยงาม และติดสีสม่ำเสมอ ด้วยคะแนน 4.74, 4.42, 4.39, 4.26 และ 3.94 ตามลำดับ ส่วนเส้นกกที่ในชุดการทดลอง M-n ได้รับคะแนนในประเด็นเส้นกกมีรูปทรงปกติมากที่สุด รองลงมา คือ สีชัดเจน สีสวยงาม สีติดทน และติดสีสม่ำเสมอ ด้วยคะแนน 4.16, 3.62, 3.50 และ 3.42 ตามลำดับ มีความพึงพอใจระดับมาก แต่การติดสีสม่ำเสมอ ได้รับความพึงพอใจปานกลางด้วยคะแนน 3.16 ซึ่งอาสาสมัครให้ข้อเสนอแนะว่า การติดสีของเส้นกกในชุดการทดลอง M-n ไม่สม่ำเสมอ มีการจับตัวเป็นก้อนสีขนาดเล็กบนเส้นกก



Figure 2 Visual appearance of dyed reed threads

(A) Using no mordant; (B) Using alum as a mordant; (C) Using alum together with tannin as mordants

(See table 1 for definitions of treatments)

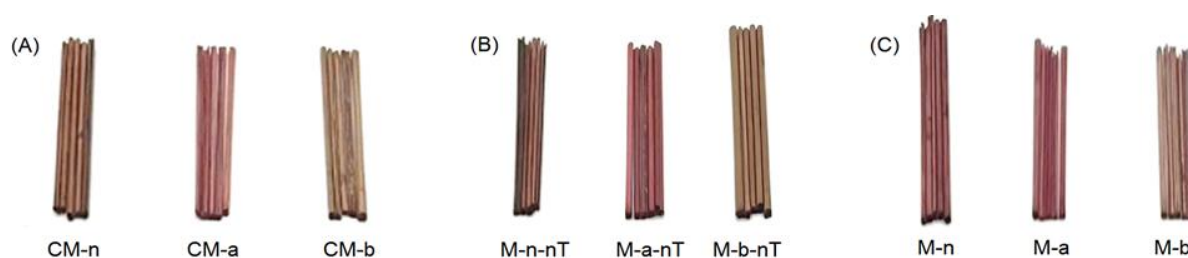


Figure 3 Visual appearance of dyed reed threads after being kept at room temperature for 60 days

(A) Using no mordant; (B) Using alum as a mordant; (C) Using alum together with tannin as mordants

(See table 1 for definitions of treatments)

Table 5 Satisfaction to dyed reed threads (n = 40)

Attribute	Satisfaction score	
	M-n	M-a
Shape of reed threads		
Normality of shape	4.16±0.32	4.74±0.44
Color of reed threads		
Beauty of color	3.50±0.64	4.26±0.72
Clarity of color	3.62±0.70	4.42±0.61
Uniformity of color	3.16±0.49	3.94±0.72
Durability of color	3.42±0.83	4.39±0.70
Average	3.61±0.64	4.33±0.66

Data are presented as mean ± standard deviation.

4. บทสรุป

การปรับค่าความเป็นกรดต่างของน้ำย้อม และการเลือกใช้สารช่วยติดสี มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเฉดสีและการติดสีของเส้นกก ซึ่งน้ำย้อมธรรมชาติมีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 3.39 มีสีแดงอมส้ม เมื่อปรับค่าความเป็นกรดต่างด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกหรือสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ น้ำย้อมมีสีแดงและสีแดงอมม่วง ตามลำดับ และยังอยู่ในช่วง

ความเป็นกรด คือ มีค่าความเป็นกรดต่าง เท่ากับ 2.61 และ 4.10 ตามลำดับ เมื่อนำไปย้อมเส้นกก จะได้เส้นกกสีน้ำตาลแดงเหมือนกันแต่เฉดต่างกัน ($a^* = 22.20-32.80$, $L^* = 27.95-30.30$) การใช้สารส้อมร่วมกับแทนนินเป็นสารช่วยติดสีก่อนการย้อมสี จะเพิ่มความเข้มของสีน้ำตาลแดงบนเส้นกกทุกชุดการทดลอง ($a^* = 27.60-33.84$, $L^* = 26.10-28.77$) ซึ่งการเพิ่มดังกล่าว จะมากกว่าการใช้สารส้อมเป็นสารช่วยติดสีเพียงอย่างเดียว

การใช้สารส้อมร่วมกับแทนนินเป็นสารช่วยติดสีก่อนย้อมด้วยน้ำย้อมที่ปรับค่าความเป็นกรดต่างด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก จะได้เส้นกกสีน้ำตาลแดงที่เข้มที่สุด ($a^* = 24.10-28.22$, $L^* = 25.43-25.77$) ติดสีดีที่สุด และสีติดทนนานกว่า 1 เดือน วิธีการย้อมแบบนี้เป็นวิธีการย้อมเส้นกกที่ดีที่สุดในการวิจัยครั้งนี้ เนื่องจากความเป็นกรดทำให้แอนโทไซยานินมีความเสถียรสูง เมื่อเพิ่มประสิทธิภาพการติดสีด้วยการใช้ทั้งสารส้อมและแทนนิน ยิ่งทำให้การติดสีสม่ำเสมอและคงทน นอกจากนี้เส้นกกที่ย้อมด้วยวิธีนี้ยังได้รับความพึงพอใจต่อรูปทรงของเส้นกก ความสวยงาม สีที่ชัดเจน ความสม่ำเสมอของสี และความทนของสี จากอาสาสมัครในระดับมากที่สุดทุกประเด็น ด้วยคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.33

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี ที่สนับสนุนทุนวิจัยตามสัญญาเลขที่ 05/2565 (ว) และคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี ที่ให้การรับรองจริยธรรมในมนุษย์

6. References

- [1] Ardila-Leal, L.D. and et al. 2021. A brief history of colour, the environmental impact of synthetic dyes and removal by using laccases. **Molecules**. 26(13): 3813.
- [2] Adeel, S. and et al. 2019. Environmentally friendly plant-based natural dyes: Extraction methodology and applications. In: Ozturk, M. and Hakeem, K. (eds.) **Plant and Human Health**. volume 2. Cham: Springer.
- [3] Pimchan, P. and Uthaiku, A. 2021. **The Process of Dyeing and Coating the Sedge by Natural Materials with a Single Material to Gives Many Color Values for Development the Unique Product**. Research Report, Rajabhat Maha Sarakham University. (in Thai)
- [4] Pimchan, P. 2019. **The Manufacture and Development of Natural Color for Reed Dyeing**. Research Report, Rajabhat Maha Sarakham University. (in Thai)
- [5] Moonsin, P., Panchari, T. and Sirithip, K. 2021. The study of natural dyes from the *Hevea Brasiliensis* leaves by using alum, copper sulfate, and ferrous sulfate as a mordant. **Journal of Roi Et Rajabhat University: Science and Technology**. 2(1): 35-40. (in Thai)
- [6] Sueb Nakasateien foundation. 2019. **Natural Materials Giving Various Colors**. <https://shorturl.asia/lkCYB>. Accessed 29 September 2023. (in Thai)
- [7] Phanhome, P. and Rattanadilok na Phuket, S. 2018. Study on color values and colorfastness of silk dyed with natural dye from yellow poinciana bark. In: **Proceedings of the 56th Kasetsart University Academic Conference**, 30 January-2 February 2018. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- [8] Choosakun, J. and Chatkon, A. 2016. The effect of natural mordant pH on shade and quality of dyed silk. In: **Proceedings of the National and International Graduate Research Conference 2016**, 15 January 2016. Khon Kaen, Thailand. (in Thai)
- [9] Boonphan, J., Pankong, I. and Chaimchaiphorn, T. 2019. Anthocyanin extract from natural plants for staining chromosome. In: **Proceedings of the 11th National Academic Conference Nakhon Pathom Rajabhat University**, 11-12 July 2019. Nakhon Pathom, Thailand. (in Thai)
- [10] Xuan, T.L. and et al. 2019. Optimization of total anthocyanin content, stability and antioxidant evaluation of the anthocyanin extract from Vietnamese *Carissa Carandas* L. fruits. **Processes**. 7(7): 1-15.
- [11] Yurarach, S. 2022. Why Likert? **Journal of Innovation and Management**. 7(1): 152-165. (in Thai)

- [12] Muangthai, P. and et al. 2010. Preparation of color powder dye from mangosteen peel on absorbent. In: **Proceeding of the 7th Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus Conference**, 7-8 December 2010. Nakhon Pathom, Thailand. *(in Thai)*
- [13] Sittikrai, S. and Santhitikawinsakul, A. 2015. The quantitative analysis of anthocyanins from *Combretum latifolium* dyestuff. In: **Proceeding of the 7th NPRU National Academic Conference**, 30-31 March 2015. Nakhon Pathom, Thailand. *(in Thai)*
- [14] Pimchan, P. 2015. The enhancing color fastness and color strength of natural pigment for *Cyperus Papyrus* L. fibril dyeing. **Koch Cha Sarn Journal of Science**. 37(2): 61-72.
- [15] Nammakorn, K., Atorngitjawat, P. and Watcharaporn, K. 2022. Study and development process for reed dyeing with natural dyes using *Laccifer lacca* Keer. In: **Proceeding of the 58th Kasetsart University Annual Conference**, 5-7 February 2022. Bangkok, Thailand. *(in Thai)*
- [16] Chaithada, P. 2019. Effect of extraction solvents and pH on the amount of stability of crude color extracted from plants. **Wichcha Journal Nakhon Si Thammarat Rajabhat University**. 38(1): 65-78. *(in Thai)*
- [17] Jindawuttikul, S. 2019. **Staining Reed Lines with Natural Colors**. http://lib3.dss.go.th/fulltext/dss_j/2562_68_209_P21-23.pdf. Accessed 29 September 2023. *(in Thai)*