การพัฒนาเทคนิคสีและลวดลายบนกระดาษสา เพื่อเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์

The development of color and pattern on mulberry craft paper for value added

8

ก่อพงศ์ หงษ์ศรี[1*], ฐิตารินีย์ สุโรพันธ์[1], สุรวุฒิ พวงมาลี[1]
Korpong Hongsri[1*], Thitarini Suropan[1], Surawut Puangmalee[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อพัฒนาเทคนิคการลงสีและสร้างลวดลายบนกระดาษสา โดยประยุกต์ใช้ศิลปะ Ebru paper ซึ่งเป็นเทคนิคการลงสีและสร้างลวดลายในผลิตภัณฑ์ผ้าและกระดาษแข็งผิวเรียบ เพื่อให้ได้วิธีการและเทคนิคการสร้างสีสันและลวดลายบนตัวกระดาษสาให้มีความหลากหลาย สวยงาม ตรงกับความต้องการของลูกค้าทั้งในและต่างประเทศ เป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ ส่งเสริมอุตสาหกรรมการผลิตกระดาษหัตถกรรมให้เข้มแข็งและยั่งยืน

ผลจากการศึกษาพบว่าน้ำเจล Methyl cellulose ที่สามารถลงสีและสร้างลวดลายบนกระดาษสาได้ดีควรมีความหนืดอยู่ในช่วง 260-1,880 cP โดยในช่วงความหนืดดังกล่าวเมื่อหยดสีแล้วสีไม่จมลงในน้ำเจล Methyl cellulose เมื่อทำการวาดเพื่อสร้างลวดลายสีจะหยุดทันทีเมื่อหยุดการวาด และน้ำเจล Methyl cellulose ไม่ซึมทะลุเข้าไปในกระดาษสา ความเข้มข้นของน้ำเจล Methyl cellulose ที่เหมาะสมคือร้อยละ 1 ซึ่งจะสามารถใช้งานน้ำเจลได้ไม่เกิน 10 วัน เพราะ Methyl cellulose เสื่อมสภาพลงส่งผลทำให้การกระจายตัวของสีไม่ดี และยังทำให้ควบคุมลวดลายได้ยากขึ้นตามระยะเวลาใช้งานที่เพิ่มขึ้น แต่สำหรับการใช้งานเพียงวันเดียวสามารถเตรียมน้ำเจล Methyl cellulose ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ได้เพราะน้ำเจลยังมีความหนืดอยู่ในช่วงที่สามารถใช้งานได้

สีที่มีความเหมาะสมสำหรับการลงสีและสร้างลวดลายบนกระดาษสา คือ สีอะคริลิกเกรดงาน Art สีอะคริลิกเกรดทาบ้าน และสีโปสเตอร์ โดยสีดังกล่าวมีการกระจายที่ดี มีความเข้มข้นสม่ำเสมอบนน้ำเจล Methyl cellulose สามารถสร้างลวดลายได้ตามต้องการ และสีติดบนผิวกระดาษสาได้ทั้งหมด

Abstract

The objective of this project was to develop a new technique on creating colour and pattern on mulberry craft paper by adapting from Ebru paper marbling technique, which was the technique used to create colour and pattern on cloth and cardboard. This would help to improve on value added and enhance mulberry craft paper making industry in Thailand.

It was found that the optimum viscosity of methyl cellulose gel that should be used to get good colour and pattern on mulberry craft paper without the colour sinking to the bottom of the tray or too much methyl cellulose gel absorption into the paper was between 260-1,880 cP. The best concentration of methyl cellulose gel for this purpose was 1% and the mixed methyl cellulose gel should not be stored more than 10 days before use as the quality of the gel was decreased and it would be harder to control the colour and pattern. However, if the methyl cellulose gel was prepared and would be used on the same day, it was feasible to mix it at the concentration of 0.5%.

The most suitable type of colour to be used on mulberry craft paper and obtained good results were acrylic paint for artwork, acrylic paint for house and poster color.

คำสำคัญ: กระดาษสา, สีและลวดลาย, อีบรู เทคนิค, เจลเซลลูโลส
Keywords: Mulberry craft paper, Colour and pattern, Ebru technique, Cellulose gel

[1]กรมวิทยาศาสตร์บริการ
[*]Corresponding author. E-mail address: korpong@dss.go.th

1. **บทนำ** (Introduction)

ผลิตภัณฑ์จากกระดาษสามีความหลากหลายขึ้นอยู่กับความต้องการของตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ กระดาษสาและผลิตภัณฑ์จัดเป็นสินค้าหัตถกรรมที่มีคุณค่า และมีความเป็นเอกลักษณ์ทางวัฒนธรรมที่โดดเด่น นอกจากเป็นการอนุรักษ์มรดกทางวัฒนธรรมแล้ว ยังสามารถพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่เสริมสร้างเศรษฐกิจชุมชนตามนโยบายหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์และอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลาง (SMEs) ได้ กลุ่มลูกค้าหัตถกรรมกระดาษสา แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มลูกค้าหัตถกรรมกระดาษสาตลาดในประเทศ มูลค่าตลาดเฉพาะของผู้ผลิตจากกลุ่มเป้าหมายในประเทศมีเพียงจากตลาดผู้บริโภคหัตถกรรมกระดาษสา ส่วนใหญ่ไม่ได้มาสั่งซื้อหรือสั่งผลิตเพื่อนำไปจำหน่าย แต่เป็นการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์เพื่อนำไปเป็นของฝาก หรือของชำร่วย

2. กลุ่มลูกค้าหัตถกรรมกระดาษสาตลาดต่างประเทศเป็นตลาดหลักที่สำคัญของผู้ประกอบการที่ผลิตกระดาษสา โดยส่วนใหญ่เป็นรูปแบบเพื่อการส่งออก ซึ่งความต้องการของลูกค้าของตลาดต่างประเทศของแต่ละแห่งแตกต่างกันไป เช่น

- o ตลาดยุโรป พฤติกรรมลูกค้ากลุ่มนี้จะเน้นรูปแบบ การออกแบบ ในด้านศิลปหัตถกรรม และคุณภาพผลิตภัณฑ์
- o ตลาดอเมริกา เน้นรูปแบบ การออกแบบที่แตกต่างแต่ยังคงความคุ้มค่ากับราคาที่ต้องเสีย
- o ตลาดจีน ให้ความสำคัญกับผลิตภัณฑ์กระดาษสาในรูปแบบแผ่น เพื่อนำไปพัฒนาให้กับสินค้าของตนเอง
- o ตลาดญี่ปุ่น ผลิตภัณฑ์ที่สนใจจะเป็นสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่เป็นชิ้นเล็กๆ ของกระจุกกระจิก
- o กลุ่มตลาดใหม่กลุ่มตะวันออกกลาง ซื้อสินค้าผลิตภัณฑ์ทุกประเภท เช่น ดอกไม้ประดิษฐ์กระดาษสา เป็นต้น [1]

ข้อมูลการส่งออกของกรมศุลกากร พบว่า มูลค่าของกระดาษสายังไม่สามารถแยกออกจากมูลค่าของกระดาษอื่น ๆ ได้ เนื่องจากปัจจุบันการส่งออกกระดาษสายังมีน้อย เมื่อมีการพิจารณาจากข้อมูลสำนักงานความร่วมมือทางวิชาการของเยอรมันประจำประเทศไทย (GTZ) ภายใต้โครงการส่งเสริมการผลิตกระดาษสาที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมร่วมด้วย พบว่า รายได้จากการส่งออกกระดาษสาและผลิตภัณฑ์จากกระดาษสาอยู่ที่ประมาณ ปีละ 2,000-2,800 ล้านบาท [2]

จากการลงพื้นที่ ณ “ชุมชนบ้านต้นเปา” ซึ่งเป็นชุมชนที่ผลิตสินค้าหัตถกรรมที่ทำจากกระดาษสารายใหญ่ที่สุดของภาคเหนือ ตั้งอยู่ในเขตเทศบาลตำบลต้นเปา อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ ประกอบไปด้วยประชากรมากกว่า 12,000 คน (4,895 ครัวเรือน) ประชากรในหมู่บ้านมีอาชีพผลิตกระดาษสา มีโรงงานทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ประมาณ 51 โรงงาน ผลิตกระดาษสาส่งให้ลูกค้ารายใหญ่คือกลุ่มประเทศในแถบยุโรปและเอเชีย มีมูลค่าการขายปี 2556 ประมาณ 80 ล้านบาท ปัจจุบันยังคงเน้นการผลิตกระดาษสาแบบสีพื้น เช่น ขาว ชมพู เขียว เหลือง ฟ้า ส้ม เป็นต้น ทำให้การดำเนินธุรกิจยังประสบปัญหาเรื่อง สีสันและลวดลายของผลิตภัณฑ์ ที่ไม่สามารถดึงดูดหรือตรงกับความต้องการของลูกค้า [3]

Ebru paper เป็นศิลปะการเพ้นท์ภาพแบบดั้งเดิมของตุรกี ที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว แม้จะยังไม่ทราบแน่ชัดถึงแหล่งกำเนิดและช่วงเวลาการเกิดของศิลปะชนิดนี้ก็ตาม แต่มีผู้สันนิษฐานว่ามีแหล่งกำเนิดมาจาก Turkistan บริเวณเอเชียกลางในอดีต จุดศูนย์กลางของหลากหลายวัฒนธรรม ศิลปะชนิดนี้ เรียกง่าย ๆ ก็คือ การเพ้นท์ภาพลงใน “น้ำ” จากนั้นจึงนำเอาแบบที่วาดย้ายกลับไปที่กระดาษแทน [4]

รูปที่ 1 ศิลปะ Ebru paper

ปัจจุบันศิลปะ Ebru paper มีการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ผ้า และกระดาษแข็ง แต่ยังไม่มีการนำมาลงบนแผ่นกระดาษสา ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นพัฒนาวิธีการเพื่อให้ได้สูตรที่เหมาะสำหรับกระดาษสา วิธีการและเทคนิคการสร้างสีสันและลวดลายบนตัวกระดาษสาให้มีความหลากหลาย สวยงามและตรงกับความต้องการของลูกค้าทั้งในและต่างประเทศ เป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ ส่งเสริมอุตสาหกรรมการผลิตกระดาษหัตถกรรมให้เข้มแข็งและยั่งยืน

2. วิธีการวิจัย (Experimental)

2.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้

- ผงเจล Methyl Cellulose เป็นสารช่วยเพิ่มความหนืดของน้ำ
- น้ำยาอ็อกซ์กาลล์ (Ox gall) หยดในน้ำผสมสีช่วยเพิ่มความชุ่มชื้นและการซึมซับสีบนพื้นกระดาษ
- น้ำประปาหรือน้ำกลั่น
- สีน้ำ สีโปสเตอร์ สีน้ำมัน สีอะคริลิกเกรดงาน Art สีอะคริลิกสำหรับใช้ทาบ้าน สีย้อมผ้าและสีผสมอาหาร
- กระดาษสาสีขาวหรือสีพื้นที่ผ่านการฟอกขาวแต่ไม่มีการย้อมสี ขนาด 28x42 เซนติเมตร
- ถาดอะลูมิเนียม ขนาดกว้างxยาว คือ 29x43 เซนติเมตร
- หวีหรือไม้แหลมสำหรับทำลวดลาย
- ตะกร้อมือ (Whisk) หรือ Hand Blender
- หลอดหยดสี
- เครื่องกวนที่มีใบพัดโลหะ
- เครื่องทดสอบความหนืดของสาร (Brook field RV Series Viscometer)

2.2 วิธีการทดลอง

2.2.1 การเตรียมน้ำเจล Methyl Cellulose

ชั่งผงเจล Methyl Cellulose 1, 5 10 และ 15 กรัม ในปริมาตรน้ำ 1 ลิตร เพื่อเตรียมความเข้มข้น ร้อยละ 0.1, 0.5, 1, 1.5 ตามลำดับ โดยเทผงเจลให้กระจายบนผิวน้ำอย่างช้า ๆ ใช้ตะกร้อมือหรือเครื่องกวนผสมผงเจลให้ละลายเข้ากันกับน้ำจนหมด เมื่อผงเจลละลายตัวหมดแล้ว จะได้สารละลายมีสีขุ่นขาวและมีฟองอากาศมาก ปิดฝาทิ้งไว้อย่างน้อย 3 ชั่วโมง หรือจนไม่พบฟองอากาศ และน้ำเจลมีอุณหภูมิเดียวกับอุณหภูมิห้อง เมื่อน้ำเจลพร้อมสำหรับการใช้งาน เทลงถาดสี่เหลี่ยมหรือภาชนะที่เตรียมไว้ โดยควรมีความสูงไม่น้อยกว่า 1.5 นิ้ว

2.2.2 การเตรียมสีทดสอบ

ใช้สีที่มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด ประกอบด้วย สีอะคริลิก สีโปสเตอร์ สีน้ำ สีน้ำมัน สีย้อมผ้า และสีผสมอาหาร ตักสีปริมาณประมาณ ½ ช้อนชา ใส่ลงในภาชนะที่ต้องการผสมกับน้ำ 40-50 มิลลิลิตร ยกเว้น สีน้ำมันผสมกับน้ำมันชันสน (ควรเติมน้ำหรือน้ำมันชันสนเพื่อละลายสีทีละน้อย) เมื่อผสมสีเรียบร้อยแล้วหยด Ox gall 1-2 หยดลงในสี และคนให้เข้ากัน หากต้องการสีเข้ม ค่อยๆ เพิ่มปริมาณสีทีละน้อย

2.2.3 การทดสอบความเข้มข้นของ Methyl cellulose

- เมื่อเตรียมน้ำเจล Methyl Cellulose ที่ความเข้มข้น ร้อยละ 0, 0.1, 0.5, 1, 1.5 เรียบร้อยแล้ว ให้ทำการทดสอบน้ำเจลโดยใช้สีอะครีลิก เกรดงาน Art ซึ่งเป็นสีที่มีคุณภาพ เหมาะสมกับการใช้งาน และเป็นที่นิยมใช้กับงาน Ebru Marbling
- ใช้หลอดหยดดูดสีอะคริลิกโดยผสมสีเข้ากับน้ำและหยด Ox gall 1-2 หยดที่เตรียมได้จากข้อ 2.2.2 หยดสีลงบริเวณกลางถาดน้ำเจลที่เตรียมไว้ สังเกตการแผ่กระจายของสี ถ้าความเข้มข้นของน้ำเจลเหมาะสม สีจะมีการกระจายเป็นวงโดยมีเฉดสีที่สม่ำเสมอ และสีไม่จม
- ทดสอบการวาด โดยให้ใช้แท่งไม้แหลม หรือหวี เขี่ยสีจากตรงกลางวง ออกไปด้านนอกวง สีต้องหยุดเมื่อยกแท่งเขี่ยสีขึ้น ถ้าสีไหลย้อนกลับแสดงว่าน้ำเจลมีความเข้มข้นมากไป กรณีสีไม่หยุดเมื่อยกที่เขี่ยสี แสดงว่าน้ำเจลมีความเข้มข้นน้อยไป

2.2.4 การทดสอบสี

- ทำการเตรียมสีตามขั้นตอนวิธีการเตรียมสี และใช้หลอดหยดดูดสี หยดสีลงบริเวณกลางถาดน้ำเจลที่เตรียมไว้ สังเกตการแผ่กระจายของสี สีที่ดีต้องมีการกระจายตัวของสีที่สม่ำเสมอ ถ้าสีจมลงที่พื้นถาดแสดงว่าผสมสีข้นไป เติมน้ำอีกเล็กน้อย และทดสอบอีกครั้ง
- นำกระดาษสาวางบนน้ำเจล แล้วลากกระดาษสาขึ้น เพื่อทดสอบการติดสีที่ใช้บนกระดาษสา จากนั้นผึ่งให้แห้งในที่ร่ม

2.2.5 ขั้นตอนการทำลวดลายบนกระดาษสา

- เตรียมสีและน้ำเจล ตามสภาวะที่ดีที่สุดในการทดสอบน้ำเจลและสี
- ค่อย ๆ หยดสีลงบนน้ำเจลด้วยหลอดหยด
- ใช้ไม้แหลมหรือหวี วาดให้เกิดเป็นลวดลาย
- ค่อย ๆ วางกระดาษสาลงบนผิวน้ำเจลที่ได้ทำลวดลายไว้ เริ่มจากมุมใดมุมหนึ่งก่อนเพื่อไม่ให้เกิดฟองอากาศบนชิ้นงาน ค่อยดึงกระดาษเข้าหาตัวให้ผิวกระดาษแตะขอบของถาดเสมอเพื่อรีดน้ำเจลออกจากกระดาษให้ได้มากที่สุด จากนั้นไปผึ่งให้แห้งและควรตากกระดาษในที่ร่ม เมื่อกระดาษแห้งแล้วสามารถรีดด้วยเตารีดใช้ไฟอ่อน

2.2.6 การทดสอบหาความหนืดของน้ำเจล ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D2196 [5] โดยใช้เครื่อง Brookfield viscometer type RVF series ขั้นตอนการทดสอบมีดังนี้

- เตรียมน้ำเจลประมาณ 450 มิลลิลิตรลงในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร
- ติดตั้ง spindle โดยเลือกใช้ spindle และความเร็วรอบให้เหมาะสมกับความหนืดของน้ำเจลที่ใช้วัด
- ปรับความสูงของ spindle โดยให้ spindle จมลงอยู่กึ่งกลางของน้ำเจล โดยระวังไม่ให้เกิดฟองอากาศ

- ทำการเปิดสวิทช์เพื่อทดสอบ โดยค่าที่อ่านได้ที่หน้าปัดเป็นค่าของแรงบิด (torque) เพื่อความถูกต้องควรอ่านค่าแรงบิดไม่ต่ำกว่า 10% ถ้าต่ำกว่า 10% ให้ทำการปรับ spindle ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น หรือเพิ่มความเร็วในการหมุน

<u>คำนวณค่าความหนืดจากสูตร</u>

ความหนืด (Viscosity) = Dial reading (Torque) x Factor

ความหนืด	มีหน่วย cP (mPa•s)
Dial reading	คือ ค่าแรงบิดที่อ่านได้
Factor	คือ ค่าที่ได้จากการนำหมายเลขของ spindle และความเร็วรอบที่เลือกใช้ไปหาค่า Factor ในตาราง Rv Series Viscometer

- ทำการทดสอบความหนืด Methyl cellulose ความเข้มข้นร้อยละ 0.1, 0.5, 1 และ 1.5 โดยจะทำการทดสอบวันแรกของการเตรียมน้ำเจล และทดสอบทุก ๆ 3, 7, 10 และ 14 วัน เพื่อทดสอบอายุการใช้งานและการเสื่อมสภาพของ Methyl cellulose เมื่อเวลาผ่านไป

3. ผลและวิจารณ์ (Results and discussion)

3.1 การทดสอบหาความเข้มข้นของ Methyl cellulose ที่เหมาะสม โดยเลือกความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.1, 0.5, 1 และ 1.5 มาใช้ทดสอบ มีผลการทดสอบดังนี้

3.1.1 ทดสอบการใช้น้ำที่ปราศจาก Methyl cellulose (ความเข้มข้นร้อยละ 0)

ลักษณะสารละลายเมื่อทำการทดลองหยดสี ปรากฏว่าสีมีบางส่วนที่จมลงแม้ใช้สีที่ความเข้มข้นต่ำ และสีที่อยู่บน ผิวน้ำไม่กระจายตัวในลักษณะเป็นวง เมื่อหยดสีเพิ่ม สีเคลื่อนตัวไปตามแรงกระเพื่อมของหยดสีทั่วผิวน้ำ จากการที่น้ำมีค่าความหนืดเพียง 1 cP ทำให้การควบคุมสีทำได้ยากและไม่สามารถทำให้เกิดลวดลายตามต้องการได้ เมื่อนำกระดาษสามาทาบลงบนผิวน้ำเพื่อทดสอบการทำให้เกิดลวดลายบนกระดาษสา ผลที่ได้คือสีที่ผิวน้ำไม่ติดกับกระดาษสา ทำให้ลวดลายสีที่เกิดบนกระดาษสาขาดความเข้ม และน้ำซึมทะลุถึงด้านหลังกระดาษ ดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 แสดงลักษณะการกระจายตัวของสี (ซ้าย) และลักษณะลวดลายที่เกิดบนกระดาษสา (ขวา) เมื่อหยดในน้ำที่ปราศจาก Methyl cellulose (ความเข้มข้นร้อยละ 0)

3.1.2 ทดสอบการใช้ Methyl cellulose ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1

ลักษณะสารละลายมีความหนืดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แตกต่างกับการใช้น้ำที่ปราศจาก Methyl cellulose เมื่อนำไปวัดค่าความหนืดได้ค่าความหนืดที่ 12.5 cP เมื่อทำการทดลองหยดสี จะมีบางส่วนของสีที่จมลงลักษณะเดียวกับการใช้น้ำที่ปราศจาก Methyl cellulose สีที่อยู่บนผิวน้ำมีการกระจายตัวลักษณะเป็นวงกว้างรัศมีมากกว่า 10 เซนติเมตร โดยที่สีบนผิวน้ำมีการเคลื่อนตัวไม่คงที่ ยากต่อการควบคุมลวดลาย ทดลองสร้างลวดลายจากการวาดสีที่ผิวน้ำด้วยไม้ปลายแหลม เมื่อการวาดสิ้นสุดทำการยกไม้ปลายแหลมขึ้น พบว่าน้ำเจลเคลื่อนที่ไม่หยุดแบบไม่เป็นทิศทาง ทำให้ยากต่อการควบคุมและสร้างให้เกิดลวดลายตามที่คิดไว้ อันเนื่องมาจากความหนืดของสารละลายที่ 12.5 cP ยังไม่สูงพอที่จะควบคุมน้ำเจลและหยุดสีบนผิวน้ำเจลไว้ เมื่อทดสอบการติดของสีบนกระดาษสา โดยวางกระดาษสาลงบนน้ำเจล พบว่า น้ำเจลซึมทะลุเข้าไปในเนื้อในของกระดาษสามาก เช่นเดียวกับการใช้น้ำที่ปราศจาก Methyl cellulose แต่ลวดลายของสีที่ได้ติดไปกับกระดาษสามากขึ้นและให้สีได้ที่มีความเข้มกว่าที่ได้จากการใช้น้ำที่ปราศจาก Methyl cellulose ดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 แสดงลักษณะการกระจายตัวของสี (ซ้าย) การวาดน้ำเจลด้วยไม้ปลายแหลมเพื่อให้เกิดลวดลาย (กลาง) และลักษณะลวดลายที่เกิดบนกระดาษสา (ขวา) โดยใช้ Methyl cellulose 0.1%

3.1.3 ทดสอบการใช้ Methyl cellulose ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5

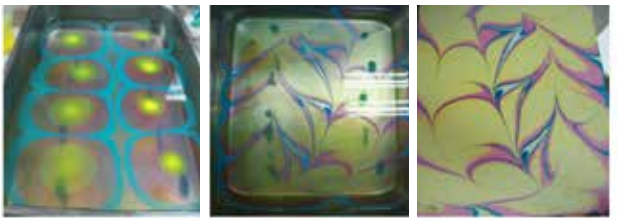
ลักษณะของสารละลายมีความหนืดเพิ่มขึ้นมากกว่าการใช้ Methyl cellulose ที่ 0.1% โดยเห็นความแตกต่างตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียม คือ ใช้เวลาในการกวนผสมนานมากขึ้น เมื่อนำไปวัดค่าความหนืดได้ค่าความหนืดที่ 259 cP เมื่อทำการทดลองหยดสี พบว่าสีจมลงในน้ำเจลเล็กน้อย ลักษณะสีมีการกระจายตัวที่ดี เป็นวงกว้างรัศมีไม่เกิน 10 เซนติเมตร โดยสียังมีความเข้มที่สม่ำเสมอมากกว่าการใช้ Methyl cellulose ที่ 0 และ 0.1% ทดลองสร้างลวดลายด้วยการวาดสีที่ผิวน้ำเจลโดยใช้ไม้ปลายแหลม เมื่อการวาดสิ้นสุดทำการยกไม้ปลายแหลมขึ้น พบว่าสีบนผิวน้ำเจลไหลต่อไปเป็นระยะ 1-3 เซนติเมตร (ขึ้นอยู่กับแรงที่ใช้) ในทิศทางเดียวกับการวาดจึงหยุดไหล ลักษณะนี้เพียงพอต่อการควบคุมลวดลายให้เกิดขึ้นตามต้องการได้ แต่ต้องอาศัยความชำนาญและประณีต เพราะถ้าออกแรงวาดมาก

เกินไปสีบนน้ำเจลจะเคลื่อนไปไกลกว่าที่ต้องการ ทำให้เกิดลวดลายที่ผิดพลาดได้ แสดงให้เห็นว่าน้ำเจลต้องการค่าความหนืดมากกว่า 259 cP เพื่อทำให้เกิดความง่ายและสะดวกต่อการสร้างลวดลาย เมื่อทดสอบการติดสีของลวดลายที่สร้างขึ้นบนกระดาษสา ลวดลายบนกระดาษที่ได้มีความสดและความเข้มเหมือนดังลวดลายบนผิวน้ำเจล เจลติดไปกับกระดาษสาทั้งหมด มีหยดสีเหลือในน้ำเจลเล็กน้อย และน้ำเจลยังคงซึมทะลุเข้าเนื้อในกระดาษสาอยู่แต่น้อยลง ดังรูปที่ 4

รูปที่ 4 แสดงลักษณะการกระจายตัวของสี (ซ้าย) การวาดน้ำเจลด้วยไม้ปลายแหลมเพื่อให้เกิดลวดลาย (กลาง) และลักษณะลวดลายที่เกิดบนกระดาษสา (ขวา) บนน้ำเจลโดยใช้ Methyl cellulose ความเข้มข้นร้อยละ 0.5

3.1.4 การทดสอบการใช้ Methyl cellulose ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1

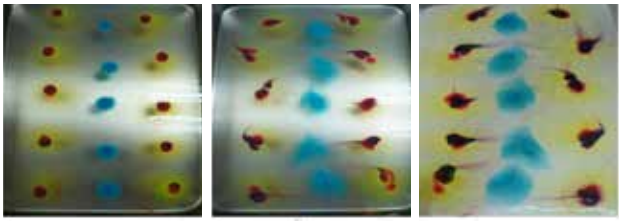
ลักษณะของสารละลายมีความหนืดมาก การกวนเพื่อทำให้สารละลายในน้ำใช้เวลานานขึ้น เมื่อนำไปวัดค่าความหนืดได้ค่าความหนืดที่ 1,879 cP เมื่อทำการทดลองหยดสีลงบนน้ำเจล พบว่าไม่ปรากฏให้เห็นถึงการจมของสี และสีมีการกระจายตัวเป็นวงกว้างรัศมีไม่เกิน 5 เซนติเมตร ลักษณะของสีมีความเข้มและสม่ำเสมอมากกว่ากับการใช้ Methyl cellulose ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ทดลองทำการสร้างลวดลายจากการวาดสีที่ผิวน้ำโดยใช้ไม้ปลายแหลม เมื่อการวาดสิ้นสุดทำการยกไม้ปลายแหลมขึ้น พบสีบนผิวน้ำหยุดไหล เมื่อเพิ่มแรงที่ใช้วาดเพิ่มขึ้น น้ำเจลมีการไหลต่อไปอีกเพียงเล็กน้อย ในลักษณะเช่นนี้แสดงว่าเจลที่ความหนืด 1,879 cP เหมาะสมที่จะใช้สำหรับสร้างลวดลาย ซึ่งง่ายกว่าการใช้น้ำเจลที่มี Methyl cellulose ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 เมื่อทดสอบการติดของสีของลวดลายที่สร้างขึ้นบนกระดาษสา ลวดลายบนกระดาษที่ได้มีความเข้มเหมือนดังลวดลายบนผิวน้ำเจล จากที่เจลติดไปกับกระดาษสาทั้งหมด และน้ำเจลไม่ซึมทะลุเข้าเนื้อในของกระดาษสา ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงลักษณะการกระจายตัวของสี (ซ้าย) การวาดน้ำเจลด้วยไม้ปลายแหลมเพื่อให้เกิดลวดลาย (กลาง) และลักษณะลวดลายที่เกิดบนกระดาษสา (ขวา) บนน้ำเจลโดยใช้ Methyl cellulose ความเข้มข้นร้อยละ 1

3.1.5 การทดสอบการใช้ Methyl cellulose ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.5

ลักษณะของสารละลายมีความหนืดมาก ใช้เวลาในการกวนให้สารละลายในน้ำ โดยใช้เพียงตระกร้อมือนานมากกว่าความเข้มข้นอื่น ๆ มาก และต้องทิ้งเจลไว้อย่างน้อย 12 ชั่วโมงเพื่อให้ฟองอากาศในเจลออกหมด เมื่อนำไปวัดค่าความหนืดได้ค่าความหนืดที่ 7,483 cP เมื่อทำการทดลองหยดสีลงบนน้ำเจล พบว่าไม่ปรากฏให้เห็นถึงการจมของสี ลักษณะสีมีความเข้ม และสีมีการกระจายตัวที่น้อย โดยเป็นวงมีรัศมีไม่เกิน 2 เซนติเมตร ทดลองทำการสร้างลวดลายจากการวาดสีที่ผิวน้ำโดยใช้ไม้ปลายแหลม เมื่อการวาดสิ้นสุดทำการยกไม้ปลายแหลมขึ้น พบสีบนผิวน้ำหยุดไหลย้อนกลับไปประมาณ 2-3 เซนติเมตร ในลักษณะเช่นนี้แสดงว่าน้ำเจลที่ความหนืด 7,483 cP ไม่เหมาะสมที่จะใช้สำหรับสร้างลวดลาย เมื่อทดสอบการติดของสีของลวดลายที่สร้างขึ้นบนกระดาษสา ลวดลายบนกระดาษที่ได้มีความเข้มเหมือนดังลวดลายบนผิวน้ำเจล จากที่เจลติดไปกับกระดาษสาทั้งหมด และน้ำเจลไม่ซึมทะลุเข้าเนื้อในของกระดาษสา ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงลักษณะการกระจายตัวของสี (ซ้าย) การวาดน้ำเจลด้วยไม้ปลายแหลมเพื่อให้เกิดลวดลาย (กลาง) และลักษณะลวดลายที่เกิดบนกระดาษสา (ขวา) บนน้ำเจลโดยใช้ Methyl cellulose ความเข้มข้นร้อยละ 1.5

จากการทดลองร้อยละของ Methyl cellulose พบว่าน้ำเจลที่ใช้ Methyl cellulose ความเข้มข้นร้อยละ 1 มีความเหมาะสมที่สุด โดยสีไม่จมลงในน้ำเจล การกระจายตัวของสีดีที่สุด การสร้างลวดลายบนผิวเจลดี ทำได้ง่าย คงรูปได้นาน และการติดสีบนกระดาษทำได้ดีที่สุด ไม่มีสีตกค้างบนผิวเจล ขั้นตอนต่อไปเป็นการทดสอบประเภทของสีที่สามารถใช้งานได้

3.2 ผลการทดสอบโดยใช้สีประเภทต่างๆ บนผิวเจล Methyl cellulose ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1

โดยเลือกสีที่มีราคาถูกและมีขายทั่วไปในท้องตลอด ดังนี้ สีอะครีลิก เกรดงาน Art สีอะครีลิก เกรดทาบ้าน สีโปสเตอร์ สีผสมอาหาร สีน้ำ สีน้ำมัน สีย้อมผ้า ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 3

3.2.1 การจมของสี พบว่า สีทุกชนิดไม่จมลงในน้ำเจล การกระจายตัวของสี พบว่าสีอะครีลิก เกรดงาน Art สีอะครีลิก เกรดทาบ้าน สีโปสเตอร์ สีผสมอาหาร มีการกระจายตัวที่ดีและสม่ำเสมอ ส่วนสีผสมอาหาร สีน้ำ สีน้ำมัน และสีย้อมผ้า มีการกระจายตัวไม่ดี

3.2.2 ระดับความเข้มของสี สีอะครีลิก เกรดงาน Art สีอะครีลิก เกรดทาบ้าน สีโปสเตอร์ และสีผสมอาหาร มีระดับความเข้มสีมาก ส่วนสีน้ำ สีน้ำมัน และสีย้อมผ้า มีระดับความเข้มสีน้อย

3.2.3 การวาดให้เกิดลวดลายบนน้ำเจลพบว่า สีอะครีลิก เกรดงาน Art สีอะครีลิก เกรดทาบ้าน สีโปสเตอร์ สีผสมอาหาร สีน้ำ สีย้อมผ้า สามารถวาดให้เกิดลวดลายได้ ส่วนสีน้ำมันไม่สามารถวาดให้เกิดลวดลายได้

3.2.4 การติดสีบนกระดาษสา พบว่า สีอะครีลิก เกรดงาน Art สีอะครีลิก เกรดทาบ้าน สีโปสเตอร์ สีน้ำ สีน้ำมัน และสีย้อมผ้า เกิดการติดสีทั้งหมด ส่วนสีผสมอาหาร พบว่า การติดสีไม่ดีนัก เกิดจากการเยิ้มของสีซึมเข้าสู่กระดาษได้เล็กน้อยทำให้ลวดลายเสียหาย สีอะครีลิก เกรดงาน Art สีอะครีลิก เกรดทาบ้าน และสีโปสเตอร์ มีความเหมาะสมที่จะใช้สร้างสีสันและลวดลายบนกระดาษสา เพราะสีไม่จม การกระจายตัวของสีดีและสม่ำเสมอ ระดับความเข้มสีมาก วาดให้เกิดลวดลายได้ง่ายและเกิดการติดสีทั้งหมดบนกระดาษสา สีผสมอาหารไม่เหมาะสมในการใช้ เพราะสีซึมเข้าเนื้อในของกระดาษได้น้อยทำให้ลวดลายเสียหาย สีน้ำไม่เหมาะสมในการใช้ เพราะระดับความเข้มของสีน้อย การกระจายตัวช้าและไม่สม่ำเสมอ สีน้ำมันไม่เหมาะสมในการใช้ เพราะระดับความเข้มสีน้อย การกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ ลักษณะเป็นเม็ดสีไม่สามารถสร้างลวดลายได้ สีย้อมผ้าไม่เหมาะสมในการใช้งาน เพราะระดับความเข้มสีน้อยทำให้การกระจายตัวไม่สม่ำเสมอลักษณะคล้ายขนนก

ตารางที่ 3 แสดงผลทดสอบการจมของสี การกระจายตัวของสี ระดับความเข้มของสี การวาดให้เกิดลวดลายบนน้ำเจลและการติดของสีบนกระดาษสาของสีชนิดต่างๆ

คุณสมบัติ / ชนิดของสี	การจมของสี	การกระจายตัวของสี	ระดับความเข้มของสี	การวาดให้เกิดลวดลายบนน้ำเจล	การติดของสีบนกระดาษสา
สีอะครีลิก เกรดงาน Art	ไม่จม	ดีและสม่ำเสมอ	มาก	ได้	ติดทั้งหมด
สีอะครีลิก เกรดทาบ้าน	ไม่จม	ดีและสม่ำเสมอ	มาก แต่น้อยกว่าเกรด Art	ได้	ติดทั้งหมด
สีโปสเตอร์	ไม่จม	ดีและสม่ำเสมอ	มาก แต่น้อยกว่าเกรด Art	ได้	ติดทั้งหมด
สีผสมอาหาร	ไม่จม	ดีและสม่ำเสมอ	มากที่สุด	ได้	สีเยิ้มจากสีซึมเข้ากระดาษได้น้อย ทำให้ลวดลายเสียหาย
สีน้ำ	ไม่จม	กระจายตัวช้าและไม่สม่ำเสมอ	น้อย	ได้	ติดทั้งหมด
สีน้ำมัน	ไม่จม	ไม่สม่ำเสมอ ลักษณะเป็นเม็ดสี	น้อย	ไม่เกิดลวดลาย	ติดทั้งหมด
สีย้อมผ้า	ไม่จม	ไม่สม่ำเสมอ ลักษณะคล้ายขนนก	น้อย	ได้	ติดทั้งหมด

3.3 การทดสอบความหนืดของน้ำเจล Methyl cellulose

ทำการทดสอบความหนืดของน้ำเจลที่ระดับความเข้มข้น Methyl cellulose ร้อยละ 0, 0.1, 0.5, 1 และ 1.5 เพื่อหาช่วงความหนืดและระยะเวลาการใช้งานของน้ำเจล ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4 พบว่าความเข้มข้นของน้ำเจล Methyl cellulose ที่เหมาะสมที่สุดคือร้อยละ 1 ซึ่งมีความหนืดอยู่ที่ 1,879 cP และความเข้มข้นที่สามารถใช้งานได้แต่ต้องการความประณีตคือ 0.5% คือ 259 cP ดังนั้น น้ำเจลที่สามารถใช้งานได้ควรอยู่ในช่วงประมาณ 260-1,880 cP ซึ่งถ้าเตรียม Methyl cellulose ความเข้มข้นร้อยละ 1 จะสามารถใช้งานน้ำเจลได้สูงสุดไม่เกิน 10 วัน จากน้ำเจลในวันที่ 10 มีความหนืดลดต่ำลงเหลือ 207 cP และถ้าเตรียม Methyl cellulose ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ใช้ได้แค่เพียงวันแรกที่เตรียมเท่านั้น ส่วนน้ำเจลที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.1 และ 1.5 ไม่เหมาะสมในการใช้งาน เพราะที่ความเข้มข้นร้อยละ 0 และ 0.1 มีค่าความหนืดต่ำเกินไป ทำให้การกระจายตัวและการติดของสีไม่ดี ส่วนที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 มีค่าความหนืดสูงไป การกระจายตัวของสีช้า การเตรียมน้ำเจลใช้เวลานาน อีกทั้งเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตด้วย

ตารางที่ 4 แสดงค่าความหนืดของน้ำเจล Methyl cellulose ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ระดับความเข้มข้นของ Methyl cellulose, ร้อยละ		0	0.1	0.5	1	1.5
ความหนืด, cP	วันแรก	1	12.5	259	1,879	7,483
	3 วัน	1	12.5	190	1,535	6,700
	7 วัน	1	12.5	158	556	1,906
	10 วัน	1	12.5	153	207	914
	14 วัน	1	11.3	46.0	110	490

3.4 ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการประเมินด้านต้นทุนราคา (cost) ของกระดาษสาต่อแผ่นที่มีการนำเทคนิคศิลปะ Ebru paper เปรียบเทียบกระดาษสาสีทั่วไป

ผลิตภัณฑ์จากกระดาษสา	กระดาษสาสี	กระดาษสาศิลปะ Ebru paper
รายละเอียดต้นทุน (ราคาโดยประมาณต่อแผ่น ขนาด 50x70 cm)	- เยื่อปอสา = 2.00 บาท - สีย้อมกระดาษ = 0.50 บาท - คลอรีน = 0.25 บาท - โซดาไฟ = 0.75 บาท รวม = 3.50 บาท	- เยื่อปอสา = 2.00 บาท - คลอรีน = 0.25 บาท - โซดาไฟ = 0.75 บาท - สีอะครีลิก = 0.25 บาท - ผงเจล Methyl Cellulose = 0.50 บาท - น้ำยาอ็อกซ์กาลล์ (Ox gall) = 0.25 บาท รวม = 4.00 บาท

4. สรุป (Conclusion)

4.1 ความหนืดของน้ำเจลที่สามารถใช้สร้างลวดลายบนกระดาษสาได้ดีอยู่ในช่วง 260-1,880 cP การใช้ Methyl cellulose ที่เหมาะสม คือ เข้มข้นร้อยละ 1 โดยเมื่อหยดสีแล้วจะช่วยให้สีไม่จมลงในน้ำเจล และเมื่อทำการวาดเพื่อสร้างลวดลาย สีจะหยุดทันทีเมื่อยกเลิกการวาด อีกทั้งน้ำเจลไม่ซึมทะลุเข้าไปในกระดาษสา โดยสามารถใช้งานน้ำเจลได้ไม่เกิน 10 วัน จากที่ Methyl cellulose เสื่อมสภาพลงส่งผลทำให้การควบคุมลวดลายยากขึ้นตามระยะเวลาใช้งานที่เพิ่มขึ้น และสำหรับการใช้น้ำเจลสำหรับสร้างลวดลายเพียงวันเดียว อาจเตรียม Methyl cellulose ที่ความเข้มข้นน้อยกว่าได้เพื่อความประหยัด แต่ต้องมีความเข้มข้นของ Methyl cellulose ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 0.5 เพราะน้ำเจลยังมีความหนืดของน้ำอยู่ในช่วงที่สามารถใช้งานได้ โดยจะมีสีจมเพียงเล็กน้อย และสามารถสร้างลวดลายได้โดยอาศัยความประณีตที่เพิ่มมากขึ้น

4.2 สีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการสร้างลวดลายบนกระดาษสา คือสีอะคริลิกเกรดงาน Art จากที่สีมีการกระจายตัวที่ดี มีความเข้มที่สม่ำเสมอ สามารถสร้างลวดลายได้ตามต้องการ และสีติดไปกับกระดาษสาทั้งหมด แต่ด้วยสีมีราคาแพงจึงเหมาะกับงานที่มีมูลค่าสูงหรือต้องการความสวยงามมากเท่านั้น สำหรับงานทั่วไป การใช้สีอะคริลิกเกรดทาบ้านหรือสีโปสเตอร์จะมีความเหมาะสมมากกว่า เพราะมีคุณสมบัติของสีเหมือนกันกับสีอะคริลิกเกรดงาน Art แต่สีให้ความเข้มที่น้อยกว่า โดยที่สีอะคริลิกจะมีความคงทนมากกว่าสีโปสเตอร์จากการมีส่วนผสมของพอลิเมอร์หรือไวนิล ส่วนการใช้สีชนิดอื่น ๆ ไม่เหมาะสม โดยสีย้อมผ้าและสีน้ำมันให้การกระจายตัวของสีในลักษณะที่ไม่เป็นวง สีน้ำมีความเข้มของสีที่น้อย และสีผสมอาหาร เมื่อทำการถ่ายเทลวดลายจากน้ำเจลไปที่กระดาษสา สีที่ได้บนผิวกระดาษจะเยิ้ม ทำให้ลวดลายเสียหายหรือเปลี่ยนไปจากเดิม

5. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ขอขอบคุณกลุ่มพลาสติกและผลิตภัณฑ์พลาสติก กองวัสดุวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ใช้เครื่อง Brookfield viscometer type RVF series เพื่อทดสอบค่าความหนืดของน้ำเจล Methyl cellulose

6. เอกสารอ้างอิง (References)

[1] *ศูนย์บริการข้อมูลการค้าการลงทุน จังหวัดเชียงใหม่. ฐานข้อมูลสินค้าหัตถกรรมที่มีศักยภาพ : กระดาษสา* [ออนไลน์]. 2553. [อ้างถึงวันที่ 21 ธันวาคม 2560]. เข้าถึงจาก: http://tisc.feu.ac.th/input/file_upload/กระดาษสา บทวิเคราะห์_2010_12_21_22_31_23.pdf

[2] *ศิริพร ตรีพรไพรัช. สำนักงานความร่วมมือทางวิชาการของเยอรมัน ประจำประเทศไทย (GTZ) จับมือกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม พัฒนาอุตสาหกรรมกระดาษสาไทย* [ออนไลน์]. 2550. [อ้างถึงวันที่ 21 ธันวาคม 2560]. เข้าถึงจาก: https://www.ryt9.com/s/prg/107726

[3] น้ำผึง ไชยกุล. *การมีส่วนร่วมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กระดาษสาของชุมชน เทศบาลตำบลต้นเปา อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่.* วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนาทรัพยากรชุมชนและสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 2556. 138 หน้า.

[4] THE EDITORIAL TEAM. *Ebru: The Art of Paper Marbling* [online]. 2548. [อ้างถึงวันที่ 21 ธันวาคม 2560]. เข้าถึงจาก: http://www.muslimheritage.com/article/ebru-art-paper-marbling

[5] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D2196-10. 2015. *Standard test methods for rheological properties of non-newtonian materials by rotational viscometer.*