

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย (Results)

#### 4.1 ผลการสกัดสีจากวัตถุดิบธรรมชาติ

##### 4.1.1 ร้อยละของผงสีที่สกัดได้

- วิธีการสกัดสีจากพืชกลุ่มสีแดงและกลุ่มสีเหลือง

ใช้วิธีการสกัดแบบร้อนหรือสกัดด้วยน้ำร้อนตามรายละเอียดในข้อ 3.3.1

- ผลการสกัดและผลิตผงสีจากพืชกลุ่มสีแดง และสีเหลือง

จากการทดลองเบื้องต้น เพื่อหาร้อยละของผงสีที่สกัดได้จากพืชให้สีจำนวน 4 ชนิด โดยแบ่งวัตถุดิบให้สีธรรมชาติที่ต้องการทดลองสกัดและแปรรูปให้เป็นผงสี ออกเป็น 2 กลุ่มสี คือ กลุ่มที่ให้สีแดง ใช้แก่นฝางและครั้ง และกลุ่มที่ให้สีเหลืองใช้แก่นขนุนและขมิ้น โดยทดลองเปรียบเทียบวิธีการสกัด 2 วิธีคือ การสกัดแบบร้อนด้วยการต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง และการสกัดแบบเย็นด้วยการแช่ในเหล้าหมักกลั่น ซึ่งใช้เวลาแช่วัตถุดิบเป็นเวลา 1 คืน และทำการแปรรูปให้เป็นสีผง โดยการระเหยตัวทำละลายออกแบบเปิด ซึ่งความคุมอุณหภูมิ และเมื่อได้สารละลายเข้มข้นแล้ว จึงนำไปทำให้แห้งด้วยการตากแดดได้ผงสีดัง รูปที่ 1 ในภาคผนวกที่ 1 จากผลการทดลองสกัดสีทั้งสองวิธีให้ร้อยละของผงสีดังแสดงในตารางที่ 3.

ตารางที่ 3. ร้อยละของผงสีที่สกัดได้จากพืชให้สี

| วิธีการสกัด |          | ต้มในน้ำเดือด 2 ชม.        |                        |                              | แช่ในเหล้าหมักกลั่น 1 คืน  |                        |                              |
|-------------|----------|----------------------------|------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------|------------------------------|
| กลุ่มสี     | วัตถุดิบ | น.น.<br>วัตถุดิบ<br>(กรัม) | น.น.<br>ผงสี<br>(กรัม) | ร้อยละ<br>ผงสีที่<br>สกัดได้ | น.น.<br>วัตถุดิบ<br>(กรัม) | น.น.<br>ผงสี<br>(กรัม) | ร้อยละ<br>ผงสีที่<br>สกัดได้ |
| แดง         | แก่นฝาง  | 101.70                     | 2.70                   | 2.65                         | 50.13                      | 1.25                   | 2.49                         |
|             | ครั้ง    | 108.80                     | 8.71                   | 8.71                         | 50.30                      | 4.96                   | 9.86                         |
|             |          |                            |                        |                              |                            |                        |                              |
| เหลือง      | แก่นขนุน | 102.50                     | 2.19                   | 2.14                         | 50.13                      | 1.67                   | 3.33                         |
|             | ขมิ้น    | 101.80                     | 14.13                  | 13.88                        | 50.30                      | 13.33                  | 26.50                        |

จากผลการทดลอง ร้อยละของผงสีที่ได้จากการสกัดแบบร้อนด้วยการต้มในน้ำเดือดอยู่ในช่วง 2.14-13.88 สำหรับร้อยละของผงสีที่สกัดแบบเย็นด้วยการแช่ในเหล้าหมักกลั่นอยู่ในช่วง 2.49-26.50 จากผลการทดลองเปรียบเทียบวิธีการสกัดทั้ง 2 วิธีจะเห็นว่า เมื่อสกัดสารสีธรรมชาติจากชิ้นส่วนของพืชแบบเย็นด้วยการแช่ในเหล้าหมักกลั่นนั้น จะได้ร้อยละของผงสีที่มากกว่าการสกัดแบบร้อนด้วยการต้มในน้ำเดือด เมื่อพิจารณาถึงระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดสีและทำให้เป็นผงสี โดยการระเหยน้ำ ออกแบบเปิดในเบื้องต้นและควบคุมอุณหภูมิไม่ให้สูงเกิน 60 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้สารละลายสีที่เข้มข้น แต่ยังไม่ถึงกับแห้ง ยังคงมีน้ำปนอยู่บ้าง หลังจากนั้นจึงนำสารละลายเข้มข้นดังกล่าวเทใส่ภาชนะแบน (ถาดสแตนเลส) และนำไปตากแดด ซึ่งอุณหภูมิ ณ แม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ในช่วงที่ทำการทดลองอยู่ในช่วง 38-40 องศาเซลเซียส พบว่าสารละลายสีจากการสกัดแบบร้อนด้วยการต้มในน้ำเดือดใช้เวลาในการทำให้แห้งอยู่ประมาณ 2-3 วัน ส่วนสารละลายสีที่ได้จากการสกัดแบบเย็นโดยแช่ในเหล้าหมักกลั่นใช้เวลาทำแห้งประมาณ 1.5-2 วัน ซึ่งเปรียบเทียบจากการใช้ปริมาณของวัตถุดิบและสารละลายสกัดที่เท่ากันแล้วนั้น การทดลองในเบื้องต้น การสกัดแบบเย็นโดยแช่ในเหล้าหมักกลั่นจะให้ค่าร้อยละของผงสี และใช้ระยะเวลาในการแปรรูปให้เป็นผงสีที่น้อยกว่า

#### - วิธีการสกัดสีจากพืชกลุ่มสีน้ำเงิน

สำหรับกระบวนการแปรรูปผงสีจากส้อมจะเป็นการสกัดแบบเย็นได้เพียงแบบเดียวและมีปฏิกิริยาเคมีเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยคงได้อธิบายไว้เบื้องต้น ซึ่งในการเตรียมผลิตผงสีจากส้อมสดดังนี้

#### - การเตรียมหม้อส้อม

การเตรียมจากเนื้อส้อม (indigo paste)

ส่วนประกอบสำคัญ

|                              |     |           |
|------------------------------|-----|-----------|
| 1. เนื้อส้อม (Indigo paste)  | 100 | กรัม      |
| 2. น้ำด่างขี้เถ้า (pH 11.95) | 100 | มิลลิลิตร |
| 3. น้ำมะขามเปียก (pH 2.52)   | 20  | มิลลิลิตร |

กวนของผสมให้เข้ากัน และทำการโຈก (การเติมอากาศ โดยการตักสารผสมขึ้นและเทกลับลงไปในภาชนะเดิม) ทำสักสองถึงสามครั้ง สังเกตลักษณะทางกายภาพที่เปลี่ยนแปลง เช่น สี ฟอง กลิ่น เป็นต้น พักส่วนประกอบทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาโดยสมบูรณ์ คือให้ indigo blue เกิดปฏิกิริยารีดักชันเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ indigo white ซึ่งสามารถสังเกตได้จากสีของสารละลาย และทำการวัดค่า pH หลังจากการเตรียมน้ำส้อม (แสดงในภาคผนวกที่ 2)

- การเตรียมหม้อต้มจากผงต้ม

ส่วนประกอบสำคัญ

|                            |     |           |
|----------------------------|-----|-----------|
| 1. ผงต้ม                   | 20  | กรัม      |
| 2. น้ำด่างจีต้า (pH 12.95) | 100 | มิลลิลิตร |
| 3. น้ำมะขามเปียก (pH 2.52) | 20  | มิลลิลิตร |

ทำการผสมผงต้มกับน้ำปูนใสให้มีลักษณะคล้ายนมเปรี้ยว แล้วเติมของผสมตามอัตราส่วนเดียวกับการก่อหม้อต้มแบบปกติ กวนของผสมให้เข้ากัน และทำการโຈ (การเติมอากาศ โดยการตักสารผสมขึ้นและเทกลับลงไปในภาชนะเดิม) ทำสองถึงสามครั้ง สังเกตลักษณะทางกายภาพที่เปลี่ยนแปลง เช่น สี ฟอง กลิ่น เป็นต้น พักของผสมทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาโดยสมบูรณ์ คือให้ indigo blue เกิดปฏิกิริยารีดักชัน เปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ indigo white ซึ่งสามารถสังเกตได้จากสีของสารละลาย และวัดค่า pH หลังจากการเตรียมน้ำต้ม

- ผลการสกัดและผลิตผงสีจากพืชกลุ่มสีน้ำเงิน

ตารางที่ 4 การสกัดสีจากใบต้ม

| วิธีการสกัด |                  |                  |                  |
|-------------|------------------|------------------|------------------|
| กลุ่มสี     | วัตถุดิบ         | น.น.วัตถุดิบ (g) | น.น.เนื้อต้ม (g) |
| น้ำเงิน     | ใบและกิ่ง (ต้ม)  | 100.0            | 28.01            |
|             | ใบและกิ่ง (คราม) | 100.0            | 27.80            |

- การเตรียมผงต้มจากเนื้อต้มทำได้โดยการนำเนื้อต้มที่ได้ ไปผึ่งแดดพอร่มแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 °C จนน้ำหนักคงที่

ตารางที่ 5 ร้อยละผลผลิตของต้มผง (จากเนื้อต้ม 50 กรัม)

| ตัวอย่าง          | ซ้ำ        | น้ำหนักเนื้อต้ม (g) | น้ำหนักแห้ง (g) |
|-------------------|------------|---------------------|-----------------|
| น้ำหนักต้ม        | ครั้งที่ 1 | 52.85               | 10.45           |
|                   | ครั้งที่ 2 | 50.60               | 10.11           |
| น้ำหนักเฉลี่ย (g) |            |                     | 10.28           |
| น้ำหนักคราม**     | -          | 50.25               | 10.11           |

ร้อยละผลผลิตของผงส้มคิดเป็น 20.27% โดยน้ำหนักของเนื้อส้ม (Indigo paste)

ร้อยละผลผลิตของผงครามคิดเป็น 20.12% โดยน้ำหนักของเนื้อคราม (Indigo paste)

#### 4.2 ลักษณะผงสีที่ได้และความสามารถในการละลายน้ำ

สังเกตลักษณะผงสีที่ได้หลังจากการทำแห้งแล้ว และนำมาทดสอบความสามารถในการละลายน้ำได้ ผลการทดสอบดังตารางที่ 6.

ตารางที่ 6 ลักษณะผงสีและความสามารถในการละลายน้ำ

| วิธีการสกัด | ต้มในน้ำเดือด 2 ชม.         |             |                                  | แช่ในเหล้าหมักกลั่น 1 คืน |             |                             |
|-------------|-----------------------------|-------------|----------------------------------|---------------------------|-------------|-----------------------------|
| วัตถุดิบ    | ผงสี                        | การละลายน้ำ | สีของสารละลาย                    | ผงสี                      | การละลายน้ำ | สีของสารละลาย               |
| แก่นฝาง     | ละเอียด, สีแดง-ส้ม          | ละลายได้    | แดง ขุ่นเล็กน้อย                 | ละเอียด, สีแดง            | ละลายได้    | แดงส้มใส                    |
| ครั้ง       | หยาบเล็กน้อย, สีแดงเลือดหมู | ละลายได้ดี  | แดงเข้ม ขุ่นมาก                  | ละเอียด, สีแดงเลือดหมู    | ละลายได้ดี  | แดงเข้ม ขุ่นเล็กน้อย        |
|             |                             |             |                                  |                           |             |                             |
| แก่นขนุน    | ละเอียด, สีเหลือง-น้ำตาล    | ละลายได้    | น้ำตาลผสมเหลืองอ่อน ขุ่นเล็กน้อย | ละเอียด, สีเหลือง         | ละลายได้    | เหลืองผสมน้ำตาล ใส          |
| ขมิ้นชัน    | ละเอียด, สีน้ำตาลเข้ม-แดง   | ละลายได้    | เหลืองค่อนน้ำตาลอ่อน ขุ่น        | ละเอียด, สีน้ำตาลเข้ม     | ละลายได้    | เหลืองปนน้ำตาล ขุ่นเล็กน้อย |
|             |                             |             |                                  |                           |             |                             |
| ส้ม         | ละเอียด, สีน้ำเงินเข้ม      | ไม่ละลาย    | -                                | -                         | -           | -                           |

ผงสีที่ได้จากการสกัดของพืชให้สีทั้ง 4 ชนิด เป็นผงละเอียดและสามารถละลายน้ำกลับได้ โดยผงสีจากครั้งจะละลายน้ำได้ดีที่สุด แต่เมื่อนำไปให้ความร้อนความสามารถในการละลายของผงสีจากการสกัดวัตถุดิบของพืชทุกชนิดจะมีความสามารถในการละลายน้ำได้ดีมากขึ้น แต่ก็ยังคงมีบางส่วนที่ไม่สามารถละลายน้ำกลับไปได้ โดยลักษณะของสารละลายของผงสีที่ได้จากการสกัดแบบร้อนด้วยการต้มในน้ำเดือดจะมีลักษณะที่ขุ่นเล็กน้อยถึงขุ่นมาก ในขณะที่ผงสีที่ได้จากการสกัดแบบเย็นด้วยการแช่ในเหล้าหมักกลั่นจะได้สารละลายสีที่มีความใสมากกว่า นั้นหมายความว่าเมื่อนำสารละลายสีจากการละลายผงสีที่ได้จากพืชที่สกัดแบบเย็นด้วยการแช่ในเหล้าหมักกลั่นจะมีสิ่งเจือปนบนเนื้อผ้าในขณะย้อมผ้าน้อยกว่า ส่วนความเข้มของสีบนเนื้อผ้าที่ย้อมจะขึ้นกับความเข้มข้นของสารละลายสี อัตราส่วนของสารช่วยย้อม การปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลายสี

#### 4.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของสารละลายจากผงสี

ทดสอบหาร้อยละปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solids) และค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของสารละลายจากผงสีที่สกัดได้จากพืชให้สีในกลุ่มสีต่างๆ

##### 1. วิธีการทดสอบหาร้อยละปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

ชั่งน้ำหนักผงสีที่ได้จากการสกัดในข้อ 4.1.1 น้ำหนัก 0.65 g ละลายในน้ำ 65 มิลลิลิตร (ใช้อัตราส่วนในการละลายกลับของผงสีต่อน้ำเป็น 1:10 ตามปริมาณอัตราส่วนเริ่มแรกในการสกัด) หลังจากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปอุ่นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที กรองของแข็งที่เหลือที่ไม่ละลายด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 หลังจากนั้นนำส่วนกระดาษกรองไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนตะกอนบนกระดาษกรองแห้ง นำมาชั่งหาน้ำหนักส่วนของของแข็งที่ไม่ละลาย และคำนวณเป็นร้อยละของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของผงสี แสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 7 ส่วนของสารละลายสีที่ละลายน้ำให้นำไปศึกษากระบวนการย้อมสีเส้นใยฝ้ายเบื้องต้นในข้อต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 2 (2)-(3) (ในภาคผนวกที่ 1) โดยเปรียบเทียบสีที่ย้อมติดบนเส้นใยฝ้ายด้วยสารสกัดสดที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการแปรเป็นผงสี ดังรูปที่ 2 (1) (ในภาคผนวกที่ 1)

ตารางที่ 7 ร้อยละปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

| กลุ่มสี | ตัวอย่างพืช | ผงสีที่ได้จาก<br>การสกัดด้วยตัว<br>ทำละลาย | น้ำหนักผงสี<br>ทั้งหมด<br>(กรัม) | น้ำหนัก<br>ของแข็งที่ไม่<br>ละลายน้ำ<br>(กรัม) | ร้อยละของแข็ง<br>ที่ละลายน้ำได้ |
|---------|-------------|--------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------|
| แดง     | ครึ่ง       | น้ำ                                        | 0.65                             | 0.09                                           | 86.15                           |
|         |             | เหล้ากลั่น                                 | 0.65                             | 0.13                                           | 80.00                           |
|         | ฝาง         | น้ำ                                        | 0.65                             | 0.33                                           | 49.23                           |
|         |             | เหล้ากลั่น                                 | 0.65                             | 0.29                                           | 55.38                           |
| เหลือง  | แก่นขนุน    | น้ำ                                        | 0.65                             | 0.22                                           | 66.15                           |
|         |             | เหล้ากลั่น                                 | 0.65                             | 0.22                                           | 66.15                           |
|         | ขมิ้นชัน    | น้ำ                                        | 0.65                             | 0.34                                           | 47.69                           |
|         |             | เหล้ากลั่น                                 | 0.65                             | 0.18                                           | 72.30                           |

ในการทดลองหาร้อยละปริมาณของแข็งที่สามารถละลายน้ำได้ทั้งหมดหรือก็คือความสามารถในการละลายน้ำกลับของผงสีที่เตรียมได้จากการสกัดสีจากวัตถุดิบธรรมชาติ ที่ให้สีจากวิธีการสกัดทั้งสองวิธี คือ การสกัดร้อนด้วยน้ำร้อนและการสกัดเย็นด้วยเหล้ากลั่น (50%เอทานอลโดยประมาณ) จากครึ่ง แก่นฝาง แก่นขนุน และขมิ้นชัน จากผลการทดลองหาค่าความสามารถในการละลายน้ำกลับของวัตถุดิบทั้ง 4 ชนิด อยู่ในช่วงร้อยละ 47-86% โดยพบว่าผงสีที่ได้จากการสกัดด้วยเหล้ากลั่นส่วนใหญ่จะสามารถละลายกลับในน้ำได้ดีกว่าผงสีที่ได้จากกระบวนการสกัดด้วยน้ำร้อน ยกเว้นผงสีจากครึ่งที่ได้จากการสกัดด้วยน้ำร้อนมีค่าการละลายกลับในน้ำได้ดีกว่า ส่วนลักษณะสีและความเข้มของสารละลายที่ได้จากการละลายของผงสีเทียบกับสีเดิมก่อนนำเข้าสู่กระบวนการผลิตผงสี พบว่าความเข้มสีของสารละลายจะลดลงทุกตัวและมีสีที่ผิดเพี้ยนไปจากเดิม ยกเว้นสารสกัดจากครึ่งจากทั้งการสกัดร้อนและเย็นที่ให้สีของสารละลายไม่แตกต่างกันมากนัก

ในส่วนของผงอ้อมมีลักษณะเป็นผงสีน้ำเงินเข้ม ซึ่งอยู่ในรูปอินดิโกบลู ซึ่งเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำแต่สามารถละลายได้ในตัวทำละลายอื่นๆ เช่น คลอโรฟอร์ม และกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ในขั้นตอนการเตรียมสีย้อมจากผงอ้อมจะทำการเปลี่ยนอินดิโกบลูซึ่งไม่ละลายน้ำเป็นอินดิโกไวท์ที่ละลายน้ำได้โดยการทำปฏิกิริยารีดักชันด้วยสารละลายด่างในน้ำโซเดียมไฮดรอกไซด์(KOH) และปูนขาว(Ca(OH)<sub>2</sub>) เป็นตัวรีดิวซ์

## 2. ทดสอบความเป็นกรด-เบสของสารละลายจากผงสี

นำสารละลายส่วนที่ละลายน้ำได้ทดสอบหาค่า pH ด้วยเครื่อง pH-meter ให้ผลดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของสารละลายผงสีเทียบกับสารสกัดสีก่อนการแปรรูปเป็นผงสี

| สารละลาย                                        | ค่า pH ของสารละลาย |      |               |          |
|-------------------------------------------------|--------------------|------|---------------|----------|
|                                                 | กลุ่มสีแดง         |      | กลุ่มสีเหลือง |          |
|                                                 | ครั้ง              | ฝาง  | แก่นขนุน      | ขมิ้นชัน |
| สารสกัดสีจากพืชให้สี<br>(ยังไม่แปรรูปให้เป็นผง) | 4.67               | 5.25 | 4.92          | 6.82     |
| ผงสีจากการสกัดด้วยน้ำ                           | 4.97               | 5.90 | 5.48          | 7.40     |
| ผงสีจากการสกัดด้วยเหล้ากลั่น                    | 4.75               | 5.10 | 4.74          | 6.93     |

เมื่อนำผงสีที่ผลิตได้ไปละลายน้ำแล้วนำมาทดสอบค่าความเป็นกรด-เบส (ค่า pH) ของสารละลายจากวัตถุดิบทั้ง 4 ชนิด เทียบกับสารสกัดก่อนการแปรรูปให้เป็นผง ได้ค่า pH ดังตารางที่ 8 จากผลการวัดค่า pH ของสารละลายในสารกลุ่มสีแดง (ครั้ง และฝาง) สารละลายมีความเป็นกรดเล็กน้อยในช่วง pH 4.67-4.97 และ 5.10-5.90 สำหรับสารละลายสีแดงจากครั้งและฝางตามลำดับ ซึ่งสารละลายจากการละลายกลับของผงสีทั้ง 2 ชนิดให้ค่า pH ที่ไม่แตกต่างกันเมื่อเทียบกับสารสกัดเดิม ส่วนสารละลายในกลุ่มสารสีเหลืองจะให้ค่าความเป็นกรดเล็กน้อยสำหรับแก่นขนุน และเป็นกลางสำหรับขมิ้นชัน โดยมีค่า pH ในช่วง 4.74-5.48 และ 6.82-7.40 สำหรับสารละลายจากการสกัดแก่นขนุนและขมิ้นชันตามลำดับ และพบว่าสารละลายที่ได้จากการละลายกลับของผงสีจากการสกัดด้วยน้ำร้อน จะมีค่า pH เพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากเดิมเมื่อเทียบกับสารสกัดเดิม ในขณะที่ผงสีที่สกัดแบบเย็นด้วยเหล้ากลั่นเมื่อละลายน้ำแล้วยังคงให้ค่า pH ใกล้เคียงกับสารสกัดเดิม

#### 4.4 ผลการศึกษากระบวนการย้อมสีเส้นใยฝ้าย ด้วยผงสีที่ได้จากการสกัดพืชให้สีเบื้องต้น

##### 4.4.1 การเตรียมเส้นใยฝ้ายก่อนการย้อม

ตัดแบ่งเส้นใยฝ้ายให้มีน้ำหนัก 1.00 กรัมโดยประมาณต่อมัด ดังรูปที่ 3 (ในภาคผนวกที่ 1) แล้วนำเส้นใยฝ้ายแช่ในน้ำสบู่ในอัตราส่วนวัสดุต่อน้ำ (Liquor ratio, LR) เท่ากับ 1: 20 โดยน้ำหนักเส้นใยต่อน้ำหนักน้ำ เป็นเวลา 60 นาที จากนั้นล้างเส้นใยฝ้ายด้วยน้ำสะอาดและนำขึ้นตากให้พอหมาดที่อุณหภูมิห้อง แล้วจึงนำไปย้อมในขั้นตอนต่อไป

##### 4.4.2 ขั้นตอนการย้อมเส้นใยฝ้ายและผลการย้อมเส้นใยฝ้ายด้วยสีแดงจากครั่ง

###### - เตรียมส่วนผสมของสีย้อม

เตรียมสารละลายสีย้อมครั้งดังรูปที่ 4 (ก) ในภาคผนวกที่ 1 ให้มีปริมาณของสารส้ม 5 % w/w และ 20% w/v ของน้ำมะขาม 10% w/w (ต่อน้ำหนักเส้นใยฝ้าย) โดยการชั่งสารส้ม 0.10 g ละลายในน้ำสีผสมระหว่างสารละลายสีครั้งปริมาณ 54 มิลลิลิตร กับน้ำมะขาม 20 %w/v (เตรียมจาก มะขามเปียก น้ำหนัก 20 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร) ปริมาตร 6 มิลลิลิตร สำหรับการย้อมเส้นใยฝ้าย 2 กรัม

###### - ขั้นตอนการย้อม

อุ่นสารละลายผสมสีครั้งที่เตรียมไว้โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นทำการทดลองย้อมเส้นใยฝ้ายด้วยการนำเส้นใยฝ้ายที่เตรียมในข้อ 1 จำนวน 2 มัด ลงในน้ำย้อมสีครั้งที่เตรียมไว้ปริมาณ 60 มิลลิลิตร ดังรูปที่ 4 (ข) ในภาคผนวกที่ 1 (ใช้อัตราส่วนปริมาณ น้ำหนักเส้นใย : น้ำย้อมเป็น 1:30) เวลาที่ใช้ในการย้อมนาน 30 นาที โดยให้ความร้อนคงที่ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำเส้นใยฝ้ายมาล้างน้ำสะอาดและผึ่งเส้นใยให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

-ในการทดลองย้อมเส้นใยฝ้ายด้วยสีแดงจากสารสกัดจากครั่งจะทำการย้อมเปรียบเทียบสีย้อมจากสารสกัดจากครั่งที่ยังไม่แปรรูปเป็นผง และสารละลายสีย้อมจากการละลายกลับของผงสีที่ได้จากการสกัดด้วยน้ำและเหล้ากลั่น

###### -ผลการย้อมเส้นใยฝ้ายด้วยสีแดงจากครั่ง

รูปที่ 5 ในภาคผนวกที่ 1 แสดงผลการย้อมเส้นใยฝ้ายด้วยสีแดงจากสีย้อมครั้ง ด้วยกระบวนการย้อมดังกล่าวข้างต้น ซึ่งเป็นผลจากการย้อม 1 ครั้ง จากลักษณะสีที่สังเกตได้บนเส้นใยฝ้ายด้วยการย้อมในสีย้อมจากสารสกัดโดยตรงที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นผงจะให้สีแดงที่เข้มและสดกว่าสารสีย้อมที่ได้จากการละลายกลับของผงสี นอกจากนี้จะสังเกตเห็นค่าการกระจายของสีบนเส้นใยฝ้ายสม่ำเสมอกว่าอีกด้วย ในขณะที่ผลการย้อมด้วยสารสีย้อมจากการละลายผงสีแดงของครั้งที่ผลิตได้จาก

การสกัดร้อนจะให้สีแดงที่หม่นกว่า ส่วนการย้อมด้วยผงสีที่ได้จากการสกัดเย็นจะให้สีที่ค่อนข้างชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามหากต้องการให้สีเข้มขึ้นสามารถทำการย้อมซ้ำได้ เพื่อให้เจดสีที่ต้องการ

#### 4.4.3 ขั้นตอนการย้อมเส้นใยฝ้ายและผลการย้อมเส้นใยฝ้ายด้วยสีแดงจากฝาง

##### - เตรียมส่วนผสมของสีย้อม

เตรียมสารละลายสีย้อมจากฝาง ดังรูปที่ 6 (ก) ในภาคผนวกที่ 1 โดยการชั่งเกลือแกง (NaCl) 1 กรัม เป็นตัวช่วยให้ดสีละลายในน้ำสีย้อมสารฝาง 50 มิลลิลิตร สำหรับการย้อมเส้นใยฝ้าย 2 กรัม

##### - ขั้นตอนการย้อม

อุ่นสารละลายผสมสีฝางที่เตรียมไว้โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นทำการทดลองย้อมเส้นใยฝ้ายด้วยการนำเส้นใยฝ้ายที่เตรียมในข้อ 1 จำนวน 2 มัด ลงในน้ำย้อมสีที่เตรียมไว้ปริมาณ 50 มิลลิลิตร ดังรูปที่ 6 (ข) ในภาคผนวกที่ 1 (ใช้อัตราส่วนขั้นต่ำของปริมาณน้ำหนักเส้นใย:น้ำย้อมเป็น 1:20) เวลาที่ใช้ในการย้อมนาน 30 นาที โดยให้ความร้อนคงที่ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จากนั้นนำเส้นใยฝ้ายขึ้นล้างด้วยน้ำ สะอาดแล้วจึงแช่ในสารละลายช่วยติดสี (ใช้สารส้ม 15 กรัมต่อลิตร) ดังรูปที่ 6 (ค) ในภาคผนวกที่ 1 นาน 15 นาที เมื่อใช้สารส้มและจุนสี เป็นสารช่วยติดสี สีที่ได้มีความคงทนของสีต่อแสงและการซักระดับดีมาก และดีตามมาตรฐานอุตสาหกรรม หลังจากนั้นนำเส้นใยฝ้ายมาล้างน้ำสะอาดและผึ่งเส้นใยให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

- ในการทดลองย้อมเส้นใยฝ้ายด้วยสีแดงจากสารสกัดจากฝางจะทำการย้อมเปรียบเทียบสีย้อมจากสารสกัดจากครั้งที่ยังไม่แปรรูปเป็นผง และสารละลายสีย้อมจากการละลายกลับของผงสีที่ได้จากการสกัดด้วยน้ำและเหล้ากลั่น

##### - ผลการย้อมเส้นใยฝ้ายด้วยสีแดงจากฝาง

รูปที่ 7 ในภาคผนวกที่ 1 แสดงผลการย้อมเส้นใยฝ้ายด้วยสีแดงจากสีย้อมฝาง ด้วยกระบวนการย้อมดังกล่าวข้างต้น ซึ่งเป็นผลจากการย้อม 1 ครั้ง จากลักษณะสีที่สังเกตได้บนเส้นใยฝ้ายด้วยการย้อมในสีย้อมจากสารสกัดโดยตรงที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นผงจะให้สีออกโทนส้มมากกว่าสีแดง และมีความสดใสมากกว่าสารสีย้อมที่ได้จากการละลายกลับของผงสี ในขณะที่ผลการย้อมเส้นใยฝ้ายด้วยสารละลายจากผงสีแดงจากฝางที่ผลิตได้จากการสกัดร้อนจะให้สีออกแดงโทนน้ำตาลและหม่น ส่วนการย้อมด้วยผงสีที่ได้จากการสกัดเย็นจะให้สีแดงออกชมพูชัดเจน แต่ลักษณะการกระจายตัวของสีบน

เส้นใยฝ้ายจะมีลักษณะการกระจายของสปีบนเส้นใยฝ้ายสม่ำเสมอกว่าสีย้อมจากครั้ง แต่อย่างไรก็ตาม หากต้องการให้สีเข้มขึ้นสามารถทำการย้อมซ้ำได้ เพื่อให้เจดสีที่ต้องการ

#### 4.4.4 ขั้นตอนการย้อมเส้นใยฝ้ายและผลการย้อมเส้นใยฝ้ายด้วยสีเหลืองจากแก่นขนุน

ขั้นตอนการเตรียมและการย้อมจะเหมือนกับการย้อมด้วยสีจากฝาง และในการทดลองย้อมเส้นใยฝ้ายด้วยสีเหลืองจากสารสกัดจากแก่นขนุนจะทำการย้อมเปรียบเทียบสีย้อมจากสารสกัดจากแก่นขนุนที่ยังไม่แปรรูปเป็นผง และสารละลายสีย้อมจากการละลายกลับของผงสีที่ได้จากการสกัดด้วยน้ำและเหล้ากลั่น สารผสมสีย้อมที่ได้มีลักษณะดังรูปที่ 8 (ก)-(ค) ในภาคผนวกที่ 1

- ผลการย้อมเส้นใยฝ้ายด้วยสีเหลืองจากแก่นขนุน

รูปที่ 9 ในภาคผนวกที่ 1 แสดงผลการย้อมเส้นใยฝ้ายด้วยสีเหลืองจากสีย้อมแก่นขนุน ด้วยกระบวนการย้อมดังกล่าวข้างต้น ซึ่งเป็นผลจากการย้อม 1 ครั้ง จากลักษณะสีที่สังเกตได้บนเส้นใยฝ้ายด้วยการย้อมในสีย้อมจากสารสกัดโดยตรงที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นผงและจากการย้อมด้วยสารละลายกลับของผงสีที่ได้จากการสกัดเย็นจะให้สีเหลืองในระดับสีที่ใกล้เคียงกัน ในขณะที่ผลการย้อมเส้นใยฝ้ายด้วยสารละลายสีย้อมจากผงสีเหลืองจากแก่นขนุนที่ผลิตได้จากการสกัดร้อนจะให้สีเหลืองอ่อน แต่การย้อมด้วยสีย้อมทั้งสามแบบให้ลักษณะการกระจายตัวของสปีบนเส้นใยฝ้ายสม่ำเสมอ แต่อย่างไรก็ตามหากต้องการให้สีเข้มขึ้นสามารถทำการย้อมซ้ำได้ เพื่อให้เจดสีที่ต้องการ

#### 4.4.5 ขั้นตอนการย้อมเส้นใยฝ้ายและผลการย้อมเส้นใยฝ้ายด้วยสีเหลืองจากขมิ้นชัน

- เตรียมส่วนผสมของสีย้อม

เตรียมสารละลายสีย้อมผสม ดังรูปที่ 10 (ก) ในภาคผนวกที่ 1 ซึ่งประกอบด้วย น้ำสีย้อม 24 มิลลิลิตร สารส้ม (60 กรัม/ลิตร) 12 มิลลิลิตรและโซเดียมคาร์บอเนต ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 20 กรัม/ลิตร) 4 มิลลิลิตร สำหรับการย้อมเส้นใยฝ้าย 2 กรัม

- ขั้นตอนการย้อม

อุ่นสารละลายผสมสีขมิ้นที่เตรียมไว้โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นทำการทดลองย้อมเส้นใยฝ้ายด้วยการนำเส้นใยฝ้ายที่เตรียมในข้อ 1 จำนวน 2 มัด ลงในน้ำย้อมสีครั้งที่เตรียมไว้ปริมาณ 60 มิลลิลิตร ดังรูปที่ 10 (ข) ในภาคผนวกที่ 1 (ใช้อัตราส่วนปริมาณน้ำหนักเส้นใย: น้ำย้อมเป็น 1:20) เวลาที่ใช้ในการย้อมนาน 30 นาที โดยให้ความร้อนคงที่ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จากนั้นนำเส้นใยฝ้ายขึ้นล้างด้วยน้ำ สะอาดแล้วจึงแช่ในสารละลายช่วยติดสี (ใช้สารส้ม 15 กรัมต่อลิตร) ดังรูปที่ 10 (ค) ในภาคผนวกที่ 1 นาน 15 นาที หลังจากนั้นนำเส้นใยฝ้ายมาล้างน้ำสะอาดและผึ่งเส้นใยให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

-ในการทดลองย้อมเส้นใยฝ้ายด้วยสีเหลืองจากสารสกัดจากขมิ้นจะทำการย้อมเปรียบเทียบสี  
ย้อมจากสารสกัดจากครั้งที่ยังไม่แปรรูปเป็นผง และสารละลายสีย้อมจากการละลายกลับของผงสีที่ได้  
จากการสกัดด้วยน้ำและเหล้ากลั่น

- ผลการย้อมเส้นใยฝ้ายด้วยสีเหลืองจากขมิ้นชัน

รูปที่ 11 ในภาคผนวกที่ 1 แสดงผลการย้อมเส้นใยฝ้ายด้วยสีเหลืองจากขมิ้นชัน ด้วย  
กระบวนการย้อมดังกล่าวข้างต้น ซึ่งเป็นผลจากการย้อม 1 ครั้ง จากลักษณะสีที่สังเกตได้บนเส้นใยฝ้าย  
ด้วยการย้อมในสีย้อมจากสารสกัดโดยตรงที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นผงจะให้สีเหลืองทอง  
สดใสน่าดู และระดับความเข้มของสีลดลงเมื่อย้อมด้วยสีย้อมจากการละลายกลับของผงสีที่ผลิตได้จากการ  
สกัดแบบเย็น และเมื่อย้อมด้วยสารละลายสีย้อมจากการละลายกลับของผงสีที่ผลิตจากการสกัดแบบ  
ร้อนจะให้สีเหลืองอ่อนและลักษณะการกระจายสีไม่สม่ำเสมอเมื่อเทียบกับการย้อมในสารสกัดที่  
เพิ่งย้อมเสร็จใหม่ๆ แต่อย่างไรก็ตามหากต้องการให้สีเข้มข้นขึ้นสามารถทำการย้อมซ้ำได้ เพื่อให้เจดสีที่  
ต้องการ

#### 4.4.6 ขั้นตอนการย้อมเส้นใยฝ้ายและผลการย้อมเส้นใยฝ้ายด้วยสีน้ำเงินจากฮ่อม

- การเตรียมหม้อฮ่อม

1) การเตรียมจากเนื้อฮ่อม (indigo paste)

ส่วนประกอบสำคัญ

|                              |     |           |
|------------------------------|-----|-----------|
| 1. เนื้อฮ่อม (Indigo paste)  | 100 | กรัม      |
| 2. น้ำด่างขี้เถ้า (pH 11.95) | 100 | มิลลิลิตร |
| 3. น้ำมะขามเปียก (pH 2.52)   | 20  | มิลลิลิตร |

กวนของผสมให้เข้ากัน และทำการโຈ (เติมอากาศโดยการตักสารผสมขึ้นและเทกลับลงไป)  
สองถึงสามครั้ง สังเกตลักษณะทางกายภาพที่เปลี่ยนแปลง เช่น สี ฟอง กลิ่น เป็นต้น พักไว้ให้  
เกิดปฏิกิริยาโดยสมบูรณ์ คือให้ indigo blue เกิดปฏิกิริยารีดักชัน เป็นไปอยู่ในรูป indigo white ซึ่ง  
สามารถสังเกตได้จากสีของสารละลาย และวัดค่า pH หลังจากการเตรียมน้ำฮ่อม และน้ำขี้เถ้าจะทำให้  
ได้สารผสมมี pH ประมาณ 12.45<sup>1</sup> และต้องทำการเติมอากาศเข้า เย็น ครั้งละ 2-3 ครั้งโดยค่า pH จะค่อย  
ๆ ลดลง ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมแก่การย้อมจะมี pH ประมาณ 10.5 – 11<sup>2</sup>

หมายเหตุ: <sup>1</sup> pH อาจเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับ pH เริ่มต้นของเนื้อฮ่อม ซึ่งมีปฏิกิริยาปฏิกิริยา

<sup>2</sup> pH มีการเปลี่ยนแปลงได้ตามค่าของน้ำด่างขี้เถ้าและน้ำมะขาม

นอกจากการวัดค่า pH แล้ว ต้องสังเกตลักษณะของน้ำข้อมด้วย หม้อข้อมที่พร้อมในการข้อมสีจะมีน้ำสีเหลืองอมเขียว ฟองต้องเป็นสีน้ำเงิน และต้องไม่ยุบตัว

## 2) การเตรียมหม้อข้อมจากผงข้อม

ส่วนประกอบสำคัญ

|                             |     |           |
|-----------------------------|-----|-----------|
| 1. ผงข้อม                   | 20  | กรัม      |
| 2. น้ำด่างซีเถ้า (pH 12.95) | 100 | มิลลิลิตร |
| 3. น้ำมะขามเปียก (pH 2.52)  | 20  | มิลลิลิตร |

ผสมผงข้อมกับน้ำปูนใสให้มีลักษณะคล้ายข้อมเปียก แล้วเติมของผสมตามอัตราส่วนเดียวกับการก่อหม้อข้อมแบบปกติ กวนของผสมให้เข้ากัน และทำการ โຈก (เติมอากาศโดยการตักสารผสมขึ้นและเทกลับลงไป) สองถึงสามครั้ง สังเกตลักษณะทางกายภาพที่เปลี่ยนแปลง เช่น สี ฟอง กลิ่น เป็นต้น พักไว้ให้เกิดปฏิกิริยาโดยสมบูรณ์ คือให้ indigo blue เกิดปฏิกิริยารีดักชัน เป็นไปอยู่ในรูป indigo white ซึ่งสามารถสังเกตได้จากสีของสารละลาย และวัดค่า pH หลังจากการเตรียมน้ำข้อม และน้ำซีเถ้าจะทำให้ได้สารผสมมี pH ประมาณ 12.42<sup>1</sup> และต้องทำการเติมอากาศเข้า เย็น ครั้งละ 2-3 ครั้งโดยค่า pH จะค่อยๆ ลดลง ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมแก่การข้อมจะมี pH ประมาณ 10.5 – 11<sup>2</sup>

หมายเหตุ : <sup>1</sup> pH อาจเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับ pH เริ่มต้นของเนื้อข้อมซึ่งมีปูนขาวปนอยู่

<sup>2</sup> pH มีการเปลี่ยนแปลงได้ตามค่าของน้ำด่างซีเถ้าและน้ำมะขาม

นอกจากวัดค่า pH แล้วต้องสังเกตลักษณะของน้ำข้อมด้วย หม้อข้อมที่พร้อมในการข้อมสีจะมีสีเหลืองอมเขียว ฟองต้องเป็นสีน้ำเงิน และต้องไม่ยุบตัว (แสดงในภาคผนวกที่ 3 และ 4)

### - การข้อมหม้อข้อม

เตรียมเส้นใยก่อนข้อมโดยการแช่น้ำเพื่อทำความสะอาด และทำให้เส้นใยชุ่มน้ำเพื่อการช่วยให้สีข้อมเข้าสู่เส้นใยดีขึ้น

### - ผลการข้อมเส้นใยฝ้ายด้วยสีน้ำเงินจากข้อม

การเตรียมน้ำข้อมจากเนื้อข้อมและผงข้อม จะทำการเตรียมโดยใช้อัตราส่วนเดียวกัน กวนของผสมตามอัตราส่วนคือผงข้อม หรือเนื้อข้อม น้ำด่างซีเถ้า และน้ำมะขามเปรี้ยว พักไว้ให้เกิดปฏิกิริยาโดยสมบูรณ์ คือให้ indigo blue เกิดปฏิกิริยารีดักชัน เป็นไปอยู่ในรูป indigo white ซึ่งสามารถสังเกตได้จากสีของสารละลาย และวัดค่า pH หลังจากการเตรียมน้ำข้อม และน้ำซีเถ้าจะทำให้ได้สารผสมมี pH ประมาณ 12.45 และต้องทำการเติมอากาศในช่วงเช้าและช่วงเย็น โดยค่า pH จะค่อยๆ ลดลง ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมแก่การข้อมจะมี pH ประมาณ 10.5 – 11 จากผลการทดลองพบว่าหลังจากทิ้งของผสมไว้ 6-8 ชั่วโมง สารละลายเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีเขียวปนเหลืองและ ค่า pH ลดลงจึงทำการทดลองข้อมปรากฏว่าสามารถข้อมติดสีได้ผลการข้อมดังแสดงในภาคผนวกที่ 4

#### 4.4.7 ค่า pH ของน้ำสีย้อมผสม

เมื่อผสมสารสีย้อมตามข้อ 4.4.2-4.4.5 แล้วนำมาวัดค่าความเป็นกรด-เบส (ค่า pH) ได้ผลดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของสารละลายสีย้อมผสม

| สารละลาย                                        | ค่า pH ของสารละลายผสม |      |          |          |
|-------------------------------------------------|-----------------------|------|----------|----------|
|                                                 | ครึ่ง                 | ฝาง  | แก่นขนุน | ขมิ้นชัน |
| สารสกัดสีจากพืชให้สี<br>(ยังไม่แปรรูปให้เป็นผง) | 3.07                  | 5.75 | 5.89     | 3.96     |
| ผงสีจากการสกัดด้วยน้ำ                           | 2.88                  | 5.78 | 6.32     | 3.91     |
| ผงสีจากการสกัดด้วยเหล้ากลั่น                    | 2.85                  | 5.34 | 5.83     | 3.92     |

ในการย้อมสีธรรมชาตินั้นจะมีการเติมมอร์แดนท์และสารช่วยติดสีลงไป เพื่อช่วยให้สีติดบนเส้นใยอินทรีย์ได้ดีขึ้นและติดทนนาน รวมถึงเป็นการปรับเฉดสีของสีย้อมอีกด้วย ในการปรับอัตราส่วนของสารที่เติมลงไปในนั้นจะมีผลต่อค่า pH ของสีย้อม ดังนั้นเราจึงสามารถตรวจสอบสถานะโดยทั่วไปในการเตรียมสารละลายในแต่ละครั้งให้อยู่ในสถานะเดิมหรือใกล้เคียงกันได้จากการวัดค่า pH ของสารละลายหลังจากที่ได้เติมส่วนผสมต่างๆ ซึ่งจากผลการวัดค่า pH ของสารละลายผสมตามอัตราส่วนตามข้อ 3.4.2-3.4.5 โดยเปรียบเทียบสารละลายผสมสีย้อมจากวัตถุดิบชนิดเดียวกัน พบว่าสารละลายของสีย้อมทั้งสีย้อมจากสารสกัดเดิมหรือสารสีย้อมจากการละลายกลับจากผงสีที่ผลิต เมื่อมีการเติมสารช่วยย้อมต่างๆแล้วให้ค่า pH ที่ไม่แตกต่างกัน ดังแสดงผลในตารางที่ 9 สารสีย้อมสีแดงจากครึ่งและฝางมีค่า pH อยู่ในช่วง 2.85-3.07 และ 5.34-5.78 ตามลำดับ และสารสีย้อมสีเหลืองจากแก่นขนุนและขมิ้นชันมีค่า pH ในช่วง 5.82-6.32 และ 3.92-3.96 ตามลำดับ

#### 4.4.8 ทดสอบเอกลักษณ์เบื้องต้นของสารสกัดด้วยวิธีสเปกโตรเมตรี

ทำการตรวจสอบองค์ประกอบโดยรวมของสารสีย้อมที่สกัดได้และสารสีย้อมจากการละลายกลับของผงสี ด้วยการสังเกตลักษณะการดูดกลืนแสงของสารละลายสีย้อมทั้งในช่วงยาวคลื่นตั้งแต่

200-500 nm โดยใช้เครื่อง spectrophotometer จากการวิเคราะห์ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 12-15 ในภาคผนวกที่ 1

จากรูปที่ 12-15 ในภาคผนวกที่ 1 เป็นผลการวิเคราะห์การดูดกลืนช่วงแสงของสารสีข้อมในการทดลองนี้ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบองค์ประกอบโดยรวมของสารละลายสีข้อมจากการละลายกลับของผงสีที่ผลิตได้จากการสกัดแบบร้อนและแบบเย็นว่ามีความแตกต่างจากสารสกัดสีจากวัตถุดิบโดยตรงที่ไม่ผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นผงสีหรือไม่ จากผลการทดลองจะเห็นได้ชัดเจนในส่วนของการละลายสีข้อมจากการละลายกลับของผงสีที่ผลิตได้จากการสกัดแบบเย็น(ให้เหล้ากลั่น) ดังรูป 12 (ค) – 15 (ค) จะให้สเปกตรัมที่แตกต่างกับสเปกตรัมของสารสกัดเดิม (ควบคุม) ในรูป 12 (ก) – 15 (ก) อย่างชัดเจนในช่วงความยาวคลื่นที่ 200-300 nm แสดงให้เห็นว่าในสารละลายมีองค์ประกอบของสารเคมีแตกต่างกัน ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องจากการใช้ตัวทำละลายในการสกัดที่ต่างกัน ในขณะที่ผลสเปกตรัมของสีข้อมที่ได้จากการละลายกลับของผงสีที่ผลิตได้จากการสกัดแบบร้อน (ใช้น้ำร้อนสกัด) ในช่วงความยาวคลื่นที่ 200-300 nm ไม่แตกต่างกันมากนักสำหรับสารละลายสีข้อมของครั้ง ดังแสดงในรูป 12 (ก)-(ข) แต่สำหรับสารละลายสีข้อมอื่นๆ ในรูป 13 (ก)-(ข), 14 (ก)-(ข) และ 15 (ก)-(ข) จะสังเกตเห็นบางช่วงของความยาวคลื่นที่แตกต่างกัน นั้นหมายความว่าในสารละลายสีข้อมของผงสีที่สกัดแบบร้อนมีองค์ประกอบสารบางชนิดแตกต่างกันหรืออาจเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือสลายไปเมื่อให้ความร้อนแก่สารละลาย ซึ่งจากผลการทดลองนี้ให้ผลสนับสนุนว่าเหตุใดสีบนเส้นใยฝ้ายที่ข้อมด้วยสารสีข้อมจากผงสีที่ผลิตด้วยการสกัดแบบร้อน ให้สีที่เพี้ยนจากสีเดิมมากกว่าผงสีจากการสกัดแบบเย็น

#### 4.5 ผลการศึกษาหาอัตราส่วนของผงสีข้อมที่เหมาะสมในการย้อมสีเส้นใยฝ้าย และเส้นใยเฮมพ์

จากการศึกษากระบวนการย้อมสีในข้อที่ 4.4 นำวิธีการย้อมจากกระบวนการย้อมที่ได้มาทำการทดลองเพื่อหาอัตราส่วนของผงสีสารช่วยย้อมและสารที่ช่วยให้สีติด ในการย้อมสีเส้นใยธรรมชาติ ได้แก่ เส้นใยฝ้าย และเส้นใยเฮมพ์

##### 4.5.1 การเตรียมน้ำสีข้อมจากพืชในกลุ่มสีแดงและกลุ่มสีเหลือง

- เตรียมจากวัตถุดิบโดยตรง

ชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ (ครั้ง, แก่นฝาง, แก่นขนุน และขมิ้นชัน) 200 g และสกัดแบบร้อนหรือสกัดด้วยน้ำร้อนดังรายละเอียดในข้อที่ 3.3.1 นำน้ำสีข้อมที่ได้มาปรับปริมาตรให้ครบ 2,000 มิลลิลิตร

- เตรียมจากผงสีสกัด

เนื่องจากเมื่อพิจารณาผลการทดลองหาร้อยละของผงสีที่สกัดได้ (จากผลข้อที่ 4.1.1) และร้อยละของของแข็งที่ละลายน้ำ (จากผลข้อที่ 4.3) พบว่าปริมาณผงสีที่สกัดได้ละลายน้ำได้ไม่หมด ดังนั้นเพื่อให้การละลายกลับของผงสีมีปริมาณเทียบเท่าหรือใกล้เคียงกับสารสกัดสีจากวัตถุดิบที่ยังไม่

ทำการแปรรูปเป็นผง จึงคำนวณกลับเพื่อหาน้ำหนักของผงสีที่ต้องใช้ในการเตรียมน้ำสีข้อมเทียบเท่า น้ำหนักวัตถุดิบ 100 g และเสมือนละลายกลับได้ทั้งหมดในน้ำ 1,000 มิลลิตร ดังสรุปในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 น้ำหนักของผงสีจากวัตถุดิบชนิดต่างๆ ที่สามารถละลายได้เทียบเท่าวัตถุดิบที่ยังไม่แปรรูป

| วัตถุดิบ | น้ำหนัก กรัม (g) ที่ต้องชั่ง |
|----------|------------------------------|
| ครึ่ง    | 10.13                        |
| แก่นฝาง  | 5.41                         |
| แก่นขนุน | 3.24                         |
| ขมิ้นชัน | 29.36                        |

การเตรียมน้ำสีข้อมจากผงสีสกัดจากวัตถุดิบทั้ง 4 ชนิดนี้ ต้องทำการชั่งน้ำหนักของผงสีดังใน ตารางที่ 10 โดยละลายในน้ำ 500 mL และให้ความร้อนเล็กน้อย เพื่อให้ให้น้ำอุ่นขึ้นช่วยในการทำ ละลายได้ดี นานประมาณ 30 นาที แล้วจึงปรับปริมาตรให้ครบ 1000 mL

#### 4.5.2 วิธีการและผลการหาอัตราส่วนของผงสีข้อมและตัวช่วยข้อมในการข้อมเส้นใยธรรมชาติด้วยสีแดง จากครึ่ง

##### - การเตรียมน้ำผสมน้ำสีข้อม

ใช้วิธีการและอัตราส่วนตามข้อ 4.4.2 ปรับเปลี่ยนระดับความเข้มข้นของสารช่วยข้อม (สารส้มและน้ำมะขามเปียก) และเติมสารช่วยให้สีติด (เกลือ) ดังตารางสรุปปริมาณของอัตราส่วน ดังกล่าวดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 อัตราส่วนของสารช่วยย้อมสำหรับย้อมเส้นใยธรรมชาติสำหรับสีแดงจากครั่ง

| ชุดทดลองที่ | อัตราส่วนที่ | สารส้อม             |                    | น้ำมะขามเปียก       |                    | เกลือ    |                                     | ปริมาณน้ำสีย้อม (mL) |
|-------------|--------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|----------|-------------------------------------|----------------------|
|             |              | ความเข้มข้น (% w/w) | น้ำหนักที่เติม (g) | ความเข้มข้น (% w/w) | ปริมาณที่เติม (mL) | NaCl (g) | Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (g) |                      |
| 1           | 1            | 5                   | 0.1                | 20                  | 6                  | -        | -                                   | 54                   |
|             | 2            | 10                  | 0.2                | 20                  | 6                  | -        | -                                   | 54                   |
|             | 3            | 20                  | 0.4                | 20                  | 6                  | -        | -                                   | 54                   |
|             | 4            | 40                  | 0.8                | 20                  | 6                  | -        | -                                   | 54                   |
| 2           | 1            | 5                   | 0.1                | 20                  | 6                  | -        | -                                   | 54                   |
|             | 2            | 5                   | 0.1                | 40                  | 6                  | -        | -                                   | 54                   |
|             | 3            | 5                   | 0.1                | 80                  | 6                  | -        | -                                   | 54                   |
| 3           | 1            | 5                   | 0.1                | 20                  | 6                  | -        | -                                   | 54                   |
|             | 2            | 5                   | 0.1                | 20                  | 6                  | 0.1      | -                                   | 54                   |
|             | 3            | 5                   | 0.1                | 20                  | 6                  | -        | 0.1                                 | 54                   |

เตรียมน้ำสีย้อมผสมดังตารางข้างบนทั้งหมด 4 ชุด เพื่อใช้ทดลองย้อมสีเส้นใยธรรมชาติ 2 ชนิด ได้แก่ เส้นใยฝ้ายและเส้นใยเฮมพ์ (ที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมเส้นใยก่อนการย้อมสีแล้ว ตามวิธีการในข้อ 4.4.2) ด้วยน้ำสีย้อมสกัดที่ยังไม่ผ่านกระบวนการแปรรูปและน้ำสีย้อมสกัดจากการละลายจากผงสีที่สกัดได้

- การย้อมสีเส้นใยธรรมชาติ  
ใช้วิธีการย้อมตามข้อที่ 4.4.2

- ผลการย้อมสีจากการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของสีย้อมและตัวช่วยย้อมในการย้อมเส้นใยธรรมชาติด้วยสีแดงจากครั่ง

ในการทดลองหาอัตราส่วนสำหรับการย้อมเส้นใยธรรมชาติด้วยน้ำย้อมสกัดสีแดงจากครั่ง ได้ทำการทดลอง 3 ชุดการทดลองดังนี้

ในชุดการทดลองที่ 1 ทดลองหาปริมาณของความเข้มข้นของสารส้มที่เติมลงไปใต้น้ำสีข้อม ผสม ที่ระดับความเข้มข้น 5 %, 10 % 20 % และ 40 % w/w น้ำหนักสารส้มต่อน้ำหนักเส้นใย ผลการทดลองย้อมเส้นใยทั้งเส้นใยฝ้ายและเส้นใยเฮมพ์ ให้ผลในทิศทางเดียวกัน ดังรูปที่ 1 ในภาคผนวกที่ 5 คือพบว่าระดับความเข้มข้นของสีที่ย้อมติดบนเส้นใยธรรมชาติจะเข้มข้นเมื่อเพิ่มปริมาณของสารส้มลงไป จาก 5-20 % w/w โดยที่ปริมาณสารส้มที่เติมลงไป 20% w/w จะให้ผลการติดสีบนเส้นใยธรรมชาติทั้งเส้นใยฝ้ายและเส้นใยเฮมพ์เข้มที่สุดในการทดลองชุดนี้และพบว่าเมื่อมีการเติมสารส้มลงไป 40 %w/w ลักษณะสีที่ติดบนเส้นใยธรรมชาติจางลง โดยสังเกตได้จากผลการย้อมเส้นใยด้วยน้ำสกัดสีจากครั้ง (วัตถุดิบ) โดยตรงดังรูปที่ 1 (ก) และ (ค) ในภาคผนวกที่ 5 ความเข้มของสีย้อมที่ติดบนเส้นใยที่ได้เติมสารส้ม 40 % มีความเข้มของสีน้อยกว่าที่เติมสารส้มลงไปเพียง 5 % w/w แต่จะเห็นผลไม่ชัดเจนมากนักเมื่อใช้น้ำสีข้อมจากผงสีสกัดจากครั้ง ดังรูปที่ 1 (ข) และ (ค) ในภาคผนวกที่ 5

ในชุดการทดลองที่ 2 ทดลองหาปริมาณของความเข้มข้นของน้ำมะขามเปียกที่ความเข้มข้น 20 %, 40 % และ 80 % w/v ซึ่งจากผลการทดลองย้อมสีเส้นใยฝ้ายและเส้นใยเฮมพ์ ทั้งระดับความเข้มสีและความสม่ำเสมอของสีบนเส้นใยเมื่อมีการปรับเปลี่ยนระดับความเข้มข้นของมะขามเปียกนั้น ไม่แตกต่างกันมากนัก ดังรูปที่ 2 ในภาคผนวกที่ 5

ในชุดการทดลองที่ 3 ทดลองศึกษาผลของเกลือแกง (สารช่วยให้สีติด) ที่เติมลงไปใต้น้ำสีข้อม ผสม โดยเปรียบเทียบชนิดของเกลือ NaCl และ เกลือ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  กับวิธีเดิมที่ไม่มีการเติมเกลือลงไป ให้ผลการทดลองย้อมสีเส้นใยฝ้ายและเส้นใยเฮมพ์ ดังรูปที่ 3 ในภาคผนวกที่ 5 ซึ่งเกลือ NaCl ที่เติมลงไปจะช่วยให้สีติดบนเส้นใยฝ้ายที่ย้อมด้วยสีสกัดจากครั้งดิบได้ดีและสีบนเส้นใยเข้มข้น ในขณะที่ผลของเกลือต่อการย้อมสีเส้นใยเฮมพ์ด้วยสีสกัดจากครั้งดิบให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน แต่ผลการย้อมสีเส้นใยเฮมพ์ด้วยผงสีสกัดเมื่อมีการเติมเกลือลงไปช่วยทำให้สีที่ติดบนเส้นใยเฮมพ์ดีและเข้มข้นมาก ในทางกลับกันผลของเกลือที่เติมลงไปใต้น้ำสีข้อมจากผงสีสกัดเมื่อนำไปย้อมเส้นใยฝ้ายนั้นไม่ช่วยให้การติดสีหรือระดับสีบนเส้นใยฝ้ายดีขึ้น ส่วนผลของเกลือ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  มีผลทำให้เจดสีที่ย้อมบนเส้นใยธรรมชาติทั้งสองเปลี่ยนไปในโทนที่อ่อนลงเป็นสีชมพูอมส้ม

#### 4.5.3 วิธีการและผลการหาอัตราส่วนของผงสีข้อมและตัวช่วยข้อมในการข้อมเส้นใยธรรมชาติด้วยสีแดงจากแก่นฝาง

##### - การเตรียมส่วนผสมน้ำสีข้อม

ใช้วิธีการและอัตราส่วนตามข้อ 4.4.3 ปรับเปลี่ยนระดับความเข้มข้นของเดิมสารช่วยให้สีติด (เกลือ) ในน้ำสีข้อมและเปรียบเทียบการเดิมและไม่เดิมสารส้ม (สารช่วยข้อม) ในน้ำสีข้อม ดังตารางที่ 12 สรุปปริมาณของอัตราส่วนดังกล่าวดังนี้

ตารางที่ 12 อัตราส่วนของสารช่วยข้อมสำหรับข้อมเส้นใยธรรมชาติสำหรับสีแดงจากแก่นฝาง

| ชุดทดลอง<br>ที่ | อัตราส่วน<br>ที่ | เกลือ    |                                     | สารส้ม            | ปริมาณน้ำสีข้อม<br>(mL) |
|-----------------|------------------|----------|-------------------------------------|-------------------|-------------------------|
|                 |                  | NaCl (g) | Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (g) | ปริมาณที่เดิม (g) |                         |
| 1               | 1                | 1.0      | -                                   | -                 | 50                      |
|                 | 2                | 1.0      | -                                   | 0.75              | 50                      |
|                 | 3                | -        | 1.0                                 | -                 | 50                      |
|                 | 4                | -        | 1.0                                 | 0.75              | 50                      |
| 2               | 1                | 0.5      | -                                   | 0.75              | 50                      |
|                 | 2                | 1.0      | -                                   | 0.75              | 50                      |
|                 | 3                | 1.5      | -                                   | 0.75              | 50                      |
|                 | 4                | 2.0      | -                                   | 0.75              | 50                      |
| 3               | 1                | -        | 0.5                                 | 0.75              | 50                      |
|                 | 2                | -        | 1.0                                 | 0.75              | 50                      |
|                 | 3                | -        | 1.5                                 | 0.75              | 50                      |
|                 | 4                | -        | 2.0                                 | 0.75              | 50                      |
| 4               | 1                | 1.0      | -                                   | 0.5               | 50                      |
|                 | 2                | 1.0      | -                                   | 1.0               | 50                      |
|                 | 3                | 1.0      | -                                   | 1.5               | 50                      |
|                 | 4                | 1.0      | -                                   | 2.0               | 50                      |

เตรียมน้ำสีข้อมผสมดังตารางสรุปข้างบนทั้งหมด 4 ชุด เพื่อใช้ทดลองข้อมสีเส้นใยธรรมชาติ 2 ชนิด ได้แก่ เส้นใยฝ้ายและเส้นใยเฮมพ์ (ที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมเส้นใยก่อนการข้อมสีแล้ว ตาม

วิธีการในข้อ 4.4.3) ด้วยน้ำสีข้อมสีกัดที่ยังไม่ผ่านกระบวนการแปรรูปและน้ำสีข้อมสีกัดจากการละลายจากผงสีที่สกัดได้

- การข้อมสีเส้นใยธรรมชาติ  
ใช้วิธีการข้อมตามข้อที่ 4.4.3

- ผลการข้อมสีจากการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของสีข้อมและตัวช่วยข้อมในการข้อมเส้นใยธรรมชาติด้วยสีแดงจากแก่นฝาง

ในการทดลองหาอัตราส่วนสำหรับการข้อมเส้นใยธรรมชาติด้วยน้ำข้อมสีกัดสีแดงจากแก่นฝาง ได้ทำการทดลอง 4 ชุดการทดลองดังนี้

ในชุดการทดลองที่ 1 ในการทดลองชุดนี้จะศึกษาผลของสารส้ม (สารช่วยข้อม) ที่เติมลงไป ในน้ำสีข้อมผสมก่อนการข้อมสีเส้นใย และผลของชนิดเกลือ NaCl ที่เติมมีผลต่อการช่วยให้สีติด ได้ผลการทดลองข้อมสีเส้นใยฝ้ายและเส้นใยเฮมพ์ ดังรูปที่ 4 ในภาคผนวกที่ 5

ซึ่งผลของชนิดเกลือ NaCl และ เกลือ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  จะมีผลในการทำให้เจดสีที่ข้อมติดบนเส้นใย เปลี่ยนไป โดยที่เมื่อมีการเติมเกลือ NaCl ในน้ำสีข้อมผสม สีที่ข้อมได้จะออกโทนสีส้มแดงสำหรับเส้นใยฝ้าย และโทนสีแดงเลือดหมูสำหรับเส้นใยเฮมพ์ ส่วนเกลือ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  สีที่ข้อมติดทั้งบนเส้นใยฝ้ายและเฮมพ์จะออกโทนสีน้ำตาล

ส่วนผลของการเติมสารส้มลงไปตั้งแต่ขั้นตอนการข้อมเส้นใยธรรมชาติ พบว่าการเติมสารส้ม เมื่อมีการใช้คู่กับเกลือ NaCl จะช่วยการข้อมสีบนเส้นใยธรรมชาติทั้งเส้นใยฝ้ายและเส้นใยเฮมพ์ออกไป โทนสีเดียวกันคือ สีส้มแดง และให้ผลการช่วยข้อมสีดีขึ้นและเข้มขึ้นมากสำหรับเส้นใยฝ้าย ในขณะที่สีที่ติดบนเส้นใยเมื่อมีการใส่สารส้มคู่กับเกลือ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  จะให้เจดสีแตกต่างจากเดิมที่เป็นสีน้ำตาลเป็นสีส้มชมพูอ่อน

ในชุดการทดลองที่ 2-3 ทดลองศึกษาผลของปริมาณเกลือ NaCl และ เกลือ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ที่เติมลงไป ในน้ำสีข้อมผสม ที่น้ำหนัก 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 g และมีการเติมสารส้ม 0.75 g ลงไปเพื่อให้การข้อมสีดีขึ้น ผลการทดลองข้อมเส้นใยทั้งเส้นใยฝ้ายและเส้นใยเฮมพ์ ให้ผลในทิศทางเดียวกันดังรูปที่ 5 และรูปที่ 6 ในภาคผนวกที่ 5 เป็นผลการข้อมเมื่อมีการปรับเปลี่ยนของปริมาณเกลือ NaCl และเกลือ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ตามลำดับ ผลการทดลองข้อมเส้นใยธรรมชาติพบว่าระดับความเข้มของสีที่ข้อมติดบนเส้นใย จะเข้มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณของเกลือ ปริมาณเกลือที่เติมลงไป ในน้ำสีข้อมผสมที่ทำให้การติดของสีบนเส้นใยเข้มที่สุดในชุดการทดลองนี้คือเมื่อมีการเติมเกลือ 1.5 g ในน้ำสีข้อมผสม ซึ่งเมื่อเติมเกลือเพิ่มขึ้นไปอีกเป็น 2.0 g จะสังเกตเห็นว่าระดับความเข้มของสีข้อมบนเส้นใยธรรมชาติจะลดลงเล็กน้อย

ในชุดการทดลองที่ 4 ทดลองหาปริมาณของสารส้มที่เติมลงไปใต้น้ำสีขมผสม โดยทดลองศึกษาที่น้ำหนัก 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 g และใช้เกลือ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  1.0 g เป็นสารช่วยให้สีติด ผลการทดลองย้อมเส้นใยทั้งเส้นใยฝ้ายและเส้นใยเฮมพ์ ให้ผลการทดลองย้อมติดบนเส้นใย ดังรูปที่ 7 ในภาคผนวกที่ 5 ผลของการเพิ่มปริมาณสารส้มที่ 1.0 – 1.5 g จะให้การย้อมติดบนเส้นใยฝ้ายและเส้นใยเฮมพ์มีความสม่ำเสมอมากกว่าและให้สีที่ใกล้เคียงกันกว่าการเติมสารส้มจำนวน 0.5 และ 2.0 g สำหรับอัตราส่วนของน้ำสีขมผสมในการทดลองนี้

#### 4.5.4 วิธีการและผลการหาอัตราส่วนของผงสีขมและตัวช่วยย้อมในการย้อมเส้นใยธรรมชาติด้วยสีเหลืองจากแก่นขนุน

- การเตรียมส่วนผสมน้ำสีขม

ใช้วิธีการและอัตราส่วนตามข้อ 4.4.4 ปรับเปลี่ยนระดับความเข้มข้นของเดิมสารช่วยให้สีติด (เกลือ) ในน้ำสีขมและเปรียบเทียบการเดิมและไม่เติมสารส้ม (สารช่วยย้อม) ในน้ำสีขม ดังตารางที่ 13 สรุปปริมาณของอัตราส่วนดังกล่าวดังนี้

ตารางที่ 13 อัตราส่วนของสารช่วยย้อมสำหรับย้อมเส้นใยธรรมชาติสำหรับสีเหลืองจากแก่นขนุน

| ชุดทดลอง<br>ที่ | อัตราส่วน<br>ที่ | เกลือ    |                              | สารส้ม            | ปริมาณน้ำสีขม<br>(mL) |
|-----------------|------------------|----------|------------------------------|-------------------|-----------------------|
|                 |                  | NaCl (g) | $\text{Na}_2\text{CO}_3$ (g) | ปริมาณที่เติม (g) |                       |
| 1               | 1                | 1.0      | -                            | -                 | 50                    |
|                 | 2                | 1.0      | -                            | 0.75              | 50                    |
|                 | 3                | -        | 1.0                          | -                 | 50                    |
|                 | 4                | -        | 1.0                          | 0.75              | 50                    |
| 2               | 1                | -        | 0.5                          | 0.75              | 50                    |
|                 | 2                | -        | 1.0                          | 0.75              | 50                    |
|                 | 3                | -        | 1.5                          | 0.75              | 50                    |
|                 | 4                | -        | 2.0                          | 0.75              | 50                    |
| 3               | 1                | 1.0      | -                            | 0.5               | 50                    |
|                 | 2                | 1.0      | -                            | 1.0               | 50                    |
|                 | 3                | 1.0      | -                            | 1.5               | 50                    |
|                 | 4                | 1.0      | -                            | 2.0               | 50                    |

เตรียมน้ำสีย้อมผสมดังตารางข้างบนทั้งหมด 4 ชุด เพื่อใช้ทดลองย้อมสีเส้นใยธรรมชาติ 2 ชนิด ได้แก่ เส้นใยฝ้ายและเส้นใยเฮมพ์ (ที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมเส้นใยก่อนการย้อมสีแล้ว ตามวิธีการในข้อ 4.4.4) ด้วยน้ำสีย้อมสกัดที่ยังไม่ผ่านกระบวนการแปรรูปและน้ำสีย้อมสกัดจากการละลายจากผงสีที่สกัดได้

- การย้อมสีเส้นใยธรรมชาติ  
ใช้วิธีการย้อมตามข้อที่ 4.4.4

- ผลการย้อมสีจากการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของสีย้อมและตัวช่วยย้อมในการย้อมเส้นใยธรรมชาติด้วยสีเหลืองจากแก่นขนุน

ในการทดลองหาอัตราส่วนสำหรับการย้อมเส้นใยธรรมชาติด้วยน้ำสีย้อมสกัดสีเหลืองจากแก่นขนุน ได้ทำการทดลอง 3 ชุดการทดลองดังนี้

ในชุดการทดลองที่ 1 ในการทดลองชุดนี้จะศึกษาผลของสารส้ม (สารช่วยย้อม) ที่เติมลงไป ในน้ำสีย้อมผสมก่อนการย้อมสีเส้นใย และผลของชนิดเกลือ  $\text{NaCl}$  และ เกลือ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ที่เดิมมีผลต่อการช่วยให้สีติด ได้ผลการทดลองย้อมสีเหลืองจากแก่นขนุนบนเส้นใยฝ้ายและเส้นใยเฮมพ์ ซึ่งผลของชนิดเกลือ  $\text{NaCl}$  และ เกลือ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ในการย้อมสีเหลืองจากแก่นขนุน สีที่ย้อมติดบนเส้นใยทั้งสองชนิดนั้นไม่แตกต่างกันคือให้สีเหลืองอ่อน แต่เนื่องจากสีพื้นเดิมของเส้นใยเฮมพ์ค่อนข้างเข้มจึงทำให้การย้อมสีเหลืองด้วยแก่นขนุนเห็นไม่ชัดเจนเหมือนย้อมไม่ติด ดังผลการย้อมเส้นใยในรูปที่ 8 ภาคผนวกที่ 5 ส่วนผลของการเติมสารส้มลงไปตั้งแต่ขั้นตอนการย้อมเส้นใยธรรมชาติ พบว่าการเติมสารส้มเมื่อมีการใช้คู่กับเกลือ  $\text{NaCl}$  จะช่วยการย้อมสีบนเส้นใยธรรมชาติ ทั้งเส้นใยฝ้ายและเส้นใยเฮมพ์ออกไปเข้มข้น

ในชุดการทดลองที่ 2 ทดลองศึกษาผลของปริมาณเกลือ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ที่เติมลงไป ในน้ำสีย้อมผสมที่น้ำหนัก 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 g และมีการเติมสารส้ม 0.75 g ลงไปเพื่อให้การย้อมสีดีขึ้น ให้ผลการย้อมสีติดบนเส้นใยฝ้ายไม่แตกต่างกัน ส่วนการทดลองย้อมบนเส้นใยเฮมพ์ที่ย้อมติดน้อยมากจนเหมือนย้อมไม่ติด ซึ่งหากต้องการย้อมสีบนเส้นใยเฮมพ์จะต้องทำการย้อมซ้ำหลายๆรอบเพื่อให้สีชัดเจนขึ้น แต่เนื่องจากสีเหลืองจากแก่นขนุนจะให้โทนสีเหลืองอ่อนอยู่แล้ว ในขณะที่เส้นใยเฮมพ์มีสีพื้นเดิมเข้ม ดังนั้นโดยทั่วไปจึงไม่นิยมย้อมสีอ่อนกับเส้นใยเฮมพ์ ดังผลแสดงการย้อมเส้นใยฝ้ายและเส้นใยเฮมพ์ในรูปที่ 9 ภาคผนวกที่ 5

ในชุดการทดลองที่ 3 ทดลองหาปริมาณของสารส้มที่เติมลงไปให้น้ำสีเขียวขุ่น โดยทดลองศึกษาที่น้ำหนัก 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 g และใช้เกลือ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  1.0 g เป็นสารช่วยให้สีติด ผลการทดลองย้อมเส้นใยทั้งเส้นใยฝ้ายและเส้นใยเฮมพ์ ให้ผลการทดลองย้อมสีบนเส้นใยในรูปที่ 10 ภาคผนวกที่ 5 ซึ่งสีที่ย้อมติดบนเส้นใยทั้งสองชนิดเมื่อมีการเพิ่มปริมาณสารส้มนั้นไม่แตกต่างกัน นั้นแสดงว่าปริมาณสารส้มที่เติมไม่มีผลในการช่วยย้อมสารสีเหลืองจากแก่นขนุนบนเส้นใยธรรมชาติ

#### 4.5.5 วิธีการและผลการหาอัตราส่วนของผงสีย้อมและตัวช่วยย้อมในการย้อมเส้นใยธรรมชาติด้วยสีเหลืองจากขมิ้นชัน

- การเตรียมส่วนผสมน้ำสีเขียว

ใช้วิธีการและอัตราส่วนตามข้อ 4.4.5 ปรับเปลี่ยนระดับความเข้มข้นของสารช่วยย้อม (สารส้ม) และชนิดและปริมาณของสารช่วยให้สีติด (เกลือแกง) ดังตารางสรุปปริมาณของอัตราส่วนดังกล่าวดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 อัตราส่วนของสารช่วยย้อมสำหรับย้อมเส้นใยธรรมชาติสำหรับสีเหลืองจากขมิ้น

| ชุดทดลองที่ | อัตราส่วนที่ | สารส้ม            |                     | เกลือ             |           |                               |          | ปริมาณน้ำสีเขียว (mL) |
|-------------|--------------|-------------------|---------------------|-------------------|-----------|-------------------------------|----------|-----------------------|
|             |              | ความเข้มข้น (g/L) | ปริมาตรที่เติม (mL) | ความเข้มข้น (g/L) | NaCl (mL) | $\text{Na}_2\text{CO}_3$ (mL) | KCl (mL) |                       |
| 1           | 1            | 60                | 12                  | 20                | 4         | -                             | -        | 24                    |
|             | 2            | 60                | 12                  | 20                | -         | 4                             | -        | 24                    |
|             | 3            | 60                | 12                  | 20                | -         | -                             | 4        | 24                    |
| 2           | 1            | 50                | 12                  | 20                | -         | 4                             | -        | 24                    |
|             | 2            | 60                | 12                  | 20                | -         | 4                             | -        | 24                    |
|             | 3            | 70                | 12                  | 20                | -         | 4                             | -        | 24                    |
|             | 4            | 80                | 12                  | 20                | -         | 4                             | -        | 24                    |
| 3           | 1            | 60                | 12                  | 10                | -         | 4                             | -        | 24                    |
|             | 2            | 60                | 12                  | 20                | -         | 4                             | -        | 24                    |
|             | 3            | 60                | 12                  | 30                | -         | 4                             | -        | 24                    |
|             | 4            | 60                | 12                  | 40                | -         | 4                             | -        | 24                    |
|             | 5            | 60                | 12                  | 50                | -         | 4                             | -        | 24                    |

เตรียมน้ำลีย้อมผสมดังตารางข้างบนทั้งหมด 4 ชุด เพื่อใช้ทดลองย้อมสีเส้นใยธรรมชาติ 2 ชนิด ได้แก่ เส้นใยฝ้ายและเส้นใยเฮมพ์ (ที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมน้ำลีย้อมก่อนการย้อมสีแล้ว ตามวิธีการในข้อ 4.4.5) ด้วยน้ำลีย้อมสกัดที่ยังไม่ผ่านกระบวนการแปรรูปและน้ำลีย้อมสกัดจากการละลายจากผงสีที่สกัดได้

- การย้อมสีเส้นใยธรรมชาติ

ใช้วิธีการย้อมสีตามข้อที่ข้อ 4.4.5

- ผลการย้อมสีจากการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของสีย้อมและตัวช่วยย้อมในการย้อมเส้นใยธรรมชาติด้วยสีเหลืองจากขมิ้นชัน

ในการทดลองหาอัตราส่วนสำหรับการย้อมเส้นใยธรรมชาติด้วยน้ำลีย้อมสกัดสีเหลืองจากขมิ้น ได้ทำการทดลอง 3 ชุดการทดลองดังนี้

ในชุดการทดลองที่ 1 ทดลองศึกษาผลของชนิดเกลือที่ผสมในน้ำลีย้อม โดยทดลองศึกษาเกลือ 3 ชนิด คือ เกลือ NaCl เกลือ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  และ เกลือ KCl เป็นสารช่วยให้สีติดบนเส้นใย ซึ่งจากผลการทดลองย้อมเส้นใยทั้งเส้นใยฝ้ายและเส้นใยเฮมพ์ สีที่ย้อมติดบนเส้นใยจะให้สีเหลืองเข้มและติดสม่ำเสมอติดบนเส้นใยทั้งสองชนิด ดังแสดงผลการย้อมในรูปที่ 11 ภาคผนวกที่ 5 โดยสีที่ย้อมติดบนเส้นใยเมื่อมีการใช้เกลือ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  จะเข้มกว่าเกลือ NaCl และเกลือ KCl เล็กน้อยเท่านั้น แต่หากพิจารณาเปรียบเทียบลักษณะของสีและเฉดสีที่ย้อมติดบนเส้นใยเมื่อมีการการเปลี่ยนชนิดของเกลือ นั้นไม่แตกต่างกัน ดังนั้นสำหรับเกษตรกรจึงสามารถเลือกใช้เกลือ NaCl แทนเกลือ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ก็ได้เพราะหาได้ง่ายกว่าและมีราคาถูกกว่า

ในชุดการทดลองที่ 2 ทดลองหาปริมาณความเข้มข้นของสารส้มที่เติมลงไปในน้ำลีย้อมผสม ที่ความเข้มข้นน้ำสารส้ม 50, 60, 70 และ 80 g/L ผลการทดลองย้อมเส้นใยทั้งเส้นใยฝ้ายและเส้นใยเฮมพ์ ให้ผลการทดลองย้อมสีบนเส้นใยดังรูปที่ 12 ภาคผนวกที่ 5 ผลของการย้อมสีบนเส้นใยทั้งสองด้วยสีเหลืองจากขมิ้นชันให้ผลที่ใกล้เคียงกันมากหรือแทบไม่มีความแตกต่างกันในเรื่องเฉดสีและระดับความเข้มของสีที่ย้อมติดบนเส้นใย ซึ่งในการนำไปใช้สามารถใช้ความเข้มข้นของสารส้มในช่วง 60-70 g/L เพราะจะให้สีเข้มกว่าที่ความเข้มข้น 50 และ 80 g/L เล็กน้อย

ในชุดการทดลองที่ 3 ทดลองศึกษาผลของความเข้มข้นของเกลือ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ในน้ำสีข้อมผสม ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 g/L ผลการทดลองข้อมเส้นใยทั้งเส้นใยฝ้ายและเส้นใยเฮมพ์ ให้ผลในทิศทางเดียวกันสีที่ข้อมติดบนเส้นใยจะให้สีเหลืองเข้มและติดสม่ำเสมอติดบนเส้นใยทั้งสองชนิด ดังแสดงผลการข้อมในรูปที่ 13 ภาคผนวกที่ 5 โดยสีที่ข้อมติดบนเส้นใยเข้มที่สุดในชุดการทดลองนี้คือเมื่อใช้ความเข้มข้นของเกลือ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  30 g/L แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบลักษณะของเมล็ดสีและความสม่ำเสมอของสีที่ข้อมติดบนเส้นใยที่ความเข้มข้นต่างๆ ไม่ได้แตกต่างกันมากนัก ดังนั้นสำหรับเกษตรกรจึงสามารถเลือกเตรียมที่ความเข้มข้นกลางๆ ที่ 10-20 g/L  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ก็ได้ และใช้วิธีการข้อมซ้ำแทนเพื่อให้สีเข้มขึ้น

#### 4.6 ผลการตรวจสอบคุณภาพตามมาตรฐานสิ่งทอ

4.6.1 เตรียมน้ำสีข้อมผสมจากผงสีที่ผลิตได้สำหรับการข้อมเส้นใยและผ้าทอธรรมชาติน้ำหนัก 100 กรัม เพื่อส่งวิเคราะห์

- เตรียมน้ำสีข้อมผสมจากผงสีแดงจากครั่ง

ละลายผงสีจากครั่งน้ำหนัก 27.5 กรัม ในน้ำ 2.7 ลิตร เติมน้ำส้ม 20 กรัม, NaCl 5 กรัม และน้ำมะขามเปียก (20-50 g/100 mL) ปริมาตร 300 มิลลิลิตร

- เตรียมน้ำสีข้อมผสมจากผงสีแดงจากแก่นฝาง

ละลายผงสีจากแก่นฝาง 14 กรัม ในน้ำ 2.5 ลิตร แล้วเติมน้ำส้มและ NaCl ลงไป น้ำหนัก 75 และ 50 กรัม ตามลำดับ ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน

- เตรียมน้ำสีข้อมผสมจากผงสีเหลืองจากแก่นขนุน

ละลายผงสีจากแก่นขนุน 8.5 กรัม ในน้ำ 2.5 ลิตร แล้วเติมน้ำส้มและ NaCl ลงไป น้ำหนัก 75 และ 50 กรัม ตามลำดับ ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน

- เตรียมน้ำสีข้อมผสมจากผงสีเหลืองจากขมิ้น

ละลายผงสีจากแก่นฝาง 36 กรัม ในน้ำ 1.2 ลิตร เติมน้ำส้ม (70 g/L) ปริมาตร 600 mL และสารละลาย  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (30 g/L) ปริมาตร 200 mL

#### 4.6.2 การข้อมสีเส้นใยและผ้าทอธรรมชาติ

- ข้อมสีแดงจากครั่ง ใช้วิธีการข้อมตามข้อที่ข้อ 4.4.2

- ข้อมสีแดงจากแก่นฝาง ใช้วิธีการข้อมตามข้อที่ข้อ 4.4.3

- ข้อมสีเหลืองจากแก่นขนุน ใช้วิธีการข้อมตามข้อที่ข้อ 4.4.4

- ข้อมสีเหลืองจากขมิ้น ใช้วิธีการข้อมตามข้อที่ข้อ 4.4.5

#### 4.6.3 ผลการข้อมตัวอย่างสิ่งทอ

เมื่อนำเส้นใยและผ้าทอข้อมด้วยน้ำสีข้อมที่เตรียมได้ในข้อ 4.6.1 ได้ตัวอย่างที่จะนำส่งวิเคราะห์ต่อไปดังแสดงในรูปภาคผนวกที่ 6

#### 4.6.4 การส่งตรวจสอบคุณภาพตามมาตรฐานสิ่งทอ

ตัวอย่างเส้นใยและผ้าทอธรรมชาติ 2 ชนิด คือ ฝ้ายและเฮมพ์หรือกัญชง ที่ถูกข้อมด้วยสีและวิธีดังกล่าวในข้อ 3.6.1-3.6.2 นำไปส่งวิเคราะห์ตรวจสอบคุณภาพตามมาตรฐานสิ่งทอ ณ สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ (THTI)

โดยเส้นใยธรรมชาติจะส่งวิเคราะห์ 2 ด้าน คือ ค่าความคงทนต่อการซักและแสง สำหรับผ้าทอธรรมชาติจะส่งวิเคราะห์ 4 ด้าน คือ ความคงทนต่อการซัก เหงื่อ แสง และแรงกดทับด้วยความร้อน

#### 4.6.5 ผลการส่งตรวจสอบ

ผลการตรวจสอบจากสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ (THTI) ในเรื่องของความคงทนของสีต่อแสง การซัก เหงื่อและการกดทับ ตามมาตรฐาน ISO ที่เป็นที่ยอมรับในการรับรอง มอก.17025-2548 จากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และเป็นที่ยอมรับใช้ตรวจสอบขึ้นค่าสำหรับผลิตภัณฑ์ในโซนเอเชีย ซึ่งส่งทดสอบด้านความคงทนของสีต่อแสง ตามมาตรฐาน ISO 105-B02 : 1994 (E), ความคงทนต่อการซัก ตามมาตรฐาน ISO 105-C10 : 2006 (E) TEST NO.A (1) (40 °C, 30 นาที), ความคงทนของสีต่อเหงื่อตามมาตรฐาน ISO 105-E04 : 2008 (E) และ ความคงทนของสีต่อการกดทับด้วยความร้อนตามมาตรฐาน ISO 105-X11 : 1994 (E) (อุณหภูมิ 200 °C) และผลการส่งวิเคราะห์จากสถาบันได้แสดงไว้ในภาคผนวกที่ 8 โดยในการทดสอบจะประเมินคุณภาพของสีจากค่าการเปลี่ยนแปลงสี ประเมินออกมาเป็นอัตราความคงทนของสีเป็นระดับต่างๆ และได้แสดงผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 15-24

ตารางที่ 15 แสดงผลการวิเคราะห์ความคงทนของสีต่อแสง :

ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-B02 : 1994 (E)

|                             | ผ้าทอฝ้ายย้อมสีแดง<br>จากแก่นฝาง (ดิบ) | ผ้าทอฝ้ายย้อมสีแดง<br>จากแก่นฝาง (ผง) | เส้นใยฝ้ายย้อมสีแดง<br>จากแก่นฝาง (ผง) |
|-----------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|
| สีเปลี่ยนจากเดิม<br>(ระดับ) | 1                                      | 1                                     | 1                                      |

|                             | ผ้าทอเซมพ์ย้อมสีแดง<br>จากแก่นฝาง (ดิบ) | ผ้าทอเซมพ์ย้อมสีแดง<br>จากแก่นฝาง (ผง) | เส้นใยเซมพ์ย้อมสีแดง<br>จากแก่นฝาง (ผง) |
|-----------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|
| สีเปลี่ยนจากเดิม<br>(ระดับ) | 1                                       | 1                                      | 1                                       |

|                             | ผ้าทอฝ้ายย้อมสีเหลือง<br>จากขมิ้นชัน (ดิบ) | ผ้าทอฝ้ายย้อมสีเหลือง<br>จากขมิ้นชัน (ผง) | เส้นใยฝ้ายย้อมสีเหลือง<br>จากขมิ้นชัน (ผง) |
|-----------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|
| สีเปลี่ยนจากเดิม<br>(ระดับ) | 1                                          | 1                                         | 1                                          |

|                             | ผ้าทอเซมพ์ย้อมสีเหลือง<br>จากขมิ้นชัน (ดิบ) | ผ้าทอเซมพ์ย้อมสีเหลือง<br>จากขมิ้นชัน (ผง) | เส้นใยเซมพ์ย้อมสีเหลือง<br>จากขมิ้นชัน (ผง) |
|-----------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|
| สีเปลี่ยนจากเดิม<br>(ระดับ) | 1                                           | 1                                          | 1                                           |

|                             | ผ้าทอฝ้ายย้อม<br>สีน้ำเงินจากฮ่อม<br>(เปราะะ) | ผ้าทอฝ้ายย้อม<br>สีน้ำเงินจากฮ่อม<br>(ผง) | เส้นใยฝ้ายย้อม<br>สีน้ำเงินจากฮ่อม<br>(เปราะะ) | เส้นใยฝ้ายย้อม<br>สีน้ำเงินจากฮ่อม<br>(ผง) |
|-----------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| สีเปลี่ยนจากเดิม<br>(ระดับ) | 3-4                                           | 3-4                                       | 4                                              | 4                                          |

|                             | ผ้าทอเซมพ์ย้อม<br>สีน้ำเงินจากส้อม<br>(เปราะ) | ผ้าทอเซมพ์ย้อม<br>สีน้ำเงินจากส้อม<br>(ผง) | เส้นใยเซมพ์ย้อม<br>สีน้ำเงินจากส้อม<br>(เปราะ) | เส้นใยเซมพ์ย้อม<br>สีน้ำเงินจากส้อม<br>(ผง) |
|-----------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| สีเปลี่ยนจากเดิม<br>(ระดับ) | 4                                             | 4                                          | 4                                              | 4-5                                         |

หมายเหตุ : - อัตราความคงทนของสีต่อแสงจะมีค่าจากระดับ 1 (มีความคงทนต่ำสุด) ถึง  
ระดับ 8 (มีความคงทนสูงสุด)

สีเปลี่ยนจากเดิม ระดับ 5 หมายถึง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสี  
4 หมายถึง สีเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย  
3 หมายถึง สีเปลี่ยนแปลงพอสังเกตเห็นได้  
2 หมายถึง สีเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก  
1 หมายถึง สีเปลี่ยนแปลงมาก

จากผลการตรวจสอบเส้นใยและผ้าทอที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติในเรื่องของความคงทนของสีต่อแสง : ด้วยวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-B02 : 1994 (E) และพิจารณาค่าความแตกต่างของสีโดยรวมของผ้าทดลองหลังการอาบแสงพบว่าการย้อมสีทอด้วยสีแดงจากแก่นฝางและสีเหลืองจากขมิ้นชันจากการย้อมด้วยวัตถุดิบโดยตรงและจากผงสีสกัด มีระดับการเปลี่ยนสีจากเดิมที่ระดับ 1 คือสีเกิดการเปลี่ยนแปลงมากเมื่อถูกแสง นั่นหมายความว่าสีมีค่าความคงทนต่ำ และไม่เป็นที่ยอมรับตามมาตรฐาน มอก. 17025-2548 โดยมาตรฐานที่ยอมรับได้ระดับค่าความคงทนของสีต่อแสงจะต้องมีระดับค่าการเปลี่ยนสีจากเดิม 4 ระดับ ส่วนผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงของเส้นใยฝ้ายย้อมสีน้ำเงิน เส้นใยเซมพ์ย้อมสีน้ำเงิน ผ้าทอฝ้ายย้อมสีน้ำเงิน ผ้าทอเซมพ์ย้อมสีน้ำเงิน ผลการทดสอบพบว่าเส้นด้ายมีความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในระดับ 4-5 (สีเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย) ซึ่งคงทนกว่าผ้าทอที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับ 3-4 (สีเปลี่ยนแปลงพอสังเกตเห็นได้) และเมื่อเปรียบเทียบกับผลการย้อมด้วยเปราะกับสีผง พบว่าให้ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงที่ไม่แตกต่างกันในแต่ละคู่การทดสอบ

ตารางที่ 16 แสดงผลการวิเคราะห์ความคงทนของสีต่อการซักสำหรับการย้อมสีแดงจากแก่นฝาง :

ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-C10 : 2006 (E) TEST NO.A (1) (40 °C, 30 นาที)

|                                                   | ผ้าทอฝ้ายย้อม<br>สีแดงจากแก่นฝาง<br>(ดิบ)   | ผ้าทอฝ้ายย้อม<br>สีแดงจากแก่นฝาง<br>(ผง)   | เส้นใยฝ้ายย้อม<br>สีแดงจากแก่นฝาง<br>(ผง)   |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|
| สีเปลี่ยนจากเดิม (ระดับ)<br>สีตกติดผ้าขาว (ระดับ) | 2-3                                         | 2                                          | 2                                           |
| - Acetate                                         | 4                                           | 4                                          | 4                                           |
| - Cotton                                          | 3-4                                         | 3-4                                        | 3-4                                         |
| - Nylon                                           | 4-5                                         | 4-5                                        | 4                                           |
| - Polyester                                       | 4-5                                         | 4-5                                        | 4                                           |
| - Acrylic                                         | 4                                           | 4                                          | 4                                           |
| - Wool                                            | 4                                           | 4                                          | 4                                           |
|                                                   | ผ้าทอไหมพรมย้อม<br>สีแดงจากแก่นฝาง<br>(ดิบ) | ผ้าทอไหมพรมย้อม<br>สีแดงจากแก่นฝาง<br>(ผง) | เส้นใยไหมพรมย้อม<br>สีแดงจากแก่นฝาง<br>(ผง) |
| สีเปลี่ยนจากเดิม (ระดับ)<br>สีตกติดผ้าขาว (ระดับ) | 3-4                                         | 3                                          | 1-2                                         |
| - Acetate                                         | 4-5                                         | 4                                          | 4                                           |
| - Cotton                                          | 3-4                                         | 3-4                                        | 3                                           |
| - Nylon                                           | 4                                           | 4                                          | 4                                           |
| - Polyester                                       | 4                                           | 4-5                                        | 4                                           |
| - Acrylic                                         | 4                                           | 4-5                                        | 4                                           |
| - Wool                                            | 4                                           | 4                                          | 4                                           |

|                    |         |         |                        |
|--------------------|---------|---------|------------------------|
| หมายเหตุ : สีดกติด | ระดับ 5 | หมายถึง | ไม่มีการตกติดของสี     |
|                    | ระดับ 4 | หมายถึง | สีตกติดเล็กน้อย        |
|                    | ระดับ 3 | หมายถึง | สีตกติดพอสังเกตเห็นได้ |
|                    | ระดับ 2 | หมายถึง | สีตกติดค่อนข้างมาก     |
|                    | ระดับ 1 | หมายถึง | สีตกติดมาก             |

จากผลการตรวจสอบในด้านความคงทนต่อการซักใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-C10 : 2006 (E) TEST NO.A (1) (40 °C, 30 นาที) เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างของสีโดยรวมของผ้า ทดลองหลังการซักด้วยน้ำสบู่ที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 30 นาที พบว่าการย้อมผ้าฝ้ายและเส้นใยฝ้าย ด้วยสีแดงจากแก่นฝางจากการย้อมด้วยวัตถุติดโดยตรงและจากผงสีสกัด มีระดับการเปลี่ยนสีจากเดิม 2-3 ระดับ คือสังเกตเห็นสีการเปลี่ยนแปลงของสีได้ (ระดับ 3) จนถึงมีการเปลี่ยนแปลงสีค่อนข้างมาก (ระดับ 2) ส่วนผลการเปลี่ยนแปลงสีหลังการซักสำหรับผ้าทอเซมพ์พบว่าระดับค่าความคงทนต่อการ ซักมากกว่าผ้าทอฝ้ายจากผลการวิเคราะห์ที่มีระดับการเปลี่ยนสีจากเดิม 3-4 ระดับ คือมีการเปลี่ยนสี เล็กน้อย (ระดับ 4) แต่เมื่อนำผงสีแดงจากแก่นฝางไปย้อมเส้นใยจะมีความคงทนต่อการซักลดลง และ เมื่อพิจารณาในส่วนผลของการตกสีบนผ้าขาว ให้ผลโดยรวมทั้งผ้าทอฝ้ายและผ้าทอเซมพ์ให้ผลของการ ตกติดผ้าขาวชนิดต่างๆ อยู่ในระดับ 4-5 ขึ้นกับชนิดของผ้า โดยระดับผลที่แสดง ระดับ 4 หมายถึงมี การตกติดเล็กน้อย และระดับ 5 ไม่มีการตกติดของสี ยกเว้นผ้า Cotton ที่ให้ผลการตกติดในระดับ 3-4 ซึ่งสามารถพอสังเกตเห็นการตกติดเล็กน้อย (ระดับ 3) เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของผงสีในการ ย้อมติดสีบนผ้าทอและเส้นใยนั้นให้ผลไม่แตกต่างกับการย้อมผ้าด้วยวัตถุติดโดยตรง โดยพิจารณาจาก การตกสีบนผ้าขาวชนิดอื่นจะเห็นว่าการตกติดสีเล็กน้อยจนถึงไม่มีการตกติดสี แต่จากผลในตาราง แสดงให้เห็นว่าการย้อมผ้าทอเซมพ์ด้วยผงสีจากแก่นฝางสกัดจะให้ค่าความคงทนต่อการซักดีกว่าผ้าทอ ฝ้ายและมีการตกติดสีบนผ้าขาวชนิดต่างๆ น้อยกว่าอีกด้วย

ตารางที่ 17 แสดงผลการวิเคราะห์ความคงทนของสีต่อการซักสำหรับการย้อมสีเหลืองจากขมิ้นชัน :

ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-C10 : 2006 (E) TEST NO.A (1) (40 °C, 30 นาที)

|                          | ผ้าทอฝ้ายย้อม<br>สีเหลือง<br>จากขมิ้นชัน (ดิบ) | ผ้าทอฝ้ายย้อม<br>สีเหลือง<br>จากขมิ้นชัน (ผง) | เส้นใยฝ้ายย้อม<br>สีเหลือง<br>จากขมิ้นชัน (ผง) |
|--------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|
| สีเปลี่ยนจากเดิม (ระดับ) | 3-4                                            | 3-4                                           | 2-3                                            |
| สีตกติดผ้าขาว (ระดับ)    |                                                |                                               |                                                |
| - Acetate                | 4                                              | 3-4                                           | 3-4                                            |
| - Cotton                 | 4                                              | 3-4                                           | 3                                              |
| - Nylon                  | 3                                              | 2-3                                           | 2-3                                            |
| - Polyester              | 4-5                                            | 4-5                                           | 4-5                                            |
| - Acrylic                | 4-5                                            | 4-5                                           | 4-5                                            |
| - Wool                   | 4-5                                            | 4-5                                           | 4-5                                            |

|                                                   | ผ้าทอเซมพ์ย้อมสี<br>เหลืองจากขมิ้นชัน<br>(ดิบ) | ผ้าทอเซมพ์ย้อมสี<br>เหลืองจากขมิ้นชัน<br>(ผง) | เส้นใยเซมพ์ย้อมสี<br>เหลืองจากขมิ้นชัน<br>(ผง) |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|
| สีเปลี่ยนจากเดิม (ระดับ)<br>สีตกติดผ้าขาว (ระดับ) | 3-4                                            | 3-4                                           | 3-4                                            |
| - Acetate                                         | 3-4                                            | 3-4                                           | 3-4                                            |
| - Cotton                                          | 3-4                                            | 3-4                                           | 3-4                                            |
| - Nylon                                           | 3                                              | 2-3                                           | 2-3                                            |
| - Polyester                                       | 4-5                                            | 4-5                                           | 4                                              |
| - Acrylic                                         | 4-5                                            | 4-5                                           | 4                                              |
| - Wool                                            | 4-5                                            | 4-5                                           | 4                                              |

|                    |         |         |                        |
|--------------------|---------|---------|------------------------|
| หมายเหตุ : สีตกติด | ระดับ 5 | หมายถึง | ไม่มีการตกติดของสี     |
|                    | ระดับ 4 | หมายถึง | สีตกติดเล็กน้อย        |
|                    | ระดับ 3 | หมายถึง | สีตกติดพอสังเกตเห็นได้ |
|                    | ระดับ 2 | หมายถึง | สีตกติดค่อนข้างมาก     |
|                    | ระดับ 1 | หมายถึง | สีตกติดมาก             |

จากผลการตรวจสอบในด้านความคงทนต่อการซักใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-C10 : 2006 (E) TEST NO.A (1) (40 °C, 30 นาที) เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างของสีโดยรวมของผ้าทดลองหลังการซักด้วยน้ำสบู่ที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 30 นาที พบว่าทั้งการย้อมผ้าทอฝ้ายและผ้าทอเซมพ์ด้วยสีเหลืองจากขมิ้นชันจากการย้อมด้วยวัตถุดิบโดยตรงและจากผงสีสกัด มีระดับการเปลี่ยนสีจากเดิม 3-4 ระดับ คือสังเกตเห็นสีการเปลี่ยนแปลงของสีได้ (ระดับ 3) จนถึงสีมีการเปลี่ยนแปลงน้อย (ระดับ 4) แสดงว่ามีระดับการเปลี่ยนสีปานกลางถึงเล็กน้อย ยกเว้นผลการย้อมเส้นใยฝ้ายที่ให้ผลการเปลี่ยนแปลงสีค่อนข้างมากคือระดับ 2 แสดงว่าเส้นใยฝ้ายที่ย้อมด้วยผงสีนั้นจะมีค่าความคงทนต่อการซักลดลง สำหรับผลของการตกสีบนผ้าขาว ให้ผลโดยรวมทั้งผ้าทอฝ้ายและผ้าทอเซมพ์ให้ผลของการตกติดผ้าขาวชนิด polyester, Acrylic และ wool อยู่ในระดับ 4-5 คือมีการตกสีเล็กน้อยจนถึงไม่มีการตกติดสีเลย จึงสามารถนำผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้นชันไปซักรวมกับผ้ากลุ่มนี้ได้ และให้ผลการตกติดสีบนผ้าขาวชนิด Acetate, Cotton และ Nylon ในระดับ 3-4 แสดงว่าไม่ควรซักผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้นชันพร้อมกับผ้ากลุ่มนี้เพราะอาจทำให้เกิดการตกสีที่พอสังเกตเห็นได้ (ผลระดับ 3) บนผ้าขาว จากค่าการตกติดสีแสดง

ให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการย้อมติดของสียบนเนื้อผ้าทอ (ทั้งฝ้ายและเซมพ์) ได้ค่อนข้างดี แต่เมื่อนำไปย้อมเส้นใยกลับพบว่าประสิทธิภาพลดลงคือเมื่อนำไปทดสอบการตกติดสีพบว่ามีโอกาสติดมากกว่าตารางที่ 18 แสดงผลการวิเคราะห์ความคงทนของสีต่อการซักสำหรับการย้อมสีน้ำเงินจากอ้อม :

ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-C10 : 2006 (E) TEST NO.A (1) (40 °C, 30 นาที)

|                          | ผ้าทอฝ้ายย้อม<br>สีน้ำเงิน<br>จากอ้อม (เปราะ)  | ผ้าทอฝ้ายย้อม<br>สีน้ำเงิน<br>จากอ้อม (ผง)  | เส้นใยฝ้ายย้อม<br>สีน้ำเงิน<br>จากอ้อม (เปราะ)  | เส้นใยฝ้ายย้อม<br>สีน้ำเงิน<br>จากอ้อม (ผง)  |
|--------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| สีเปลี่ยนจากเดิม (ระดับ) | 3                                              | 3-4                                         | 4                                               | 4                                            |
| สีตกติดผ้าขาว (ระดับ)    |                                                |                                             |                                                 |                                              |
| - Acetate                | 3-4                                            | 4                                           | 3                                               | 3-4                                          |
| - Cotton                 | 4                                              | 4                                           | 4                                               | 4                                            |
| - Nylon                  | 3-4                                            | 4                                           | 3                                               | 3-4                                          |
| - Polyester              | 4                                              | 4                                           | 4                                               | 4                                            |
| - Acrylic                | 4                                              | 4                                           | 4                                               | 4                                            |
| - Wool                   | 4                                              | 4                                           | 4                                               | 4                                            |
|                          | ผ้าทอเซมพ์ย้อม<br>สีน้ำเงิน<br>จากอ้อม (เปราะ) | ผ้าทอเซมพ์ย้อม<br>สีน้ำเงิน<br>จากอ้อม (ผง) | เส้นใยเซมพ์ย้อม<br>สีน้ำเงิน<br>จากอ้อม (เปราะ) | เส้นใยเซมพ์ย้อม<br>สีน้ำเงิน<br>จากอ้อม (ผง) |
| สีเปลี่ยนจากเดิม (ระดับ) | 2-3                                            | 4                                           | 4                                               | 4                                            |
| สีตกติดผ้าขาว (ระดับ)    |                                                |                                             |                                                 |                                              |
| - Acetate                | 3-4                                            | 4                                           | 3-4                                             | 4                                            |
| - Cotton                 | 4                                              | 4                                           | 4                                               | 4                                            |
| - Nylon                  | 3-4                                            | 4                                           | 3-4                                             | 4                                            |
| - Polyester              | 4                                              | 4                                           | 4                                               | 4                                            |
| - Acrylic                | 4                                              | 4                                           | 4                                               | 4                                            |
| - Wool                   | 4                                              | 4                                           | 4                                               | 4                                            |

|                    |         |         |                        |
|--------------------|---------|---------|------------------------|
| หมายเหตุ : สีตกติด | ระดับ 5 | หมายถึง | ไม่มีการตกติดของสี     |
|                    | ระดับ 4 | หมายถึง | สีตกติดเล็กน้อย        |
|                    | ระดับ 3 | หมายถึง | สีตกติดพอสังเกตเห็นได้ |
|                    | ระดับ 2 | หมายถึง | สีตกติดค่อนข้างมาก     |
|                    | ระดับ 1 | หมายถึง | สีตกติดมาก             |

จากตารางผลการทดสอบความคงทนสีต่อการซักโดยใช้น้ำสบู่มาตรฐานความเข้มข้น 5 กรัม ลิตร ของเส้นใยฝ้ายย้อมสีน้ำเงิน เส้นใยเซมพ์ย้อมสีน้ำเงิน ผ้าทอฝ้ายย้อมสีน้ำเงิน ผ้าทอเซมพ์ย้อมสีน้ำเงิน ผลการทดสอบพบว่าเส้นด้ายมีความคงทนสีต่อการซักอยู่ในระดับ 4 (สีตกติดเล็กน้อย) ซึ่งคงทนกว่าผ้าทอที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับ 2-4 โดยพบว่าผ้าทอเซมพ์ย้อมสีน้ำเงินผงจะมีความคงทนสีต่อการซักอยู่ในระดับที่ต่ำสุด 2-3 คือ สีตกติดค่อนข้างมาก และเมื่อเปรียบเทียบกับการย้อมด้วยเปอร์อะกัมบีสผง พบว่าให้ผลการทดสอบความคงทนสีต่อการซักที่ไม่แตกต่างกันในแต่ละคู่การทดสอบ

ตารางที่ 19 แสดงผลการวิเคราะห์ความคงทนของสีต่อเหงื่อสำหรับการย้อมสีแดงจากแก่นฝาง :

ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-E04 : 2008 (E)

|                          | ผ้าทอฝ้ายย้อมสีแดง<br>จากแก่นฝาง |     | ผ้าทอเซมพ์ย้อมสีแดง<br>จากแก่นฝาง |     |
|--------------------------|----------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|
|                          | ดิบ                              | ผง  | ดิบ                               | ผง  |
| สภาวะกรด                 |                                  |     |                                   |     |
| สีเปลี่ยนจากเดิม (ระดับ) | 3-4                              | 3   | 4                                 | 4   |
| สีตกติดผ้าขาว (ระดับ)    |                                  |     |                                   |     |
| - Acetate                | 2                                | 2   | 2                                 | 1-2 |
| - Cotton                 | 3                                | 3   | 3                                 | 2   |
| - Nylon                  | 2                                | 2   | 1-2                               | 1-2 |
| - Polyester              | 4                                | 3   | 3                                 | 2   |
| - Acrylic                | 3-4                              | 3   | 3-4                               | 2   |
| - Wool                   | 3-4                              | 3   | 3-4                               | 2   |
| สภาวะด่าง                |                                  |     |                                   |     |
| สีเปลี่ยนจากเดิม (ระดับ) | 3-4                              | 4   | 4-5                               | 4-5 |
| สีตกติดผ้าขาว (ระดับ)    |                                  |     |                                   |     |
| - Acetate                | 3                                | 2-3 | 2-3                               | 2   |
| - Cotton                 | 3                                | 2-3 | 3                                 | 2   |
| - Nylon                  | 2-3                              | 2-3 | 2-3                               | 2   |
| - Polyester              | 4                                | 3   | 3-4                               | 2-3 |
| - Acrylic                | 4                                | 3   | 4                                 | 2-3 |
| - Wool                   | 4                                | 3   | 3-4                               | 2-3 |

|                    |         |         |                        |
|--------------------|---------|---------|------------------------|
| หมายเหตุ : สีดกติด | ระดับ 5 | หมายถึง | ไม่มีการตกติดของสี     |
|                    | ระดับ 4 | หมายถึง | สีตกติดเล็กน้อย        |
|                    | ระดับ 3 | หมายถึง | สีตกติดพอสังเกตเห็นได้ |
|                    | ระดับ 2 | หมายถึง | สีตกติดค่อนข้างมาก     |
|                    | ระดับ 1 | หมายถึง | สีตกติดมาก             |

จากผลการตรวจสอบในด้านความคงทนต่อการเหี่ยวทั้งสภาวะที่เป็นกรดและด่างใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-E04 : 2008 (E) เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างของสีโดยรวมของผ้าทดลองในสภาวะที่เป็นกรดและด่าง พบว่าการผ้าทดลองที่ย้อมด้วยสีแดงจากแก่นฝาง มีระดับการเปลี่ยนสีจากเดิม 3-4 ระดับ สำหรับผ้าฝ้าย และมีระดับการเปลี่ยนสีจากเดิม 4-5 ระดับสำหรับผ้าเซมพ์ ทั้งกรณีที่ย้อมด้วยวัตถุดิบโดยตรงและจากผงสีสกัด แสดงว่าผ้าทอเซมพ์และเส้นใยเซมพ์มีความคงทนต่อเหงื่อได้ดีกว่าผ้าฝ้าย แต่จากผลการวิเคราะห์ในส่วนของการตกติดสีพบว่าเมื่อนำผ้าทดลองหลังจากแช่ในเหงื่อจำลองทั้งสภาวะที่เป็นกรดและด่าง หลังจากนั้นนำไปซักรวมกับผ้าขาวชนิดต่างๆ ให้ผลในการตกสีบนผ้าขาวเกือบทุกชนิดคือสังเกตเห็นสีที่ตกติดบนผ้าขาว (ระดับ 3) จนถึงมีการตกติดสีบนผ้าขาวค่อนข้างมาก (ระดับ 2) ยกเว้นผ้าขาวชนิด polyester, acrylic และ wool ที่ซักรวมกับผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยวัตถุดิบธรรมชาติที่ให้ผลการตกติดบนผ้าขาวเล็กน้อย (ระดับ 4) และจากผลในตารางพบว่าการย้อมผ้าทอฝ้ายและผ้าทอเซมพ์ด้วยผงสีแก่นฝางให้ผลการตกติดสีบนผ้าชนิดอื่นมากกว่าการย้อมด้วยวัตถุดิบโดยตรงแสดงมีความคงทนต่อสภาวะเหงื่อลดลงเมื่อทำการแปรรูปขมิ้นชันเป็นผงสี

ตารางที่ 20 แสดงผลการวิเคราะห์ความคงทนของสีต่อเหงื่อสำหรับการย้อมสีเหลืองจากขมิ้นชัน :

ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-E04 : 2008 (E)

|                          | ผ้าทอฝ้ายย้อมสีเหลือง<br>จากขมิ้นชัน |     | ผ้าทอเซมพ์ย้อมสีเหลือง<br>จากขมิ้นชัน |     |
|--------------------------|--------------------------------------|-----|---------------------------------------|-----|
|                          | ดิบ                                  | ผง  | ดิบ                                   | ผง  |
| สภาวะกรด                 |                                      |     |                                       |     |
| สีเปลี่ยนจากเดิม (ระดับ) | 4                                    | 4   | 4                                     | 4   |
| สีตกติดผ้าขาว (ระดับ)    |                                      |     |                                       |     |
| - Acetate                | 4                                    | 3-4 | 4                                     | 3-4 |
| - Cotton                 | 3-4                                  | 3   | 3-4                                   | 3   |

|                          |     |     |     |     |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|
| - Nylon                  | 3-4 | 3   | 3-4 | 3   |
| - Polyester              | 4   | 3-4 | 4   | 3-4 |
| - Acrylic                | 4   | 3-4 | 4   | 3-4 |
| - Wool                   | 4   | 3-4 | 4   | 3-4 |
| สภาวะต่าง                |     |     |     |     |
| สีเปลี่ยนจากเดิม (ระดับ) | 4-5 | 4   | 4   | 4   |
| สีตกติดผ้าขาว (ระดับ)    |     |     |     |     |
| - Acetate                | 3-4 | 3-4 | 4   | 3-4 |
| - Cotton                 | 3   | 3   | 3-4 | 3   |
| - Nylon                  | 3   | 3   | 3-4 | 3   |
| - Polyester              | 4   | 3-4 | 4   | 3-4 |
| - Acrylic                | 4   | 3-4 | 4   | 3-4 |
| - Wool                   | 4   | 3-4 | 4   | 3-4 |

|                    |         |         |                        |
|--------------------|---------|---------|------------------------|
| หมายเหตุ : สีตกติด | ระดับ 5 | หมายถึง | ไม่มีการตกติดของสี     |
|                    | ระดับ 4 | หมายถึง | สีตกติดเล็กน้อย        |
|                    | ระดับ 3 | หมายถึง | สีตกติดพอสังเกตเห็นได้ |
|                    | ระดับ 2 | หมายถึง | สีตกติดค่อนข้างมาก     |
|                    | ระดับ 1 | หมายถึง | สีตกติดมาก             |

จากผลการตรวจสอบในด้านความทนต่อการเหี่ยวทั้งสภาวะที่เป็นกรดและด่างใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-E04 : 2008 (E) เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างของสีโดยรวมของผ้าทดลองในสภาวะที่เป็นกรดและด่าง พบว่าการผ้าทดลองที่ย้อมด้วยสีเหลืองจากขมิ้นชัน มีระดับการเปลี่ยนสีจากเดิม 3-4 ระดับ ทั้งผ้าทอฝ้ายและผ้าทอเฮมพ์ที่ย้อมด้วยวัตถุดิบโดยตรงและจากผงสีสกัดโดยมีค่าความทนต่อเหงื่อในสภาวะที่เป็นกรดดีกว่าสภาวะที่เป็นด่างเล็กน้อย (ระดับ 4 สีเกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย) สำหรับผลของการตกติดสีบนผ้าขาวชนิดต่างๆ พบว่าเมื่อนำผ้าทดลองหลังจากแช่ในเหงื่อจำลองทั้งสภาวะที่เป็นกรดและด่าง หลังจากนั้นนำไปซักรวมกับผ้าขาวชนิดต่างๆ ให้ผลในการตกติดสีระดับ 3-4 คือสังเกตเห็นการตกติดสีบนผ้าขาว (ระดับ 3) จนถึงมีการตกติดสีบนผ้าขาวเล็กน้อย (ระดับ 4) และจากผลในตารางพบว่าการย้อมผ้าทอฝ้ายและผ้าทอเฮมพ์ด้วยผงสีขมิ้นชันให้ผลการตกติดสีบนผ้าชนิดอื่นมากกว่าการย้อมด้วยวัตถุดิบโดยตรงแสดงมีความทนต่อสภาวะเหงื่อลดลงเมื่อทำการแปรรูปขมิ้นชันเป็นผงสี

จากตารางผลการทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อ พบว่าผ้าทอฝ้ายย้อมสีน้ำเงิน ผ้าทอผสมฟ้าย้อมสีน้ำเงิน ให้ผลการทดสอบอยู่ในระดับ 4-5 คือ มีสีตกติดเล็กน้อย และเมื่อเปรียบเทียบกับการย้อมด้วยเปรอะ กับสีผง พบว่าให้ผลการทดสอบความคงทนสีต่อเหงื่อไม่แตกต่างกันในแต่ละคู่การทดสอบ

|                    |         |         |                        |
|--------------------|---------|---------|------------------------|
| หมายเหตุ : สัตกติด | ระดับ 5 | หมายถึง | ไม่มีการตกติดของสี     |
|                    | ระดับ 4 | หมายถึง | สีตกติดเล็กน้อย        |
|                    | ระดับ 3 | หมายถึง | สีตกติดพอสังเกตเห็นได้ |
|                    | ระดับ 2 | หมายถึง | สีตกติดค่อนข้างมาก     |
|                    | ระดับ 1 | หมายถึง | สีตกติดมาก             |

จากผลการตรวจสอบในด้านความคงทนของสีต่อการกดทับด้วยความร้อนใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-X11 : 1994 (E) (อุณหภูมิ 200 °C) เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างของสีโดยรวมของผ้าทดลองในสภาวะแบบแห้ง แบบชื้น และแบบเปียก จากค่าในตารางทั้งผ้าทอฝ้ายและผ้าทอเซมพ์ที่เชื่อมด้วยสีแดงจากแก่นฝางทั้งการย้อมวัตถุดิบโดยตรงและย้อมด้วยผงสีมีค่าความคงทนต่อการกดทับด้วยความร้อนในระดับดีถึงดีมากไม่แตกต่างกัน คือมีระดับการเปลี่ยนสีเล็กน้อย (ระดับ 4) ถึงไม่มีการเปลี่ยนสี (ระดับ 5) เมื่อนำผ้าทอฝ้ายและผ้าทอเซมพ์ไปกดทับด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 200 °C ใน

การทดสอบทั้ง 3 แบบ คือแบบแห้ง แบบชื้นและแบบเปียก และให้ผลการทดสอบเหมือนกันเมื่อมีการปรับสภาวะก่อนการกดทับด้วยความร้อน และจากผลการทดสอบให้ข้อแนะนำก่อนการกดทับด้วยความร้อนหรือการนำผ้าไปรีดนั่นเอง ควรผึ่งผ้าให้แห้งก่อนนำไปรีดเพราะผ้าที่เปียกหรือชื้นจะมีผลให้สีตกติดใส่ผ้าขาวหรือผ้ารองรีดได้ ดังผลที่แสดงในตารางมีค่าการตกติดสีบนผ้าขาวในระดับ 1-3 คือสังเกตเห็นการตกติดสีบนผ้าขาว (ระดับ 3) จนถึงมีการตกติดสีมาก (ระดับ 1) เมื่อรีดผ้าในขณะเปียก

ตารางที่ 23 แสดงผลการวิเคราะห์ความคงทนของสีต่อการกดทับด้วยความร้อน สำหรับการย้อมสี  
เหลืองจากขมิ้นชัน: ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-X11 : 1994 (E) (อุณหภูมิ 200 °C)

|                                     | ผ้าทอฝ้ายย้อมสีเหลือง<br>จากขมิ้นชัน |     | ผ้าทอไหมย้อมสีเหลือง<br>จากขมิ้นชัน |     |
|-------------------------------------|--------------------------------------|-----|-------------------------------------|-----|
|                                     | ดิบ                                  | ผง  | ดิบ                                 | ผง  |
| แบบแห้ง (ระดับ)                     |                                      |     |                                     |     |
| - สีเปลี่ยนจากเดิมหลังจากทดสอบทันที | 4-5                                  | 4-5 | 4-5                                 | 4-5 |
| - สีเปลี่ยนจากเดิมหลังปรับสภาวะ     | 4-5                                  | 4-5 | 4-5                                 | 4-5 |
| - สีตกติดผ้าขาว                     | 4-5                                  | 4-5 | 4-5                                 | 4-5 |
| แบบชื้น (ระดับ)                     |                                      |     |                                     |     |
| - สีเปลี่ยนจากเดิมหลังจากทดสอบทันที | 4-5                                  | 4-5 | 4-5                                 | 4-5 |
| - สีเปลี่ยนจากเดิมหลังปรับสภาวะ     | 4-5                                  | 4-5 | 4-5                                 | 4-5 |
| - สีตกติดผ้าขาว                     | 4                                    | 4   | 4                                   | 4   |
| แบบเปียก (ระดับ)                    |                                      |     |                                     |     |
| - สีเปลี่ยนจากเดิมหลังจากทดสอบทันที | 4-5                                  | 4-5 | 4-5                                 | 4-5 |
| - สีเปลี่ยนจากเดิมหลังปรับสภาวะ     | 4-5                                  | 4-5 | 4-5                                 | 4-5 |
| - สีตกติดผ้าขาว                     | 3                                    | 3-4 | 3-4                                 | 3-4 |

|                    |         |         |                        |
|--------------------|---------|---------|------------------------|
| หมายเหตุ : สีตกติด | ระดับ 5 | หมายถึง | ไม่มีการตกติดของสี     |
|                    | ระดับ 4 | หมายถึง | สีตกติดเล็กน้อย        |
|                    | ระดับ 3 | หมายถึง | สีตกติดพอสังเกตเห็นได้ |
|                    | ระดับ 2 | หมายถึง | สีตกติดค่อนข้างมาก     |
|                    | ระดับ 1 | หมายถึง | สีตกติดมาก             |

จากผลการตรวจสอบในด้านความคงทนของสีต่อการกดทับด้วยความร้อนใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-X11 : 1994 (E) (อุณหภูมิ 200 °C) เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างของสีโดยรวมของผ้าทดลองในสภาวะแบบแห้ง แบบชื้น และแบบเปียก จากค่าในตารางทั้งผ้าทอฝ้ายและผ้าทอเซมพ์ที่ย้อมด้วยสีเหลืองจากขมิ้นชันทั้งการย้อมวัตถุดิบโดยตรงและย้อมด้วยผงสีมีค่าความคงทนต่อการกดทับด้วยความร้อนในระดับดีถึงดีมากไม่แตกต่างกัน คือมีระดับการเปลี่ยนสีเล็กน้อย (ระดับ 4) ถึงไม่มีการเปลี่ยนสี (ระดับ 5) เมื่อนำผ้าทอฝ้ายและผ้าทอเซมพ์ไปกดทับด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 200 °C ในการทดสอบทั้ง 3 แบบ คือแบบแห้ง แบบชื้นและแบบเปียก และให้ผลการทดสอบเหมือนกัน เมื่อมีการปรับสภาวะก่อนการกดทับด้วยความร้อน และไม่พบปัญหาในการตกติดสีบนผ้าขาวเมื่อนำผ้าย้อมไปกดทับด้วยความร้อนหรือการนำผ้าไปรีดในขณะแห้งและชื้น แต่ไม่ควรรีดในขณะเปียก เพราะทำให้เกิดการตกติดของสีบนผ้าขาวพอสังเกตได้ (ระดับ 3)

ตารางที่ 24 แสดงผลการวิเคราะห์ความคงทนของสีต่อการกดทับด้วยความร้อน สำหรับการย้อม

สีน้ำเงินจากข้อม : ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-X11 : 1994 (E) (อุณหภูมิ 200 °C)

|                                     | ผ้าทอฝ้ายย้อม<br>สีน้ำเงิน<br>จากข้อม<br>(เปราะ) | ผ้าทอเซมพ์ย้อม<br>สีน้ำเงิน<br>จากข้อม<br>(เปราะ) | ผ้าทอฝ้ายย้อม<br>สีน้ำเงิน<br>จากข้อม<br>(ผง) | ผ้าทอเซมพ์ย้อม<br>สีน้ำเงิน<br>จากข้อม<br>(ผง) |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|
| แบบแห้ง (ระดับ)                     |                                                  |                                                   |                                               |                                                |
| - สีเปลี่ยนจากเดิมหลังจากทดสอบทันที | 4-5                                              | 4-5                                               | 4-5                                           | 4-5                                            |
| - สีเปลี่ยนจากเดิมหลังปรับสภาวะ     | 4-5                                              | 4-5                                               | 4-5                                           | 4-5                                            |
| - สีตกติดผ้าขาว                     | 4-5                                              | 4-5                                               | 4-5                                           | 4-5                                            |
| แบบชื้น (ระดับ)                     | 4-5                                              | 4-5                                               | 4-5                                           | 4-5                                            |
| - สีเปลี่ยนจากเดิมหลังจากทดสอบทันที | 4-5                                              | 4-5                                               | 4-5                                           | 4-5                                            |
| - สีเปลี่ยนจากเดิมหลังปรับสภาวะ     | 4-5                                              | 4-5                                               | 4-5                                           | 4-5                                            |
| - สีตกติดผ้าขาว                     | 4-5                                              | 4-5                                               | 4-5                                           | 4-5                                            |
| แบบเปียก (ระดับ)                    | 4-5                                              | 4-5                                               | 4-5                                           | 4-5                                            |
| - สีเปลี่ยนจากเดิมหลังจากทดสอบทันที | 4-5                                              | 4-5                                               | 4-5                                           | 4-5                                            |
| - สีเปลี่ยนจากเดิมหลังปรับสภาวะ     | 4-5                                              | 4-5                                               | 4-5                                           | 4-5                                            |
| - สีตกติดผ้าขาว                     | 3-4                                              | 4                                                 | 4                                             | 4                                              |

|                    |         |         |                        |
|--------------------|---------|---------|------------------------|
| หมายเหตุ : สีดกติด | ระดับ 5 | หมายถึง | ไม่มีการตกติดของสี     |
|                    | ระดับ 4 | หมายถึง | สีตกติดเล็กน้อย        |
|                    | ระดับ 3 | หมายถึง | สีตกติดพอสังเกตเห็นได้ |
|                    | ระดับ 2 | หมายถึง | สีตกติดค่อนข้างมาก     |
|                    | ระดับ 1 | หมายถึง | สีตกติดมาก             |

จากตารางผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการกดทับด้วยความร้อน สำหรับการย้อม พบว่าตัวอย่างผ้าทอฝ้าย ผ้าทอแฮมพ์ ให้ผลการทดสอบแบบแห้ง แบบชื้น แบบเปียก ที่มีค่าไม่แตกต่างกันค่าทดสอบอยู่ในระดับ 4-5 คือ สีตกติดเล็กน้อย และเมื่อเปรียบเทียบกับผลการย้อมด้วยประอะ กับสีผง พบว่าให้ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการกดทับด้วยความร้อน สำหรับการย้อม ไม่แตกต่างกันในแต่ละคู่การทดสอบ

#### 4.7 ผลการสำรวจความพึงพอใจต่อกระบวนการผลิตผงสีและการนำไปใช้

จากผลการทดลองเพื่อพัฒนาผงสีย้อมพร้อมใช้เบื้องต้นได้ผงสีย้อมพร้อมใช้ 3 เฉดสีจากพืชให้สี 3 ชนิด คือผงสีแดงจากแก่นฝาง ผงสีเหลืองจากขมิ้น และผงสีน้ำเงินจากฮ่อม ดังนั้นเพื่อให้แนวทางการวิจัยเป็นไปตามความต้องการของชุมชนทางคณะผู้ร่วมโครงการจึงได้จัดโครงการสำรวจความพึงพอใจเบื้องต้นต่อผงสีย้อมที่ผลิตได้จากโครงการเบื้องต้นนี้ โดยได้จัดทำเอกสารประกอบการสำรวจดังแสดงในภาคผนวกที่ 7 พร้อมสาธิตกระบวนการย้อมด้วยผงสีย้อมที่ผลิต และได้ให้เกษตรกรกลุ่มตัวอย่างได้ลองทดสอบการย้อมผงด้วยผงสีย้อมนี้ โดยโครงการสำรวจนี้ได้ดำเนินการไปเมื่อวันที่ 3 พฤศจิกายน พ.ศ. 2555 แก่กลุ่มแม่บ้านหมู่บ้านแม่ทราย ณ ศาลากลางหมู่บ้านแม่ทราย ต.แม่ทราย อ.ร้องกวาง จ.แพร่

จากผลการสำรวจความพึงพอใจเบื้องต้น โดยการนำเทคโนโลยีการย้อมผ้าด้วยสีธรรมชาติ พบว่าในเขตชุมชนนี้มีองค์ความรู้เดิมแต่ไม่มีการนำไปพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนเป็นอาชีพ เนื่องจากสังคมมีการเปลี่ยนแปลง มีความเร่งรีบในการใช้ชีวิตจึงมีเพียงคนรุ่นเก่าเท่านั้นที่มีการย้อมผ้าด้วยวัตถุดิบธรรมชาติไว้ใช้ในครัวเรือน ผู้วิจัยได้ทำการสอบถามถึงลักษณะของชุมชน อาชีพทั่วไปและการส่งเสริมถ่ายทอดทั้งการเลือกวัตถุดิบธรรมชาติในการนำไปใช้ชีวิต พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความรู้เกี่ยวกับการใช้สีย้อมธรรมชาติ แต่ไม่ได้มีความเชี่ยวชาญหรือชำนาญเนื่องจากไม่ได้ใช้ในชีวิตประจำวันหรือไม่ได้ทำเป็นอาชีพ คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการพูดคุยเพื่อชี้ให้เห็นถึงประโยชน์ ข้อดีของการใช้สีย้อมธรรมชาติและคัดเลือกว่าวัตถุดิบที่ให้สีต่างกัน เน้นที่สามเฉดสีหลัก รวมถึงการใช้สีย้อมที่ได้จากการแปรรูปเป็นผง โดยการใช้เอกสารประกอบการบรรยายและลงมือปฏิบัติของผู้เข้าร่วมรับฟัง หลังจากการลงมือ

ปฏิบัติจริงคณะผู้วิจัยได้สอบถามถึงการใช้งานของสื่อผสมรวมทั้งตัวอย่างผ้าที่เชื่อมจากทั้งสามเจดีย์ ที่ทางโครงการได้จัดเตรียมไปเพื่อรับฟังข้อเสนอแนะจากการใช้งาน ความพึงพอใจ และความต้องการของชุมชนในด้านอื่นๆที่เกี่ยวกับสื่อผสมธรรมชาติ พบว่ากลุ่มตัวอย่างได้เสนอแนะถึงการปรับเจดีย์ให้มีระดับความเข้มที่หลากหลายเจด รวมถึงการนำไปใช้กับการเชื่อมวัตถุอื่นๆที่มีในชุมชน เช่นการเชื่อมไม้ไผ่ที่ใช้สานหมวกซึ่งเป็นอาชีพเสริมของชุมชนบ้านแม่ทราย

จากการสำรวจและผลการทดสอบผงสื่อผสมสรุปข้อดีและข้อเสียได้ดังนี้

#### ข้อดี

- เป็นการชี้ให้เห็นถึงภูมิปัญญาดั้งเดิมที่ถูกกลืน และเพื่อให้ชุมชนมีความตระหนักถึงข้อดีของการใช้สิ่งที่มีในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์
- สื่อผสมธรรมชาติมีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเป็นการลดมลภาวะซึ่งปัจจุบันจัดเป็นปัญหาที่น่าเป็นห่วงของโลก
- การแปรรูปสื่อเป็นผง เพื่อสะดวกต่อการเก็บรักษา และมีสำหรับใช้นอกฤดูกาลในกรณีที่วัตถุดิบนั้นหาได้เฉพาะบางฤดูกาล

#### ข้อเสีย

- กระบวนการแปรรูปสื่อผสมนั้นมีขั้นตอนที่ทำให้เกิดความสิ้นเปลืองทั้งในแง่ของพลังงานที่ใช้ในการแปรรูป และระยะเวลา
- ในการเชื่อมสื่อธรรมชาติโดยปกติมีข้อเสียที่ความคงทน ความสดใสของสี ความหลากหลายของเจดีย์ไม่เทียบเท่าสื่อเคมี ทำให้บางครั้งไม่เป็นที่นิยมของตลาด

(1)



(2)



(3)



รูปที่ 5 (1)-(3) รูปแสดงบรรยากาศในสถานที่จัดอบรมและสาธิตการย้อมผ้าด้วยสีธรรมชาติ

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง อภิปราย และข้อเสนอแนะ (Summary)

ในการพัฒนากระบวนการแปรรูปผงสีย้อมธรรมชาติจากวัตถุดิบธรรมชาติในเขตภาคเหนือตอนบน เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้และการเก็บรักษา โดยมีวัตถุประสงค์หลักในงานวิจัยนี้คือ กระบวนการแปรรูปผงสีย้อมธรรมชาติในแต่ละขั้นตอนนั้นทำได้ง่ายและเกษตรกรในชุมชนพื้นที่สูงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้เอง ดังนั้นในงานวิจัยจึงทำการศึกษากกระบวนการต่างๆ ตั้งแต่วิธีการสกัด การแปรรูปผงสี การย้อม และการตรวจสอบคุณภาพของสีย้อมบนวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ เส้นใยและผ้าทอธรรมชาติ เช่น ฝ้าย และไหมหรือกัญชง ด้วยผงสีจากพืชให้สี 3 กลุ่มสี ได้แก่ ครั่งและแก่นฝาง (สารให้สีกลุ่มสีแดง) ขมิ้นชันและแก่นขนุน (สารให้สีกลุ่มสีเหลือง) และส้มและคราม (สารให้สีกลุ่มสีน้ำเงิน)

ในการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับวิธีการสกัดและการผลิตผงสี ตลอดจนการทดสอบเบื้องต้นเกี่ยวกับผงสีที่ผลิตได้จากพืชให้สีกลุ่มสีแดงและกลุ่มสีเหลือง จะใช้กระบวนการผลิตและวิธีการทดสอบเหมือนกัน ส่วนการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของพืชให้สีกลุ่มสีน้ำเงินจะแตกต่างกันออกไป ซึ่งลักษณะแนวทางวิจัยที่ต่างกันนี้ถูกแบ่งจำแนกด้วยวิธีการย้อม อันเนื่องมาจากสารสีที่สกัดได้จากกลุ่มพืชสีแดงและเหลือง กับกลุ่มพืชสีน้ำเงินเมื่อนำไปย้อมบนเส้นใยหรือผ้าทอธรรมชาติจะมีวิธีการย้อมที่ต่างกันและลักษณะเคมีในการติดของสารสีบนเนื้อผ้าแตกต่างกัน คือการย้อมสีในกลุ่มสีแดงและเหลืองจะเป็นการย้อมแบบร้อน ในกระบวนการย้อมจะมีการให้ความร้อนกับน้ำสีย้อมผสม (น้ำสีสกัดจากพืชผสมกับสารช่วยย้อม) ในระหว่างการย้อมเส้นใยหรือผ้าทอ ซึ่งลักษณะของการติดของสีจะเป็นการยึดเกาะของสีบนเนื้อผ้า ส่วนการย้อมสีน้ำเงินจะเป็นการย้อมแบบเย็นหรือใช้ลักษณะการเปลี่ยนรูปแบบขององค์ประกอบสารให้สีในรูปแบบที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ ซึ่งการติดสีจะเป็นการกักขังของสารสีในช่องว่างของเส้นใยผ้า

ในการสกัดพืชให้สีจากพืชกลุ่มสีแดง (ครั่งและแก่นฝาง) และพืชกลุ่มสีเหลือง (ขมิ้นชันและแก่นขนุน) จะใช้วิธีการสกัด 2 วิธีคือการสกัดแบบร้อน เป็นการสกัดโดยการนำวัตถุดิบตำในน้ำด้วยอัตราส่วน วัตถุดิบต่อน้ำเป็น 1:10 และใช้เวลาต้ม 2 ชั่วโมง ซึ่งถือว่าเป็นวิธีการสกัดร้อน นอกจากนี้ยังได้ทำการทดสอบด้วยวิธีการสกัดเย็น โดยการแช่วัตถุดิบในเหล้ากลั่นหรือเอทานอลประมาณ 50% เป็นเวลา 1 คืน หลังจากนั้นจึงนำน้ำสีที่สกัดไปประเหด้วยความร้อนจนน้ำสีสกัดเข้มข้นขึ้นจากนั้นนำไปทำให้แห้งด้วยการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส หรือใช้วิธีการผึ่งแดดจนน้ำสีที่สกัดได้แห้งสนิทซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 2-4 วันต่อน้ำสีสกัด 1 ลิตร จากนั้นชูดของแข็งที่ได้ออกจากภาชนะ บด

ให้ละเอียดเป็นผงและเก็บใส่ขวดที่แห้งและทึบแสง หาปริมาณร้อยละของผงสีที่สกัดได้จากพืชแต่ละชนิด และนำผงสีที่ผลิตได้ทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้น เช่นความสามารถในการละลายน้ำกลับด้วยการหาจากร้อยละของของแข็งที่ละลายน้ำได้ และค่า pH ของสารละลายสีหรือน้ำสีที่ได้จากการละลายผงสีเป็นต้น หลังจากนั้นจึงทำการทดลองย้อมเส้นใยธรรมชาติได้แก่ เส้นใยฝ้ายและเส้นใยเฮมพ์ด้วยน้ำสีที่ได้จากการละลายของผงสีสกัด โดยเปรียบเทียบความสามารถในการย้อมติดของสีจากการละลายกลับของผงสีที่ผลิตได้ในเชิงของเจดสี ความเข้มข้น และความสม่ำเสมอของสีที่ย้อมติดบนเส้นใยด้วยการย้อมเปรียบเทียบกับน้ำสีสกัดจากพืชให้สีที่ยังไม่ผ่านการแปรรูปเป็นผง

ซึ่งปริมาณร้อยละของผงสีแดงที่ผลิตได้จากการสกัดด้วยวิธีการสกัดร้อนและเย็นคิดเป็นร้อยละ 8.71 และ 9.86 ตามลำดับ ร้อยละของผงสีที่ผลิตได้จากแก่นฝางคิดเป็นร้อยละ 2.65 และ 2.49 ตามลำดับ และปริมาณร้อยละของผงสีเหลืองที่ได้จากขมิ้นชันด้วยวิธีสกัดร้อนและเย็นคิดเป็นร้อยละ 13.88 และ 26.50 และร้อยละของผงสีที่ได้จากแก่นขนุนคิดเป็นร้อยละ 2.14 และ 3.33 จากปริมาณผงสีที่ผลิตได้จากการสกัดทั้งสองวิธีไม่ได้แตกต่างกันมากนัก ยกเว้นขมิ้นชัน ที่การสกัดเย็นจะทำให้ได้ปริมาณผงสีออกมามากกว่า โดยลักษณะของผงสีที่ผลิตได้จากพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกันเล็กน้อยในส่วนของผงสีคือ ผงสีจากครั้งจะเป็นของแข็งสีแดงเข้มมากก่อนไปทางสีดำ ผงสีจากแก่นฝางที่ได้จะมีสีแดงเข้ม ผงสีจากแก่นขนุนจะมีสีน้ำตาลเข้มไหม้ และผงสีจากขมิ้นชันที่ได้จะมีลักษณะสีเหลืองน้ำตาลเข้มและมีสีดำปนบางเล็กน้อย สำหรับผงสีที่ได้จากพืชให้สีกลุ่มสีเหลืองจะมีลักษณะผงสีเข้มออกดำ เนื่องมาจากโดยธรรมชาติพืชจะมีรงควัตถุประกอบสารอยู่มากมายหลายชนิด ซึ่งสารบางกลุ่มที่ให้สีเหลือง เช่น สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Kumar and Sinha, 2003 และ จารุวรรณ, 2546) จะค่อนข้างไวต่อแสงหรือความร้อน ซึ่งจะสลายตัวได้ง่ายและเปลี่ยนรูปเป็นสารอื่น ดังนั้นในกระบวนการผลิตผงสีด้วยการทำให้แห้งด้วยความร้อนจะทำให้สารประกอบบางตัวเกิดเป็นสารประกอบเคมีบางตัวสลายไปตัวไปและเกิดเป็นสารประกอบตัวใหม่ขึ้นมาแทน หรือเกิดการไหม้ จึงทำให้ลักษณะของผงสีมีสีผงสีดำผสมอยู่ด้วย ซึ่งองค์ประกอบสารที่เปลี่ยนไปในระหว่างกระบวนการแปรรูปจะส่งผลต่อค่าความสามารถในการละลายกลับของผงสีด้วย

ต่อจากนั้นนำผงสีที่ผลิตได้ทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นเช่นความสามารถในการละลายน้ำกลับของผงสีที่ได้จากพืชแต่ละชนิดจากค่าร้อยละของของแข็ง(ผงสี)ที่ละลายน้ำได้ พบว่าผงสีแดงจากครั้งที่ได้จากการสกัดร้อนและการสกัดเย็นมีร้อยละของของแข็งที่ละลายน้ำได้เป็น 86.15 และ 80.00 กรัมตามลำดับ ผงสีแดงจากแก่นฝางมีร้อยละของของแข็งที่ละลายน้ำคิดเป็น 49.23 และ 55.38 กรัมตามลำดับ ผงสีเหลืองจากขมิ้นชันมีร้อยละของของแข็งที่ละลายน้ำคิดเป็น 47.69 และ 72.30 ตามลำดับ และผงสีเหลืองจากแก่นขนุนมีร้อยละของของแข็งที่ละลายน้ำคิดเป็น 66.15 เท่ากันทั้งผงสีจากการสกัดแบบร้อนและแบบเย็น จากค่าร้อยละของของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผงสีจากพืชให้สีแดง

ละชนิดที่ได้จากการสกัดทั้งสองวิธีก็ไม่ได้แตกต่างกันมากนัก ยกเว้นผงสีจากขมิ้นชันที่มีค่าผลการละลายน้ำของผงสีจากการสกัดเย็นดีกว่าการละลายน้ำของผงสีจากการสกัดร้อน เนื่องจากการสกัดแบบเย็นหรือการสกัดด้วยเอทานอลที่เป็นตัวทำละลายที่มีขั้วก็จะสกัดสารประกอบที่มีขั้วออกมามากกว่า ซึ่งน้ำจัดเป็นตัวทำละลายที่มีขั้ว ดังนั้นผงสีที่สกัดได้ที่มีสารประกอบที่มีขั้วก็จะมีค่าความสามารถในการละลายน้ำได้ดีกว่าผงสีที่ใช้วิธีการสกัดร้อนตามหลักความสามารถในการละลายของสารประกอบหรือตัวถูกละลายในตัวทำละลายประเภทเดียวกัน โดยปริมาณของแข็ง(ผงสี)ที่ละลายกลับได้จะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชให้สี ซึ่งเมื่อนำผงสีที่สกัดได้ไปทดลองย้อมเส้นใยฝ้ายโดยสังเกตลักษณะการติดของสีและระดับความเข้มของสีเทียบกับเส้นใยฝ้ายที่ย้อมด้วยน้ำสีสกัดจากพืชโดยตรง (ไม่ผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นผงสี) พบว่าน้ำสีย้อมผสมจากน้ำสีสกัดที่ได้จากการละลายกลับของผงสีด้วยวิธีการสกัดด้วยเอทานอล 50% มีระดับความเข้มของสีที่ติดบนเส้นใยฝ้ายได้ดีพอๆกับการย้อมด้วยน้ำสีที่สกัดจากพืชโดยตรง แต่เมื่อคำนึงถึงวิธีการและราคาต้นทุนในการสกัดหากใช้หลักล้านหรือเอทานอล 50% จะมีราคาต้นทุนการสกัดสูงกว่าแบบการสกัดด้วยความร้อน ดังนั้นในการทดลองย้อมเส้นใยธรรมชาติเพื่อศึกษาหาอัตราส่วนของน้ำสีย้อมและสารช่วยย้อมต่าง ๆ จะคำนึงถึงพื้นฐานในความเป็นไปได้ในการที่เกษตรกรสามารถนำไปใช้มากกว่าคือใช้วิธีแบบดั้งเดิม หรือการต้มให้ความร้อนเพื่อสกัดสีจากพืชให้สีในงานวิจัยส่วนที่เหลือ อย่างไรก็ตามหากผู้บริโภคต้องการให้ผงสีนั้นมีประสิทธิภาพในการละลายกลับสามารถเปลี่ยนวิธีการในขั้นตอนการผลิตผงสีจากการตากแดดธรรมดาได้ด้วยการใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray dryer) ซึ่งผงสีที่ได้จากวิธีการนี้ผงสีที่ได้จะสามารถละลายกลับได้ทั้งหมด (กัจจกรและขจิกรัต, 2549) แต่วิธีการนี้อาจมีค่าใช้จ่ายในการผลิตสูงมากขึ้น ดังนั้นจึงเหมาะกับการผลิตในเชิงอุตสาหกรรมมากกว่า

ในการศึกษาหาอัตราส่วนของน้ำสีย้อมและสารช่วยย้อมต่างๆ ปริมาณผงสีที่ใช้ในการละลายกลับให้เป็นน้ำสีย้อม เพื่อใช้ในการศึกษาขั้นตอนนี้จะคำนวณโดยพิจารณาความสามารถในการละลายน้ำกลับของผงสีที่ได้จากการสกัดแบบร้อน เพื่อให้ในน้ำสีย้อมจากการละลายกลับของผงสีมีปริมาณของสารให้สีเทียบเท่าหรือมากกว่าน้ำสีที่สกัดจากพืชโดยตรง ดังนั้นหากพิจารณาเปรียบเทียบในเชิงปริมาณของพืชให้สีที่ใช้ในการเตรียมน้ำสีย้อมสกัดจากผงสีเทียบกับการสกัดจากพืชโดยตรงที่ยังไม่ผ่านกระบวนการแปรรูปผงสี ในกรณีของการละลายกลับของผงสี จะใช้ปริมาณของพืชให้สี (วัตถุดิบ) มากกว่าการสกัดสีจากพืชโดยตรงถึง 1 - 1.5 เท่า เพื่อให้ได้ระดับความเข้มของสีที่ย้อมติดบนเส้นใยใกล้เคียงกัน ส่วนผลการศึกษาอัตราส่วนของน้ำสีย้อมและสารช่วยย้อมต่างๆ เช่น ผลของการเติมสารช่วยติดสีหรือมอร์แดนท์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้สารส้มหรือโพแทสเซียมไดโครเมต เป็นมอร์แดนท์ ในการศึกษาผลการเติมและไม่เติมมอร์แดนท์ในระหว่างการย้อมหรือก็คือ การเติมสารส้มลงไปในน้ำสีย้อม โดยทำการผสมสารส้มตั้งแต่ในขั้นตอนแรก และเทียบกับการเติมมอร์แดนท์หลังการ

ย้อม พบว่า การเติมมอร์แดนทีในระหว่างการย้อมด้วยจะช่วยให้สีติดบนเส้นใยได้ดีขึ้น คือ ระดับความเข้มของสีจะเข้มมากกว่าการแช่เส้นใยในสารละลายมอร์แดนทีหลังจากทำการย้อมเพียงอย่างเดียว ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุทธิลา (2535) ซึ่งได้ทดสอบสารช่วยย้อม 3 ชนิด คือ น้ำมะขาม น้ำส้มป่อย(เดิมในขณะย้อม) และกรดน้ำส้ม(เดิมหลังการย้อม) พบว่าผ้าไหมที่ใช้สารช่วยย้อมทุกการทดลองให้สีเหลืองเข้มขึ้นกว่าไม่มีการเติมสารช่วยย้อมและพบว่า เมื่อมีการเติมสารช่วยย้อมในขณะย้อมจะทำให้ค่าความคงทนต่อการซักดีขึ้น นอกจากนี้ยังทดสอบผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ และเกลือไดโซเดียมคาร์บอเนต ซึ่งเป็นสารช่วยในการทำสีติดบนเนื้อผ้าหรือเส้นใย พบว่าเมื่อมีการเติมเกลืออย่างใดอย่างหนึ่งลงไปจะช่วยให้สีที่ย้อมติดบนเส้นใยได้สม่ำเสมอมากขึ้น สำหรับผลการย้อมเส้นใยด้วยการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ในน้ำสีย้อม ลักษณะเส้นใยที่ย้อมได้จะมีสีที่เข้มขึ้นกว่าเดิม ซึ่ง กำจรและขจรรัส, 2549 ได้รายงานผลเกี่ยวกับการเติมโซเดียมคลอไรด์ในน้ำสีที่ย้อมก่อนการผลิตผสีเปรียบเทียบกับน้ำสีที่ไม่ได้เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าการเติมเกลือจะลดการเปลี่ยนแปลงของสีก่อนและหลังการผลิตได้ ทำให้การย้อมผ้าฝ้ายได้เจดสีที่ไม่เพี้ยนไปจากเดิมมากนักและคงรักษาระดับความเข้มของสีได้ดี และพบว่าน้ำสีที่มีการเติมเกลือจะส่งผลให้การย้อมบนเส้นใยไหมลดลง ส่วนผลของเกลือไดโซเดียมคาร์บอเนตจะให้ผลในเรื่องของเจดสีที่ย้อมมากกว่า คือ ลักษณะของเจดสีที่ย้อมได้จะเปลี่ยนไป เช่น การย้อมเส้นใยด้วยสีแดงจากแก่นฝางเมื่อมีการย้อมด้วยน้ำสีย้อมที่เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์จะให้สีแดงเข้มมากขึ้น แต่เมื่อใช้เกลือไดโซเดียมคาร์บอเนตแทนจะได้สีย้อมเป็นสีน้ำตาล หรือเมื่อมีการย้อมเส้นใยด้วยสีแดงจากครั่ง กรณีที่ใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์สีที่ย้อมจะมีลักษณะออกสีม่วงแดงเข้มขึ้น แต่เมื่อใช้เกลือไดโซเดียมคาร์บอเนตสีที่ย้อมที่ได้จะเป็นโทนออกสีชมพู ทั้งนี้ผลของเกลือและปริมาณของเกลือที่เติมลงไปจะมีผลทำให้ค่า pH โดยรวมของสารละลายหรือน้ำสีย้อมผสมเปลี่ยนแปลงไป สืบเนื่องมาจากสารประกอบเคมีที่ให้สีในน้ำสีย้อมเกิดการเปลี่ยนรูปเป็นอีกรูปหนึ่งทำให้สีเปลี่ยนแปลงไปนั่นเอง เพราะโดยธรรมชาติของสารประกอบเคมีอินทรีย์ของสีย้อม ซึ่งจัดเป็นสารประกอบอินดิเคเตอร์ โดยสารประกอบกลุ่มนี้จะมีลักษณะพิเศษ คือจะมีรูปแบบของโครงสร้างเปลี่ยนไปในสารละลายกรดและเบสและในแต่ละรูปแบบก็จะแสดงสีที่แตกต่างกัน โดยสารประกอบกลุ่มนี้จะมีสีเปลี่ยนไปตามค่า pH ของสารละลาย ดังนั้นในการย้อมผ้าจึงมีการปรับค่าความเป็นกรดด่างด้วยสารละลายกรดและเบสในธรรมชาติด้วย เช่น น้ำมะขามเปียก น้ำมะนาว น้ำด่างจีเถา แทนิน เป็นต้น ซึ่งสารกลุ่มนี้ก็คือสารช่วยย้อมธรรมชาตินั่นเอง และในงานวิจัยช่วงแรกนี้ได้ทดลองปรับอัตราส่วนของน้ำสีย้อมและสารช่วยย้อมเริ่มทดสอบจากสารส้มและเกลือโซเดียมคลอไรด์ เนื่องจากหาได้ง่ายและลดขั้นตอนในการเตรียมน้ำสีกักจากสารช่วยย้อม และได้ทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อย้อมเส้นใยและผ้าทอธรรมชาติให้ได้สีเข้มที่สุดในกลุ่มแม่สีหลัก คือ สีแดง สีเหลืองและสีน้ำเงิน จากผลการศึกษาทดลองย้อมและการปรับอัตราส่วนในการย้อมเส้นใยฝ้ายและเส้นใยเฮมพ์ได้วิธีการเตรียมน้ำสีย้อมสำหรับการย้อมเส้นใยหรือผ้าทอน้ำหนัก 100 กรัมดังนี้

สำหรับการย้อมด้วยสีแดงจะใช้ผงสีที่ได้จากการแปรรูปจากแก่นฝาง มีอัตราส่วนในการเตรียมน้ำสีย้อมผสม ดังนี้คือ ใช้ผงสีจากแก่นฝาง 14 กรัม ละลายในน้ำ 2.5 ลิตร เติมน้ำสารส้มลงไป 75 กรัม และใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์หรือเกลือแกง 50 กรัม

สำหรับการย้อมด้วยสีเหลืองจะใช้ผงสีที่ได้จากการแปรรูปจากขมิ้นชัน มีอัตราส่วนในการเตรียมน้ำสีย้อมผสม คือ ใช้ผงสีจากขมิ้นชัน 36 กรัม ละลายในน้ำ 1.2 ลิตร เติมน้ำสารส้ม (ความเข้มข้น 70 กรัมต่อลิตร) ปริมาตร 600 มิลลิลิตรและสารละลายไดโซเดียมคาร์บอเนต (ความเข้มข้น 30 กรัมต่อลิตร) ปริมาตร 200 มิลลิลิตร

สำหรับการย้อมสีแดงด้วยน้ำผสมจากครั้ง ซึ่งสีที่ย้อมได้จริงจะออกโทนสีแดงม่วง มีอัตราส่วนในการเตรียมน้ำสีย้อมผสม คือ ใช้ผงสีจากครั้ง 27.5 กรัม ละลายในน้ำ 2.7 ลิตร เติมน้ำสารส้มลงไป 20 กรัม เกลือโซเดียมคลอไรด์หรือเกลือแกงจำนวน 5 กรัม และน้ำมะขามเปียก (ความเข้มข้นประมาณ 20 กรัมต่อร้อยมิลลิลิตร) ปริมาตร 300 มิลลิลิตร

และสำหรับการย้อมสีเหลืองด้วยน้ำผสมจากแก่นขนุน สีที่ย้อมได้จะออกโทนสีเหลืองอ่อน ซึ่งสีที่ย้อมได้จะเปลี่ยนไปจากสีเดิมโดยออกเป็นสีเหลืองหม่นเล็กน้อย โดยมีอัตราส่วนในการเตรียมน้ำสีย้อมผสมดังนี้คือ ใช้ผงสีจากแก่นขนุน 8.5 กรัม ละลายในน้ำ 2.5 ลิตร เติมน้ำสารส้มลงไป 75 กรัม และใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ หรือเกลือแกงจำนวน 50 กรัม

ซึ่งจากงานวิจัยหลายผลงานวิจัยเช่น นฤมล (2533) สุทธิลา สวนพร (2535) จารุวรรณ (2546) พันธุ์ศิริ (2547) และ กำจร และขจิกรัส (2549) ได้รายงานเกี่ยวกับผลของมอร์แดนต์ต่อค่าความคงทนต่อแสงและการซัก ซึ่งมอร์แดนต์แต่ละชนิดจะมีผลให้ค่าความคงทนต่อการซักดีขึ้น และค่าความคงทนต่อแสงลดลงขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่นำมาสีก้น้ำสีย้อม กระบวนการผลิตและวิธีการย้อม ดังนั้นจึงได้ตั้งตัวอย่างสิ่งทอ (เส้นใยและผ้าทอ) ที่ย้อมด้วยน้ำสีย้อมที่เตรียมจากผงสีที่ย้อมที่เตรียมได้ทดสอบคุณภาพของผงสีต่อการย้อมเส้นใยและผ้าทอฝ้ายและเฮมพ์ในเรื่องของความคงทนต่อการซักและแสงเพื่อตรวจสอบกระบวนการผลิตผงสีในเรื่องของความคุ้มค่าและประโยชน์การนำไปใช้ว่ามีความสอดคล้องกันหรือไม่ โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างสิ่งทอที่ย้อมด้วยน้ำสีย้อมโดยตรงที่ไม่ผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นผงสี สำหรับตัวอย่างที่ส่งวิเคราะห์จะถูกย้อมด้วยน้ำสีย้อมผสมจากผงสีที่ผลิตได้ตามอัตราส่วนที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นมาทำการย้อมเส้นใยและผ้าทอธรรมชาติ 2 ชนิด คือ ฝ้ายและเฮมพ์หรือกัญชง และส่งวิเคราะห์ตรวจสอบคุณภาพตามมาตรฐานสิ่งทอ โดยส่งไปวิเคราะห์ ณ สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ (THTI) โดยเส้นใยจะส่งวิเคราะห์ 2 ด้าน คือ ค่าความคงทนต่อการซักและแสง และตัวอย่างผ้าทอส่งวิเคราะห์ 4 ด้าน คือ ความคงทนต่อการซัก เหงื่อ แสงและแรงกดทับด้วยความร้อน

จากผลการตรวจสอบคุณภาพตามมาตรฐานสิ่งตามมาตรฐาน ISO ที่เป็นที่ยอมรับในการรับรอง มอก.17025-2548 จากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม โดยทดสอบด้านความคงทนของสี ต่อแสง ตามมาตรฐาน ISO 105-B02 : 1994 (E), ความคงทนต่อการซัก ตามมาตรฐาน ISO 105-C10 : 2006 (E) TEST NO.A (1) (40 °C, 30 นาที), ความคงทนของสีต่อเหงื่อตามมาตรฐาน ISO 105-E04 : 2008 (E) และ ความคงทนของสีต่อการกดทับด้วยความร้อนตามมาตรฐาน ISO 105-X11 : 1994 (E) (อุณหภูมิ 200 °C) ซึ่งในการทดสอบจะประเมินคุณภาพของสีจากค่าการเปลี่ยนแปลงสี ประเมินออกมาเป็นอัตราความคงทนของสีเป็นระดับต่างๆ

- ความคงทนของสีต่อแสง จากการส่งตัวอย่างผ้าทอที่ย้อมด้วยผงสีแดงจากแก่นฝางและ ย้อมสีเหลืองด้วยผงขมิ้นชันตรวจวิเคราะห์ในด้านความคงทนของสีต่อแสง ให้ค่าการเปลี่ยนแปลงสี ในระดับ 1 ในทุกการย้อมทดสอบ คือสีที่ย้อมบนตัวอย่างผ้าทอเกิดการเปลี่ยนแปลงสีมากหลังจากที่นำ ตัวอย่างผ้าต่างๆอาบแสง หมายความว่าตัวอย่างผ้าที่ส่งวิเคราะห์หามีค่าความคงทนของสีต่อแสงต่ำสุดทั้ง กรณีผ้าที่ย้อมด้วยวัตถุดิบโดยตรงและย้อมด้วยผงสีสกัด นั่นหมายความว่าสีแดงและสีเหลืองธรรมชาติ มีค่าความคงทนต่อสีต่ำ ซึ่งในการตรวจวิเคราะห์ก็ให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของหลายๆท่าน เช่น สุทธิธา (2535) และพันธ์ศิริ (2547) เป็นต้น

- ความคงทนของสีต่อการซัก ในเรื่องของเปลี่ยนแปลงสีหรือความคงทนต่อการซักทั้ง สีแดงจากแก่นฝางและสีเหลืองจากขมิ้นชัน ให้ค่าความคงทนในระดับปานกลางคือระดับ 3-4 ซึ่งสีที่ ย้อมบนผ้าทอเสมหจะมีค่าความคงทนต่อการซักมากกว่าผ้าทอฝ้าย โดยประเมินจากค่าการเปลี่ยนแปลง สีหลังการซัก และให้ผลสอดคล้องกับการตกติดสีบนผ้าขาวชนิดต่างๆ คือผ้าทอที่มีค่าความคงทนต่อ การซักดี แสดงว่ามีการย้อมติดสีดี สีที่ติดจะละลายออกมาจากฝ้าน้อย ก็จะส่งผลให้การตกติดสีบนผ้า ขาวชนิดต่างๆน้อยนั่นเอง โดยสังเกตได้จากระดับการตกติดสีผ้าขาวส่วนมากจะอยู่ในระดับ 4-5 คือตก ติดสีน้อยถึงไม่ตกติดสี ซึ่งจากการส่งวิเคราะห์พบว่าการย้อมผ้าทอเสมหด้วยสีแดงจากแก่นฝางจะมี ความคงทนต่อการซักดีกว่าผ้าทอฝ้าย แต่ในด้านการตกติดสีผ้าฝ้ายจะต่อติดสีน้อยกว่าเล็กน้อย ในขณะที่ ผ้าทอฝ้ายและผ้าทอเสมหที่ย้อมด้วยสีเหลืองจากขมิ้นชันจะมีค่าความคงทนต่อการซักและการตกสี พอๆกัน และจากการส่งวิเคราะห์ในด้านความคงทนต่อการซักแสดงให้เห็นว่าการย้อมผ้าด้วยผงสีกับ การย้อมด้วยวัตถุดิบโดยตรงมีค่าความคงทนต่อการซักไม่ต่างกัน

- ความคงทนของสีต่อเหงื่อ ในการตรวจสอบจะทำการวิเคราะห์ความคงทนทั้งในสภาวะ ของเหงื่อจำลองที่เป็นกรดและด่าง ผลด้านการเปลี่ยนแปลงสีหรือค่าความคงทนของสีต่อเหงื่อสำหรับ การย้อมผ้าทอเสมหด้วยสีแดงจากแก่นฝางจะมีค่าความคงทนมากกว่าผ้าทอฝ้าย และจากค่าการตกติดสี บนผ้าขาวชนิดต่างๆ (ระดับ 2-4 ขึ้นกับชนิดผ้าขาวที่ทดสอบ) แสดงให้เห็นว่าเมื่อผ้าทอที่ย้อมด้วยสีแดง

จากแก่นฝางหากสัมผัสกับเหงื่อมากหรือถูกแช่ไว้นานสียบนเนื้อผ้าจะถูกซักล้างออกได้ง่าย และจะมีผลให้อายุการใช้งานของผ้าสั้นลงหรือสียบนเนื้อผ้าจะซีดไวขึ้น ในขณะที่ทั้งผ้าทอฝ้ายและผ้าทอเฮมพ์ที่ย้อมสีเหลืองจากขมิ้นชันให้ค่าความคงทนต่อเหงื่อในระดับดีพอๆกัน และมีค่าการตกสีน้อยกว่าคือการซีดของผ้าหลังการสวมใส่และสัมผัสกับเหงื่อเมื่อนำไปซัก สียบนเนื้อผ้าที่ไม่ได้ถูกชำระล้างออกมาด้วย ดังนั้นสีเหลืองจากขมิ้นชันจะมีความคงทนต่อเหงื่อและมีอายุการใช้งานได้นานกว่า แต่หากเปรียบเทียบในเชิงคุณภาพความคงทนของสีจากการย้อมด้วยผงสีและวัตถุดิบโดยตรง จากค่าการตรวจวิเคราะห์พบว่า การย้อมแบบปกติที่ย้อมด้วยวัตถุดิบโดยตรงมีค่าความคงทนในด้านการตกสีดีกว่าผงสีเล็กน้อย

- ความคงทนของสีต่อการกดทับด้วยความร้อน ผลการทดสอบการกดทับด้วยความร้อนบนผ้าทอฝ้ายและผ้าทอเฮมพ์ที่ย้อมสีด้วยวัตถุดิบโดยตรงและผงสีสกัด ทั้งกลุ่มตัวอย่างสีย้อมสีแดงจากแก่นฝางและสีเหลืองจากขมิ้น ในสภาวะการกดทับทั้ง 3 แบบ คือแบบแห้ง แบบชื้น และแบบเปียก ให้ระดับผลการทดสอบอยู่ในเกณฑ์ดีถึงดีมาก ระดับ 4-5 คือสียบนผ้าทอเกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยถึงสีไม่มีเปลี่ยนแปลง แต่อาจเกิดการตกติดสียบนผ้าขาวเล็กน้อยหากทำการกดทับด้วยความร้อนในขณะที่ผ้าชื้นและการตกสีจะเพิ่มขึ้นหากกดทับด้วยความร้อนในขณะที่ผ้าทอเปียก และหากพิจารณาเปรียบเทียบคุณภาพสีจากการย้อมระหว่างสีเหลืองจากขมิ้นกับสีแดงจากแก่นฝาง ผ้าที่ย้อมด้วยสีสกัดจากขมิ้นชันจะมีความคงทนต่อการกดทับด้วยความร้อนดีกว่าสีแดงจากแก่นฝางเล็กน้อยเมื่อพิจารณาจากสีที่ตกติดบนผ้าขาวในสภาวะที่กดทับผ้าย้อมสีในขณะที่ผ้าชื้นหรือผ้าเปียก อย่างไรก็ตามในการรีดผ้าที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติควรรีดเมื่อผ้าแห้งสนิทแล้วเพื่อให้สีซีดจางช้าลง หรือเพื่อให้ความสดใสของสีติดบนผ้าทอได้นานขึ้น

โดยสรุปจากการส่งตัวอย่างผ้าทอฝ้ายและผ้าทอเฮมพ์วิเคราะห์ในด้านความคงทนของสีต่อการแสงต่อการซัก ต่อเหงื่อ และการกดทับด้วยความร้อน ในกลุ่มตัวอย่างสีย้อมสีแดงจากแก่นฝางและสีเหลืองจากขมิ้นชัน ให้ผลการตรวจสอบอยู่ในเกณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับตามมาตรฐาน ในด้านความคงทนต่อการซัก เหงื่อ และการกดทับด้วยความร้อน ยกเว้นในด้านความคงทนของสีต่อการแสงของตัวอย่างสีย้อมทั้งจากสีแดงจากแก่นฝางและสีเหลืองจากขมิ้นชันยังไม่เป็นที่ยอมรับ

สำหรับกระบวนการผลิตสีน้ำเงินจากจากฮ่อมและครามสด ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ๆ ได้แก่ การเตรียมน้ำฮ่อมหรือคราม การเตรียมน้ำฮ่อม (indigo paste) การเตรียมน้ำฮ่อม (ก๋อหม้อฮ่อม) และการย้อมหม้อฮ่อม วิธีการในการสกัดอินดิโกจากครามและฮ่อมคล้ายคลึงกัน คือการนำส่วนใบและกิ่งก้านมาหมักแช่น้ำ แล้วกรองเอาน้ำนำไปหมักกับปูนขาว กวนหรือตีให้ขึ้นฟอง เพราะต้องการให้ผ่าน

อากาศ แล้วปล่อยให้ตะกอนนอนกัน จึงแยกส่วนที่เป็นน้ำออก จะได้เนื้อครามเป็นตะกอนชั้นเหนียวเหมือนโคลน (indigo paste)

วิธีการสกัดสีจากใบส้มหรือครามใช้การหมักด้วยน้ำเป็นเวลาประมาณ 1-2 วัน แล้วแยกกากออก ได้สารละลายสีเขียวปนเหลือง เดิมปูนขาวพร้อมกับให้อากาศ เพื่อตกตะกอนอินดิโก หรืออาจใช้น้ำปูนใสและให้อากาศ โดยใช้ปั๊มออกซิเจน เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งสารตั้งต้นของอินดิโกคือ สารกลูโคไซด์อินดิแคน ซึ่งได้จากการหมักใบส้มในน้ำ โดยแบคทีเรียในน้ำหมักจะสร้างเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ตัดน้ำตาลออกจากกลูโคไซด์อินดิแคน กลายเป็นอินดอกซิล (indoxyl) ที่งัวไข่มดดินจะถูกออกซิไดซ์เป็นอินดิโกต่อไป ผงส้มที่ผลิตได้คิดเป็นร้อยละ 20.24 โดยน้ำหนักของส้มสด และผลผลิตของครามผงคิดเป็นร้อยละ 20.12 โดยน้ำหนักของเนื้อคราม นำมาวิเคราะห์ โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสง พบว่า อินดิโกดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 610 นาโนเมตร สามารถหาปริมาณอินดิโกได้ โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงเทียบกับกราฟมาตรฐานที่ 610 นาโนเมตร พบว่า มีปริมาณอินดิโกคิดเป็นร้อยละ 12

การเตรียมผงส้มจากเนื้อส้ม ทำได้โดยการนำเนื้อส้มที่ได้ไปผึ่งแดดพอร่มแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนผงส้มมีน้ำหนักคงที่ พบว่า ร้อยละผลผลิตของผงส้มคิดเป็นร้อยละ 2.06 โดยน้ำหนักส้มสด และร้อยละ 20.27 โดยน้ำหนักของเนื้อส้ม (Indigo paste) ซึ่งร้อยละผลผลิตเมื่อเทียบกับเนื้อส้มจะมีค่าแปรตามลักษณะของเนื้อส้มว่ามีความชื้นมากน้อยเพียงใด การย้อมเส้นใยด้วยหม้อมส้มเป็นการย้อมเย็น วิธีการย้อมจากแหล่งต่าง ๆ มีส่วนผสมหลักคล้ายกัน คือ น้ำด่างขี้เถ้า ปูนขาว และน้ำมะขามเปียก อาจแตกต่างกันอัตราส่วนและบางที่มีการเติมมอร์แดนท์ เช่น สารส้ม เหลือ โคลน หรืออาจใช้น้ำมะนาวแทนน้ำมะขามเปียก เป็นต้น

การเตรียมน้ำย้อมจากเนื้อส้มและผงส้ม จะทำการเตรียมโดยใช้อัตราส่วนเดียวกัน กวนของผสมตามอัตราส่วน คือ ผงส้ม หรือเนื้อส้ม น้ำด่างขี้เถ้า และน้ำมะขามเปียกรสเปรี้ยว พักไว้ให้เกิดปฏิกิริยาโดยสมบูรณ์ คือให้ indigo blue เกิดปฏิกิริยารีดักชัน เป็นไปอยู่ในรูป indigo white ซึ่งสามารถสังเกตได้จากสีของสารละลาย และวัดค่า pH หลังจากการเตรียมน้ำย้อม และน้ำขี้เถ้าจะทำให้ได้สารผสมมี pH ประมาณ 12.45 และต้องทำการเติมอากาศหรือดีให้อากาศในเวลาช่วงเช้าและช่วงเย็น โดยค่า pH จะค่อย ๆ ลดลง ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมแก่การย้อมจะมี pH ประมาณ 10.5 – 11 เมื่อเกิดสีครามในน้ำย้อม จะสังเกตเห็นสีของน้ำย้อมเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีเขียวปนเหลือง และ ค่า pH ลดลง จึงทำการทดลองย้อมเส้นใยและผ้าทอธรรมชาติ ปรากฏว่าสามารถย้อมติดสีได้ผลการย้อมดังแสดงในภาพผนวก 4

การทดสอบความคงทนของสีต่อแสง : ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-B02 : 1994 (E) พบว่าเส้นใยฝ้ายย้อมสีน้ำเงิน เส้นใยเซมพ์ย้อมสีน้ำเงิน ผ้าทอฝ้ายย้อมสีน้ำเงิน ผ้าทอเซมพ์ย้อมสีน้ำเงิน ผลการทดสอบพบว่าเส้นด้ายมีความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในระดับ 4-5 (สีเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย) ซึ่งคงทนกว่าผ้าทอที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับ 3-4 (สีเปลี่ยนแปลงพอสังเกตเห็นได้) และเมื่อเปรียบเทียบกับการย้อมด้วยเปรอะ กับสีผง พบว่าให้ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงที่ไม่แตกต่างกันในแต่ละคู่การทดสอบ คือ ให้ผลอยู่ในระดับ 4 หมายถึง สีเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

ความคงทนของสีต่อการซักสำหรับการย้อมสีน้ำเงินจากฮ่อม : ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-C10 : 2006 (E) TEST NO.A (1) (40 C, 30 นาที) โดยใช้น้ำสบู่มมาตรฐานความเข้มข้น 5 กรัม/ลิตร ของเส้นใยฝ้ายย้อมสีน้ำเงิน เส้นใยเซมพ์ย้อมสีน้ำเงิน ผ้าทอฝ้ายย้อมสีน้ำเงิน ผ้าทอเซมพ์ย้อมสีน้ำเงิน ผลการทดสอบพบว่าเส้นด้ายมีความคงทนสีต่อการซักอยู่ในระดับ 4 (สีตกติดเล็กน้อย) ซึ่งคงทนกว่าผ้าทอที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับ 2-4 โดยพบว่าผ้าทอเซมพ์ย้อมสีน้ำเงินจะมีความคงทนสีต่อการซักอยู่ในระดับที่ต่ำสุด 2-3 คือ สีตกติดค่อนข้างมาก และเมื่อเปรียบเทียบกับการย้อมด้วยเปรอะ กับสีผง พบว่าให้ผลการทดสอบความคงทนสีต่อการซักที่ไม่แตกต่างกันในแต่ละคู่การทดสอบ คือ ให้ผลอยู่ในระดับ 4 หมายถึง สีตกติดเล็กน้อย

ความคงทนของสีต่อเหงื่อสำหรับการย้อมสีน้ำเงินจากฮ่อม : ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-E04 : 2008 (E) พบว่าผ้าทอฝ้ายย้อมสีน้ำเงิน ผ้าทอเซมพ์ย้อมสีน้ำเงิน ให้ผลการทดสอบอยู่ในระดับ 4-5 คือ มีสีตกติดเล็กน้อย และเมื่อเปรียบเทียบกับการย้อมด้วยเปรอะ กับสีผง พบว่าให้ผลการทดสอบความคงทนสีต่อเหงื่อไม่แตกต่างกันในแต่ละคู่การทดสอบ คือ ให้ผลอยู่ในระดับ 4 หมายถึง สีตกติดเล็กน้อย

ความคงทนของสีต่อการกดทับด้วยความร้อน สำหรับการย้อมสีน้ำเงินจากฮ่อม : ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-X11 : 1994 (E) (อุณหภูมิ 200 °C) พบว่าตัวอย่างผ้าทอฝ้าย ผ้าทอเซมพ์ ให้ผลการทดสอบแบบแห้ง แบบชื้น แบบเปียก ที่มีค่าไม่แตกต่างกันค่าทดสอบอยู่ในระดับ 4-5 คือ สีตกติดเล็กน้อย และเมื่อเปรียบเทียบกับการย้อมด้วยเปรอะ กับสีผง พบว่าให้ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการกดทับด้วยความร้อน สำหรับการย้อม ไม่แตกต่างกันในแต่ละคู่การทดสอบ คือ ให้ผลอยู่ในระดับ 4 หมายถึง สีตกติดเล็กน้อย

### ข้อคิดเห็น / อุปสรรคที่พบ (ถ้ามี) พร้อมแนวทางการแก้ไข

-ระยะเวลาสำหรับการทำวิจัยค่อนข้างที่จะจำกัดเป็นอย่างยิ่ง เพียง 200 วัน คณะผู้วิจัยมีหน้าที่หลักในการเรียนการสอนที่ค่อนข้างมาก และกระบวนการในการทำวิจัยนี้มีขั้นตอนมากและต้องมีเรื่องของเวลามาเกี่ยวข้องค่อนข้างมาก เนื่องจากในบางครั้งการทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี โดยเฉพาะใน

กระบวนการหมักหม้อส้ม อาจจะได้สืบน้ำเงินเกิดขึ้น ต้องมีการเตรียมใหม่ทั้งหมด คณะผู้วิจัยก็พยายามทำให้งานวิจัยสามารถดำเนินการไปได้ แต่หากทางผู้ให้ทุนอุดหนุนวิจัยให้เวลาที่มากขึ้นก็จะช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ เช่น ให้เวลาในการทำวิจัยเป็น 360 วัน

-เนื่องจากคราม ซึ่งเป็นพืชในกลุ่มของสีน้ำเงินที่วัตถุดิบค่อนข้างหาได้ยากในแถบภาคเหนือ ทำให้กระบวนการวิจัยในส่วนนี้ค่อนข้างล่าช้า แต่ก็ยังอยู่ในขั้นตอนการทดลอง จึงยังไม่มีผลการทดลองในรายงานฉบับนี้มากเท่าที่ควรจะเป็น และประกอบกับระยะเวลาที่สั้นเกินไปเพียง 200 วัน

-วัตถุดิบในกลุ่มสีน้ำเงิน มีปริมาณค่อนข้างจำกัด โดยเฉพาะต้นส้ม และต้องเดินทางไปซื้อในพื้นที่สูง ซึ่งอยู่ค่อนข้างไกล บางครั้งเกษตรกรก็ไม่ยอมที่จะขายให้ เนื่องจากได้มีพันธะสัญญากับผู้ผลิตผ้าหม้อส้มธรรมชาติบางกลุ่มไว้แล้ว และการนำส้มมาใช้ต้องทำการหมักทันทีเก็บไว้นานไม่ได้ ส่งผลต่อคุณภาพได้

-เนื่องจากผงสีที่เตรียมขึ้นในกลุ่มสีเหลืองจากขมิ้นชัน พบว่า จะมีปัญหาในเรื่องของการเก็บรักษา เนื่องจากตัวผงสีที่ได้จะค่อนข้างดูดความชื้นในอากาศได้ดี ส่งผลให้มีผงสีบางส่วนเสียหาย จึงทำให้ต้องเตรียมผงสีขึ้นมาใหม่ เพื่อใช้ในการย้อมเส้นใยและผ้าทอธรรมชาติ เพื่อทดสอบและสังเกตวิเคราะห์คุณภาพสีย้อม จึงทำให้ผลการวิเคราะห์ค่อนข้างล่าช้า

### ข้อเสนอแนะในการประยุกต์ใช้ในระดับแปลงหรือชุมชนและแนวทางการวิจัยต่อไป

วัตถุประสงค์โครงการเพื่อมุ่งเน้นการผลิตสีผงพร้อมใช้ และเน้นการนำทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งการแปรรูปจะใช้เทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อน สามารถทำได้ด้วยตัวเอง โดยชุมชนมีองค์ความรู้เดิมอยู่แล้ว โครงการจะทำการส่งเสริมในแง่การอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่น และเพิ่มเติมองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับการแปรรูปสีย้อมธรรมชาติเป็นผง เพื่อเก็บไว้ใช้นอกฤดูการของวัตถุดิบ และเพื่อเปรียบเทียบกับการใช้สีย้อมเคมีที่อยู่ในรูปแบบผงพร้อมใช้ซึ่งเป็นที่ยอมรับเนื่องจากมีความสะดวกในการใช้งาน แต่มีปัญหาด้านมลภาวะในขั้นตอนการผลิต และความเป็นพิษจากสารตกค้างบางชนิด จากผลการทดลองพบว่ากระบวนการแปรรูปเป็นผงของสีน้ำเงิน จากส้มและครามมีขั้นตอนที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนอาจเพียงแค่ผึ่งแดดจัดสองแดด บดเป็นผงก็สามารถเก็บไว้ใช้ได้ยาวนาน โดยผงส้มและครามนั้นมีความคงทน และดูดความชื้นน้อย แต่ควรเก็บไว้ในที่แห้งและป้องกันแสงเพื่อยืดอายุการใช้งานของผงที่ได้ แต่ขั้นตอนการก่อหม้อส้มเพื่อใช้ในการย้อมผ้านั้นอาจใช้เวลานานกว่าการก่อจากเนื้อส้มปกติ และการย้อมจากผงก็ให้เจดสีที่อ่อนกว่าในกรณีที่ใช้ปริมาณส้มเทียบเท่ากัน ซึ่งอาจเกิดจากการที่ปฏิกิริยาเกิดย้อนกลับได้ไม่สมบูรณ์ซึ่งจะได้ทำการศึกษาต่อไป ในส่วนของคราม

เนื่องจากครามในพื้นที่ที่ไม่เป็นที่นิยมปลูก และหากต้องการใช้จะต้องมีการสั่งซื้อมาจากภาคอีสานซึ่ง จึงไม่สามารถหาวัตถุดิบมาใช้ในการทดลองได้ ในทางกลับกันจากผลการทดลองผลิตผงสีในกลุ่มสีแดง และสีเหลืองพบว่ามีความยุ่งยากในการเตรียมเป็นผงมากกว่าในขั้นตอนการนำไปละลายกลับเพื่อย้อม สิ่งทอต่างๆ อันเนื่องมาจากในกระบวนการสกัดสีย้อมจำเป็นต้องให้ความร้อนในการสกัด ซึ่งโดยปกติในการย้อมผ้าด้วยสีแดงหรือสีเหลืองจะทำการต้มวัตถุดิบให้สีและผ้าที่ต้องการย้อมในหม้อเดียวกัน ดังนั้นในการเตรียมผงสีนั้นจึงจำเป็นต้องสกัดสารให้สีออกมาจากวัตถุดิบธรรมชาติที่ให้สีด้วยความร้อนก่อนและการระเหยแห้งด้วยการผึ่งแดด แต่ในขั้นการระเหยแห้งจะต้องกระทำในวันที่แดดจัดจริงๆ เพราะน้ำสีที่สกัดได้นั้นมีปริมาณมากหากนำไปผึ่งแดดแต่แรกจะมีปัญหาเรื่องการเน่าเสียก่อนที่จะแห้งหมด ดังนั้นเพื่อเลี่ยงต่อการสูญเสียสีที่สกัดได้ก่อนนำไปผึ่งแดดจนแห้งอาจจำเป็นต้องให้ความร้อนเพื่อระเหยน้ำบางส่วนโดยให้เหลือครึ่งหนึ่งหรือหนึ่งในสามจากเดิมเสียก่อน แต่นั่นหมายความว่ามีการเสียเปลืองพลังงานความร้อนมากขึ้นจากเชื้อเพลิงและด้วยการที่น้ำสีถูกให้ความร้อนตลอดเวลาจนได้สีสกัดแห้ง ซึ่งผงสีของแข็งที่ได้จะไม่ค่อยมีเพียงสารที่ให้สีอย่างเดียวแต่จะมีสารประกอบอื่นๆ และเกิดการสูญเสียสารสีบางส่วนในระหว่างการทำแห้ง ดังนั้นในการละลายผงสีเพื่อให้มีปริมาณที่มากพอในการย้อมผ้าให้อย่างน้อยเทียบเท่าก่อนการแปรรูปเป็นผงจำเป็นต้องใช้ผงสีในปริมาณที่มากกว่าปกติ นอกจากนี้ยังพบปัญหาในเรื่องการนำผงสีออกจากภาชนะซึ่งไม่สามารถนำออกมาได้ทั้งหมดจึงสูญเสียสีที่สกัดได้ไปบางส่วน แต่ในขั้นตอนการนำไปใช้ทดลองย้อมสามารถนำไปใช้ได้ค่อนข้างง่าย ๆ โดยการเทผงสีละลายกลับในน้ำเท่านั้น และใช้ร่วมกับสารช่วยย้อมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการย้อมติดของสีบนผ้าในอัตราส่วนที่ได้ และจากการทดลองย้อมให้เจดสีที่เข้มข้นกว่าเดิมเล็กน้อยและพบว่าลักษณะการย้อมติดบนผ้าอย่างสม่ำเสมอว่าการย้อมปกติ โดยสีไม่ได้เพี้ยนจากสีเดิมมากนัก ยกเว้นสีเหลืองจากแก่นขนุนพบว่าสีที่ย้อมจากผงสีจะหม่นหมองลงเล็กน้อย สำหรับเรื่องความคงทนต่อการซักและต่อแสงจะดีขึ้นหรือลดลงในส่วนนี้ต้องรอผลการวิเคราะห์ก่อน จากผลงานวิจัยเกี่ยวกับการย้อมสีธรรมชาติพบว่ามอร์แคนท์จะมีส่วนช่วยในเรื่องของการเพิ่มค่าความคงทนต่อการซักและแสงมากขึ้น โดยทั้งชนิดและปริมาณที่ใส่ผสมในน้ำสีย้อมจะมีผลต่อเจดสีที่ได้ด้วย และจากผลการสำรวจความพึงพอใจในการย้อมผ้าด้วยผงสีย้อมและความต้องการผลิตภัณฑ์ของกลุ่มชุมชนตัวอย่างพบว่ามีความต้องการให้เพิ่มความหลากหลายของเจดสี และความหลากหลายของวัสดุที่สามารถนำไปย้อมได้ ดังนั้นในแนวทางวิจัยต่อไปจะเป็นการพัฒนาผงสีให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและมีหลายเจดสีมากขึ้น ด้วยการปรับชนิดและปริมาณของมอร์แคนท์ อย่างไรก็ตามสิ่งที่ยังคงเป็นปัญหาหลักในการผลิตผงสีในกลุ่มสีแดงและสีเหลืองจะเป็นเรื่องความคุ้มค่าในเรื่องของเวลาที่ใช้ในการแปรรูปและต้นทุน เพราะการได้มาซึ่งผงสีที่มีประสิทธิภาพให้ดีขึ้นมานั้นพบว่าการใช้ต้นทุนการผลิตค่อนข้างสูงกว่าเดิม 2-3 เท่า และตัววัตถุดิบให้สีเองก็ไม่ได้หายากนัก มีอยู่ทุกภาคในประเทศและการนำวัตถุดิบมาทำเป็นผง

แห้งโดยตรงก็เก็บรักษาได้ระยะเวลานานขึ้นอยู่แล้ว และสามารถนำมาใช้ได้ง่ายและให้ผลการซ่อมเหมือนกันซึ่งจะสิ้นเปลืองน้อยกว่า

