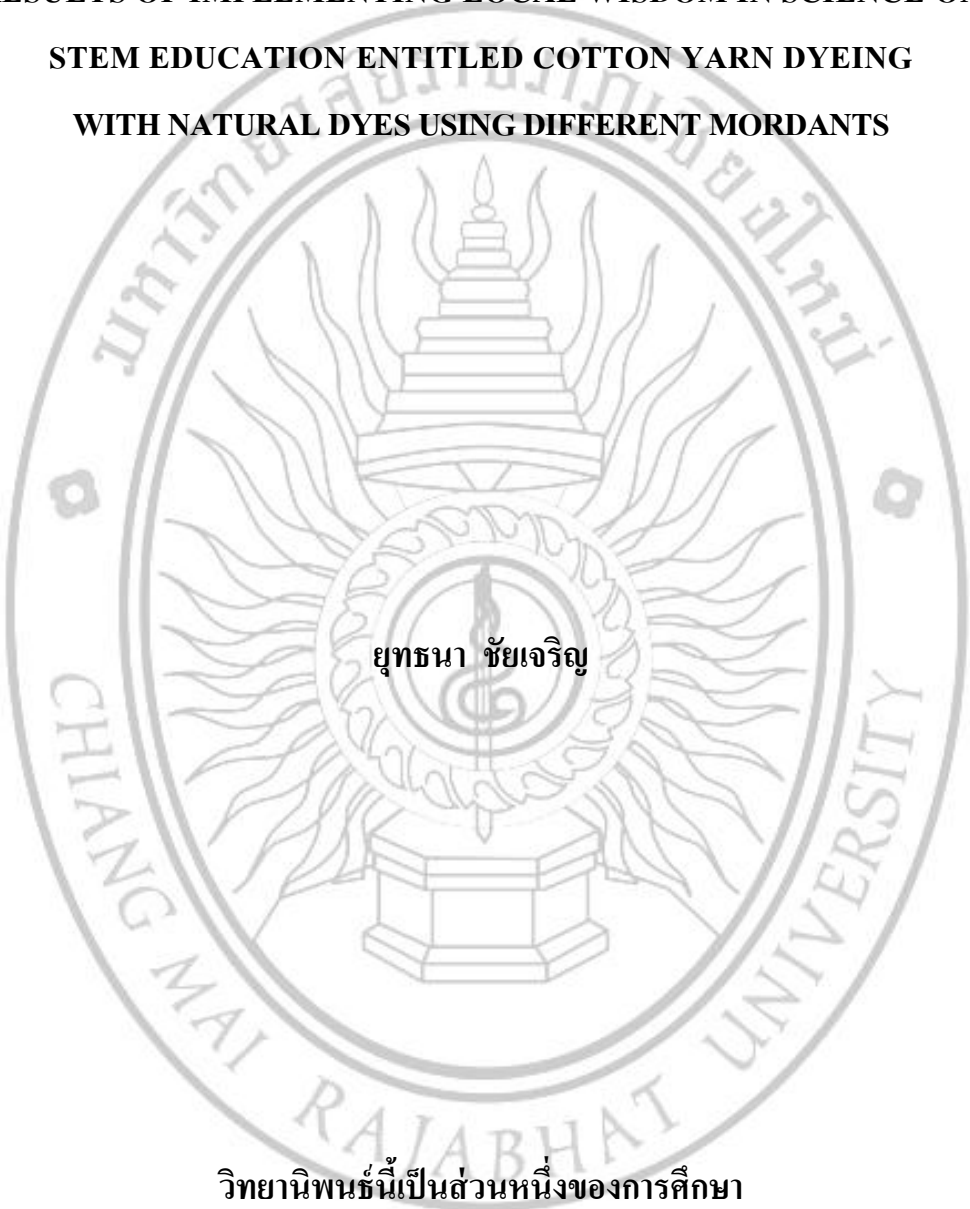


ผลการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้  
ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติ  
โดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ

RESULTS OF IMPLEMENTING LOCAL WISDOM IN SCIENCE ON  
STEM EDUCATION ENTITLED COTTON YARN DYEING  
WITH NATURAL DYES USING DIFFERENT MORDANTS

The seal of Chiang Mai Rajabhat University is a large, circular emblem in the background. It features a central image of a traditional Thai stupa (chedi) with flames emanating from its base. The stupa is surrounded by a circular border containing the university's name in Thai script at the top and 'CHIANG MAI RAJABHAT UNIVERSITY' in English at the bottom. The author's name, 'ยุทธนา ชัยเจริญ' (Yuthana Chai-achon), is written in Thai script across the center of the seal.

ยุทธนา ชัยเจริญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

พ.ศ. 2561

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้  
ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติ โดยใช้  
สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ

ผู้วิจัย ยุทธนา ชัยเจริญ

สาขาวิชา การสอนวิทยาศาสตร์

กลุ่มวิชา เคมี

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อโนดาญ์ รัชเวทย์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม อาจารย์ ดร.วรางคณา เขาคี

คณะกรรมการสอบ

  
..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุศักดิ์ วัฒนศักดิ์)

  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อโนดาญ์ รัชเวทย์)

  
..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.วรางคณา เขาคี)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ อนุมัติให้บัณฑิตฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ กลุ่มวิชาเคมี

  
..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลณัฐ พลวัน)

วันที่ 29 เดือน กันยายน พ.ศ. 2561

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

หัวข้อวิทยานิพนธ์ : ผลการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติ โดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ

ชื่อผู้วิจัย : ยุทธนา ชัยเจริญ

สาขาวิชา : การสอนวิทยาศาสตร์

กลุ่มวิชา : เคมี

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

|                                         |                                 |
|-----------------------------------------|---------------------------------|
| : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อโนดาช รัชเวทย์ | อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก |
| : อาจารย์ ดร.วรางคณา เขาคี              | อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม |

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบสถานะที่เหมาะสมในการย้อมเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีจากแก่นไม้ฝางและเหง้าของขมิ้น 2) เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 3) เพื่อศึกษาผลระหว่างการจัดการเรียนการสอนตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา 4) เพื่อศึกษาผลหลังการจัดการเรียนการสอนตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยทำการทดลองเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 32 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 ของโรงเรียนบ้านในสอย อำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยการทดลองใช้เครื่องมือ ดังนี้ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 2) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สาระที่ 4 เทคโนโลยี และ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจ ผลการทดลองใช้เครื่องมือวิจัย พบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่า ตรวจสอบค่าดัชนีการสอดคล้อง ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจการจำแนกอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และมีค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบทั้งฉบับ เท่ากับ 0.845 จากนั้นทำการทดลองการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติ พบว่า นักเรียนมีการออกแบบการทดลอง เพื่อพัฒนาเจตสีของการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายจากสีของแก่นไม้ฝางและเหง้าของขมิ้นชัน พบว่า นักเรียนมีการพัฒนาเจตสีจากการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายจากเหง้าของขมิ้นชันทั้งหมด 3 เจตสี และการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายจากแก่นไม้ฝางทั้งหมด 2 เจตสี จากนั้นทำการตรวจสอบความคงทนของสีในเส้นด้ายและการนำเส้นด้ายมาทอ

เป็นพื้นผ้า เพื่อทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและความคงทนของสีต่อการขัดถู จากนั้นเก็บข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 31 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 ของโรงเรียนชุมชนบ้านบวกรกน้อย อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยผู้เรียนมีกระบวนการในการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดด้วยกระบวนการเชิงวิศวกรรมศาสตร์ทั้งหมด 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขึ้นระบุปัญหา 2) ขึ้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ขึ้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) ขึ้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ขึ้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และ 6) ขึ้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และ ประเมินผลการจัดการเรียนรู้ในระหว่างการจัดการเรียนการสอน แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีการพัฒนาคุณภาพของชิ้นงานและด้านการนำเสนอของนักเรียน โดยในแต่ละกลุ่มมีการพัฒนาทั้งสองด้าน และมีผลการพัฒนาคะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการคิดแก้ไขปัญหาจากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน เฉลี่ยเท่ากับ 2.5, 2.31 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับดี จากนั้นทำการเก็บข้อมูลหลังการจัดการเรียนการสอน เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ความพึงพอใจมีค่าเฉลี่ย 4.26 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.78 การแปลผล คือ อยู่ในเกณฑ์ดี และการสะท้อนคิดของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ แสดงให้เห็นว่านักเรียนเกิดทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ครบทุกทักษะและเป็นไปตามเป้าหมายการศึกษาแห่งชาติ

**คำสำคัญ :** สะเต็มศึกษา, การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายจากธรรมชาติ, กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม, ทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21



**The Title** : Results of Implementing Local Wisdom in Science on STEM Education  
Entitled Cotton Yarn Dyeing with Natural Dyes Using Different  
Mordants

**The Author** : Yuttana Chaijaroen

**Program** : Science Teaching

**Department** : Chemistry

**Thesis Advisors** : Assistant Professor Dr. Anodan Ratchawet Chairman  
: Lecturer Dr. Warangkham Khaodee Member

### ABSTRACT

This research aimed to 1) study and compare optimum conditions for cotton yarn dyeing from heartwood of *Ceasalpinia sappan* Linn. and rhizome of *Curcuma Longa* Linn., 2) examine the process of learning based on STEM Education framework with the engineering design process, the title “Cotton yarn dyeing with natural dyes”, 3) assess of the students’ learning achievement during learning on STEM Education, and 4) assess of the students’ learning achievement after learning with STEM Education. The research try – out group was 32 students, who were in a lower secondary school, in the 1<sup>st</sup> semester, 2017 academic year, at Ban Nai Soi School, in Muang Mae Hong Son, Mae Hong Son province. The instruments were 1) Learning activity management plans based on STEM education framework, 2) Learning efficiency test which in the IV topic (about technology), and 3) the student’s satisfaction questionnaires. The try – out results found that the examination paper had been accepted with the basis on the standard preset. The Kuder – Richardson Reliability for an examination of full paper was 0.845. After trying – out the learning activity management plans, it was found that the students had developed 3 shades of color from rhizome of *Curcuma Longa* Linn. and 2 shades of color of heartwood of *Ceasalpinia sappan* Linn. Then, cotton yarn and fabric were tested for the color fastness to washing and color fastness to crocking. After that, the instrument was implemented with 31 students in the 2<sup>nd</sup> Semester, academic year 2017 at Chumchon Banbuakkroknoi School, Mueang District, Chiang Mai Province. The findings revealed that the guideline for student

to learn based on STEM Education enable them to derived six steps of engineering design process as follows ; 1) problem identification, 2) data collection about STEM literacy, 3) solution method design, 4) planning and problem solving 5) testing, evaluation, and improvement of the solution methods, and 6) present a the solution methods. The evaluation of learning outcomes during the instructional management revealed that the students had developed the quality in problem solving methods and the presentation. Each group of student had developed on both sides and had improved their scores of creativity and problem solving ability, with the average of 2.5 and 2.31, respectively, which were at a good level. Then the data were collected after the instruction, the learning achievement of students in the post – test was higher than in the pretest with the statistical significance level of .01 and the evaluation of the satisfaction was at a good level. The average value was 4.26 and the standard deviation was 0.78, which was at a good level. The reflection of the students after learning management revealed that they had formed all learning skills in the 21<sup>st</sup> century in accordance with the national educational goals.

**Keywords :** STEM Education, The Natural Color in Cotton Yarns Dyeing, Engineering Design Process and 21<sup>st</sup> Century Learning Skills

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อโนดาษ์ รัชเวทย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และอาจารย์ ดร. วรางคณา เขาคี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ มาโดยตลอด จนสำเร็จเรียบร้อย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. สุรศักดิ์ วัฒนศักดิ์ ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ ข้อคิดเห็น ตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ และนายจารุพันธ์ ราพิงกิจ ที่แนะนำการยืมสื่อเส้นด้ายฝ้าย ด้วยสิทธิธรรมชาติ และการนำเส้นด้ายฝ้ายทอเป็นผืนผ้า

ขอขอบพระคุณสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ แขวงพระโขนง เขตคลองเตย กรุงเทพมหานคร ภาควิชาเคมี ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ โรงเรียนบ้านในสอย อำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน จังหวัดแม่ฮ่องสอน และโรงเรียนชุมชนบ้านบวกครกน้อย อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนการวิจัยในเรื่องสถานที่ที่เอื้ออำนวยต่อการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านในการแนะนำ ตรวจสอบ และแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย และขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องในด้านอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามที่ช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ประโยชน์อันพึงได้จากการศึกษาในครั้งนี้ ขอให้เป็นที่กตเวทิตาแด่บิดา มารดา ครอบครัว ตลอดจนผู้เขียนหนังสือและบทความต่าง ๆ ที่ให้ความรู้แก่ผู้วิจัย จนสามารถทำให้วิจัยครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี และเป็นตัวอย่างในการศึกษาสำหรับผู้สนใจต่อไป

ยุทธนา ชัยเจริญ

## สารบัญ

|                                                                          | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------|------|
| บทคัดย่อ.....                                                            | ๗    |
| ABSTRACT.....                                                            | ๘    |
| กิตติกรรมประกาศ.....                                                     | ๙    |
| สารบัญ.....                                                              | ๗    |
| สารบัญตาราง.....                                                         | ๑๑   |
| สารบัญภาพ.....                                                           | ๑๒   |
| บทที่                                                                    |      |
| 1 บทนำ.....                                                              | 1    |
| ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....                                      | 1    |
| วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....                                             | 5    |
| ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการจากการวิจัย.....                             | 6    |
| ขอบเขตของการวิจัย.....                                                   | 6    |
| ข้อตกลงเบื้องต้น.....                                                    | 7    |
| นิยามศัพท์เฉพาะ.....                                                     | 7    |
| 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....                                    | 11   |
| ภูมิปัญญาท้องถิ่น.....                                                   | 11   |
| หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)..... | 20   |
| สะเต็มศึกษา.....                                                         | 25   |
| ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....                                               | 41   |
| ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์.....                                        | 45   |
| ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา.....                                          | 51   |
| การข้อมสิทธิ์เส้นด้ายฝ้ายจากสิทธิธรรมชาติ.....                           | 53   |
| 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....                                                | 70   |
| ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....                                             | 70   |
| เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....                                          | 70   |
| การสร้างเครื่องมือ.....                                                  | 71   |

## สารบัญ (ต่อ)

| บทที่                                                                                | หน้า       |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| การวิเคราะห์ข้อมูล.....                                                              | 86         |
| <b>4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....</b>                                                   | <b>90</b>  |
| ตอนที่ 1 ผลและอภิปรายผลการข้อมสิทธิ์เส้นค้าด้วยสิทธิธรรมชาติ.....                    | 91         |
| ตอนที่ 2 ผลและอภิปรายผลการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมศึกษา.....                       | 95         |
| ตอนที่ 3 ผลการศึกษาผลระหว่างการจัดการเรียนการสอน<br>ตามกรอบแนวคิดเพิ่มเติมศึกษา..... | 109        |
| ตอนที่ 4 ผลการศึกษาผลหลังการจัดการเรียนการสอน<br>ตามกรอบแนวคิดเพิ่มเติมศึกษา.....    | 116        |
| <b>5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....</b>                                           | <b>125</b> |
| สรุปผลการวิจัย.....                                                                  | 126        |
| อภิปรายผล.....                                                                       | 128        |
| ข้อเสนอแนะ.....                                                                      | 134        |
| <b>บรรณานุกรม.....</b>                                                               | <b>135</b> |
| <b>ประวัติผู้วิจัย.....</b>                                                          | <b>142</b> |
| <b>ภาคผนวก.....</b>                                                                  | <b>143</b> |
| ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญที่ตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....                | 144        |
| ภาคผนวก ข การหาคุณภาพของเครื่องมือ.....                                              | 150        |
| ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล.....                                       | 154        |
| ภาคผนวก ง การทดสอบสีและความคงทนของสี.....                                            | 245        |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า                                                                                                                                                                |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.1      | สีต่าง ๆ ตามความยาวคลื่นของแสง สีของแสง และสีที่มองเห็น..... 58                                                                                                     |
| 2.2      | แหล่งวัตถุดิบที่เป็นพืชและสัตว์ที่นิยมนำมาใช้ทำสีธรรมชาติในการย้อมผ้า..... 59                                                                                       |
| 3.1      | เอกสารที่ใช้ประกอบในการจัดการเรียนรู้..... 72                                                                                                                       |
| 3.2      | ผลการวิเคราะห์ความรู้และทักษะในวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และ<br>คณิตศาสตร์เกี่ยวกับภูมิปัญญาท้องถิ่น เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายจากสีธรรมชาติ.... 77 |
| 4.1      | ผลการวัดสีของการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติ..... 91                                                                                                            |
| 4.2      | ผลการวัดสีของการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติที่ทอเป็นผืนผ้า..... 93                                                                                             |
| 4.3      | ผลการวัดความคงทนของสีของการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติที่ทอเป็นผืนผ้า... 95                                                                                    |
| 4.4      | ผลการคำนวณค่า IOC ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน..... 96                                                                                                       |
| 4.5      | ผลการคำนวณค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากง่ายของ<br>แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน..... 98                                                                             |
| 4.6      | ผลคะแนนจากการประเมินคุณภาพชิ้นงาน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1..... 110                                                                                                |
| 4.7      | ผลคะแนนจากการประเมินคุณภาพชิ้นงาน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2..... 111                                                                                                |
| 4.8      | ผลคะแนนจากการประเมินคุณภาพชิ้นงาน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3..... 112                                                                                                |
| 4.9      | ผลคะแนนจากการประเมินด้านการนำเสนอผลงาน..... 113                                                                                                                     |
| 4.10     | ผลการประเมินด้านความคิดสร้างสรรค์จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา<br>เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติ โดยใช้โคลนเป็นสารช่วยติด..... 114              |
| 4.11     | ผลการประเมินความสามารถในการคิดแก้ปัญหาจากการจัดการเรียนรู้<br>ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติ<br>โดยใช้โคลนเป็นสารช่วยติด..... 115     |
| 4.12     | ผลการทดสอบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบสัมฤทธิ์<br>ทางการเรียนของนักเรียน..... 116                                                                      |
| 4.13     | ผลการสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้<br>ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติ<br>โดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ..... 117 |

ญ

## สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่

- 4.14 ผลการการสะท้อนคิดของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้  
ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การซ่อมสีเส้นด้ายฝ้าย  
ด้วยสีธรรมชาติโดยใช้โดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ..... 120





## สารบัญภาพ

| ภาพที่                                                                                                                                                         | หน้า |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 2.1 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม.....                                                                                                                           | 27   |
| 2.2 แผนผังความคิดที่ระบุการบูรณาการระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี<br>วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่ปรากฏในแผนการจัดการเรียนรู้<br>เรื่อง การวัดพื้นที่ใบไม้..... | 30   |
| 2.3 แผนผังการเปรียบเทียบกระบวนการและผลผลิตที่ได้จากการจัดการเรียนรู้<br>โดยใช้โครงงานเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน.....                        | 33   |
| 2.4 แผนภาพแสดงลักษณะสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา.....                                                                                           | 35   |
| 2.5 ผังเส้นใยฝ้าย.....                                                                                                                                         | 54   |
| 2.6 สเปกตรัมของคลื่นแสงขาว.....                                                                                                                                | 57   |
| 2.7 แก่นไม้ฝาง.....                                                                                                                                            | 63   |
| 2.8 องค์ประกอบทางเคมีของแก่นไม้ฝาง.....                                                                                                                        | 64   |
| 2.9 เหง้าของขมิ้น.....                                                                                                                                         | 66   |
| 2.10 องค์ประกอบทางเคมีของเหง้าขมิ้น.....                                                                                                                       | 67   |
| 3.1 แผนภาพการเตรียมเส้นด้ายที่ทำความสะอาด.....                                                                                                                 | 78   |
| 3.2 แผนภาพการเตรียมสารช่วยติด.....                                                                                                                             | 79   |
| 3.3 แผนภาพการย้อมสารช่วยติดก่อนการย้อมสี.....                                                                                                                  | 80   |
| 3.4 แผนภาพการย้อมสารช่วยติดพร้อมการย้อมสี.....                                                                                                                 | 80   |
| 3.5 แผนภาพการย้อมสารช่วยติดหลังการย้อมสี.....                                                                                                                  | 81   |
| 3.6 แผนภาพวิธีการดำเนินการการย้อมสีด้วยสีธรรมชาติ.....                                                                                                         | 82   |
| 3.7 แผนภาพวิธีการดำเนินการวิจัยในการเก็บข้อมูล.....                                                                                                            | 85   |
| 3.8 แผนภาพวิธีการดำเนินการวิจัย.....                                                                                                                           | 89   |
| 4.1 ตัวอย่างเส้นด้ายฝ้ายที่ได้จากการย้อมสีธรรมชาติ.....                                                                                                        | 92   |
| 4.2 ตัวอย่างผ้าทอจากเส้นด้ายฝ้ายที่ได้จากการย้อมสีธรรมชาติ.....                                                                                                | 94   |
| 4.3 ตัวอย่างวิดีโอ การย้อมด้ายฝ้ายจากธรรมชาติ.....                                                                                                             | 99   |
| 4.4 ตัวอย่างคำถามและคำตอบของนักเรียนในใบกิจกรรมที่ 1<br>Being Colorful on Cotton Yarns with STEM.....                                                          | 100  |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่                                                                                                                                                                     | หน้า |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 4.5 บรรยายภาพการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องจากใบความรู้ที่ 1<br>Being Colorful on Cotton Yarns with STEM ของนักเรียน.....                                           | 101  |
| 4.6 ตัวอย่างคำถามและคำตอบของนักเรียนในใบกิจกรรมที่ 1<br>Being Colorful on Cotton Yarns with STEM.....                                                                      | 102  |
| 4.7 ตัวอย่างภาพร่างการออกแบบวิธีการพัฒนาเจตคติจากการย้อมสีด้วยฝ้าย<br>จากแก่นไม้ฝางในใบกิจกรรมที่ 1 Being Colorful on Cotton Yarns with STEM....                           | 104  |
| 4.8 บรรยายภาพการรับรู้ผลกระทบที่เกิดจากการนำเสนอภาพการออกแบบ<br>วิธีการพัฒนาเจตคติจากการย้อมสีด้วยฝ้ายจากแก่น ไม้ฝางของนักเรียน.....                                       | 105  |
| 4.9 ตัวอย่างผลการทดสอบชิ้นงานในใบกิจกรรมที่ 1<br>Being Colorful on Cotton Yarns with STEM.....                                                                             | 106  |
| 4.10 การประเมินคุณภาพชิ้นงาน Being Colorful on Cotton Yarns with STEM<br>ที่เกิดจากการออกแบบด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม.....                                           | 106  |
| 4.11 บรรยายภาพการนำเสนอชิ้นงานจากการสร้างสรรค์ผลงาน Cotton design STEM.....                                                                                                | 107  |
| 4.12 ตัวอย่างคำถามและคำตอบการวิเคราะห์ผลงานของนักเรียนในใบกิจกรรมที่ 1<br>Being Colorful on Cotton Yarns with STEM.....                                                    | 107  |
| 4.13 ตัวอย่างคำถามและคำตอบการเสนอแนวคิดการปรับปรุงและพัฒนาผลงาน<br>ของนักเรียนภายหลังการทดสอบชิ้นงานในใบกิจกรรมที่ 1<br>Being Colorful on Cotton Yarns with STEM.....      | 108  |
| 4.14 ตัวอย่างการนำเสนอผลการวิเคราะห์ชิ้นงานของนักเรียน.....                                                                                                                | 109  |
| 4.15 ชิ้นงานที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้ ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 Being Colorful on<br>Cotton Yarns with STEM ของนักเรียนกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ 3 ตามลำดับ..... | 110  |
| 4.16 ภาพชิ้นงานที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้ ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2<br>Cotton Design STEM ของนักเรียนกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ 3 ตามลำดับ.....                    | 111  |
| 4.17 ภาพชิ้นงานที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้ ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3<br>Handmade Cotton Products with STEM ของนักเรียนกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ 3....              | 112  |

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

รัฐบาลประกาศแผนพัฒนาประเทศไทย 4.0 เป็นความมุ่งมั่นในการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเศรษฐกิจไปสู่ “Value – Based Economy” หรือเศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรมด้วยเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์ นวัตกรรมเป็นรูปแบบที่มีการผลักดันการปฏิรูปโครงสร้างทางเศรษฐกิจ การปฏิรูปการวิจัยและพัฒนาและการปฏิรูปทางการศึกษาไปพร้อมกัน การพัฒนาประเทศให้เจริญก้าวหน้าได้นั้น ปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญที่สุด คือ การพัฒนาประชากรในประเทศให้มีประสิทธิภาพ มีความรู้ ความสามารถนำไปพัฒนาตนเอง และนำความรู้ไปประกอบวิชาชีพอย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ประเทศเจริญก้าวหน้าต่อไป วิทยาศาสตร์เป็นปัจจัยสำคัญในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต มีบทบาททั้งในด้านการดำเนินชีวิตและในงานอาชีพต่าง ๆ ล้วนเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งกระแสดการปรับเปลี่ยนทางสังคมที่เกิดขึ้นในศตวรรษที่ 21 ส่งผลต่อวิถีการดำรงชีพของสังคมอย่างทั่วถึง ครูจึงต้องมีความตื่นตัวและเตรียมพร้อมในการจัดการเรียนรู้ เพื่อเตรียมความพร้อมให้นักเรียนมีทักษะสำหรับการออกไปดำรงชีวิตในโลกในศตวรรษที่ 21 ที่เปลี่ยนไป โดยทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ที่สำคัญที่สุด คือ ทักษะการเรียนรู้ ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงการจัดการเรียนรู้เพื่อให้เด็กในศตวรรษที่ 21 มีความรู้ความสามารถ และทักษะจำเป็น อีกทั้งปัจจุบันเป็นยุคแห่งการแข่งขันทางสังคมค่อนข้างสูง ส่งผลต่อการปรับตัวให้ทันเทียมและเท่าทันการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในบริบททางสังคมในทุกมิติรอบด้าน ดังนั้น การสร้างองค์ความรู้ ทักษะเฉพาะทาง ความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน และสมรรถนะของการรู้เท่าทัน และทักษะพื้นฐาน จึงเป็นตัวแปรสำคัญที่ต้องเกิดขึ้นกับตัวผู้เรียนในการเรียนรู้ยุคสังคมแห่งการเปลี่ยนแปลงในศตวรรษที่ 21 นี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (วิจารณ์ พานิช, 2555, 13) แต่เนื่องจากสถิติการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ในปี พ.ศ. 2559 พบว่า ผลการประเมินวิชาวิทยาศาสตร์ของประเทศไทย มีคะแนน 421 คะแนน และผลการประเมินวิชาคณิตศาสตร์ของประเทศไทย มีคะแนน 415 (ศูนย์ PISA แห่งชาติสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2559) เมื่อจัดลำดับคะแนนอยู่ในลำดับที่ 55 แต่คะแนนเฉลี่ยประเทศยังคงต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD อยู่มากกว่าครึ่ง

จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์แบบเดิมที่เน้นการจัดการเรียนรู้ที่แยกเป็นรายวิชาตามแนวทางของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2560 ยังไม่สามารถเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนได้ สะท้อนให้เห็นว่าผู้เรียนยังขาดสมรรถนะที่สำคัญพื้นฐานในการเรียนในศตวรรษที่ 21 คือ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความสามารถในการคิดแก้ปัญหา ทั้งนี้ อาจเกิดจากการวัดและประเมินผลของหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2560 ที่วัดและประเมินผลผู้เรียนโดยแยกออกเป็น 8 กลุ่มสาระ (กรมวิชาการ, 2560) ทำให้ไม่เกิดการบูรณาการความรู้ของหลาย ๆ สาขาวิชามาใช้ในการตอบคำถามที่ใช้ในสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ซึ่งตรงกับรูปแบบที่ใช้ประเมินนักเรียนนานาชาติ (PISA)

ภูมิปัญญาท้องถิ่นถือได้ว่าเป็นพื้นฐานขององค์ความรู้สมัยใหม่ที่จะช่วยในการเรียนรู้อุปสรรค การจัดการและปรับตัวในการดำเนินชีวิตของคนไทย องค์ความรู้ถูกสั่งสมขึ้นมาจากความรู้เฉพาะเรื่อง โดยมีลักษณะเป็นแบบองค์ความรู้รวมการเรียนรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ในชุมชนที่มีความแข็งแกร่งทางวัฒนธรรมท้องถิ่นจะมีการถ่ายทอดภูมิปัญญานั้นผ่านพิธีกรรมและงานประเพณีต่าง ๆ รวมถึงงานหัตถกรรมที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ซึ่งถือเป็นพื้นฐานความรู้ที่เข้มแข็งของคนภายในชุมชนของสังคมไทย อุทัย คลยเกษม (2540, 24 – 25) กล่าวว่า การเรียนรู้ภูมิปัญญา บุคคลในชุมชนสามารถเรียนรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นได้จากความเฉพาะด้านซึ่งมีอยู่ในชุมชนทุกแห่ง ตัวอย่างความรู้ด้านหัตถกรรม เช่น การทอผ้า จักรสาน ความรู้ด้านการแพทย์ เช่น การใช้สมุนไพร การนวด และความรู้ด้านอื่น ๆ อีกมากมาย เนื่องจากชุมชนสมัยเดิมต้องพึ่งตัวเองในทุกด้าน จึงมีผลให้ชุมชนต้องสั่งสมและพัฒนาความรู้เพื่อการดำรงชีวิตประจำวัน

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่าชุมชนนับได้ว่าเป็นแหล่งเรียนรู้ที่สำคัญ สำหรับบุคคลในชุมชนมีการเรียนรู้สืบทอดเรื่อยมาจนมาถึงปัจจุบันกลายเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นที่มีคุณค่าต่อการเรียนรู้ ขณะที่สิริพรรณ สิทธิพงษ์ (2542) เสนอว่า ภูมิปัญญาท้องถิ่นเปรียบเสมือนเครื่องจักรโลงสังคมให้ดำรงอยู่และก้าวหน้าต่อไปได้อย่างมีคุณภาพก่อให้เกิดเอกลักษณ์อย่างสามัคคีศรี เสริมสร้างความเชื่อมั่นและความภาคภูมิใจปัญญาของกลุ่มคนและกลายเป็นต้นทุนเกื้อกูลให้เกิดการสร้างสิ่งใหม่จนกลายเป็นรากเหง้าแห่งวิถีชีวิตที่บรรพบุรุษได้ถ่ายทอดมาในรูปลักษณะขององค์ความรู้มีขอบเขตกว้างขวางลึกซึ้ง เกี่ยวพันกับค่านิยมความรู้ ความคิด วิธีการนำไปสู่การใช้งานในชีวิตประจำวัน ตลอดจนการสั่งสมประสบการณ์ในการเข้าถึงปัญหาและการรวบรวมเพื่อต่อสู้กับปัญหาด้วยความคิด ด้วยวิธีการที่คัดเลือกว่าเหมาะสมกับบริบทของตน ก่อให้เกิดผลสุดท้ายปลายทาง ได้แก่ ความภาคภูมิใจ มั่นใจ ชื่นชม ในรากฐานทางมรดกแห่งปัญญา ซึ่งเปรียบเสมือนกระบวนการเรียนรู้ทางสังคมที่มีคุณค่าและมีความสำคัญ ควรคู่แก่การที่คนรุ่นหลังต้องให้ความสำคัญอย่างยิ่ง

แต่ปัจจุบัน พบว่าสังคมไทยลืมนโยบายท้องถิ่นของประเทศ รุ่ง แก้วแดง (2542, 6) กล่าวว่า สังคมไทยได้ละลายนโยบายดั้งเดิมอันทรงคุณค่า แล้วรับนโยบายตะวันตกเข้ามาเป็นเวลานานกว่า 100 ปี โดยผ่านระบบการศึกษาสากลที่สอนในโรงเรียน และปราศจากการคัดสรรประยุกต์ใช้ นำมาซึ่งการทำลายวัฒนธรรมดั้งเดิม ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดความไม่สมดุลในการดำรงชีวิตนานัปการ ดังนั้น การจัดระบบการศึกษาจึงควรมีการนำเอาภูมิปัญญาท้องถิ่นเข้ามาใช้ในการเรียนการสอนเพื่อความเป็นไทยของประชาชนในสังคม นิคม ชมพุดทอง (2548) กล่าวว่า “...ภูมิปัญญาไทย เป็นองค์ความรู้สำคัญส่วนหนึ่งที่ต้องปลูกฝังให้กับเด็กและเยาวชนในชาติ ได้เรียนรู้ถึงความยิ่งใหญ่ และควรค่าแห่งความภาคภูมิใจเป็นรากฐานของวิถีคิดและจุดร่วมของจิตสำนึกในทุกระดับ ตั้งแต่ระดับครอบครัว ชุมชน และประเทศชาติ จึงจำเป็นต้องนำเข้าสู่ระบบการศึกษา ทั้งนี้ เพื่อให้เกิดการฟื้นฟู สืบสานอย่างยั่งยืน...”

จากความสำคัญของภูมิปัญญาท้องถิ่นที่มีต่อกระบวนการดำรงอยู่ของสังคมไทย พระราชบัญญัติพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2560 (2560) ให้สถานศึกษาส่งเสริม 1) การพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่นที่สอดคล้องกับบริบทพื้นที่ ภูมิสังคม อาชีพที่สนองตอบการพัฒนาเอกลักษณ์เศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรมและความต้องการของชุมชนและภูมิภาค 2) การจัดการเรียนรู้เพื่อสร้างความรัก ความภูมิใจในชุมชน และพื้นที่สืบสานศิลปวัฒนธรรม ประเพณีและค่านิยมที่ดีงาม และ 3) ส่งเสริมการใช้สื่อและแหล่งเรียนรู้และการใช้ประโยชน์ของภูมิปัญญาท้องถิ่น ประชาชนชาวบ้านในกระบวนการจัดการเรียนรู้

การสอนเพื่อพัฒนาศักยภาพอย่างมีเป้าหมายของรายวิชา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ หรือที่เราเรียกกันว่า สะเต็มศึกษา (STEM Education) สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนการสอนที่นักเรียนได้ลงมือทำกิจกรรมการเรียนการสอน โดยครูเป็นผู้นำในการเรียนการสอน และนักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้โดยบูรณาการความรู้จากวิชาวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ควบคู่กับการพัฒนาทักษะการเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 ด้วยพื้นฐานความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ไขปัญหาความคิดสร้างสรรค์ การสื่อสาร การเป็นผู้นำ และการทำงานร่วมกับผู้อื่น การเข้าใจสังคม สิ่งแวดล้อม วัฒนธรรมในบริบทของตนเองและของโลก โดยนำทักษะความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันเพื่อพัฒนาตนเอง (วชิณิส อิศรเสนา ณ อยุธยา, 2559)

สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการเนื้อหาและทักษะในวิชา วิทยาศาสตร์ วิชาเทคโนโลยี วิชาวิศวกรรมศาสตร์ และวิชาคณิตศาสตร์ เข้าด้วยกันกับการจัดการเรียนการสอน (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556; Lantz, 2009; Breiner et al., 2012; O’Neil et al., 2012)

ที่มุ่งแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน เพื่อสร้างประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ และเป็นการเตรียมความพร้อมแก่นักเรียนในการปฏิบัติงานที่ต้องใช้ความรู้และทักษะกระบวนการในวิชาวิทยาศาสตร์ วิชาเทคโนโลยี วิชาคณิตศาสตร์ ผสมกับแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยนักเรียนจะได้ทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ เพื่อพัฒนาทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยในการเรียน การสอนต้องคำนึงถึงมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดที่สอดคล้องกับกรอบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ต้องคำนึงว่านักเรียนไม่สามารถเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และนักเรียนจะสามารถนำความรู้มาออกแบบนวัตกรรม เพื่อตอบสนองความต้องการและการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยี ซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการเชิงวิศวกรรม (สุธีระ ประเสริฐสรรพ, 2558; 2559ก; 2559ข)

จากแนวคิดและความสำคัญของภูมิปัญญาท้องถิ่น รวมถึงลักษณะแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาดังกล่าว ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงการสืบทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการจัดการเรียนการสอนตามแนวสะเต็มศึกษา จึงมีความสนใจในการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนตามแนวสะเต็มศึกษาและวิเคราะห์ภูมิปัญญาท้องถิ่นในภาคเหนือของไทย พบว่า การย้อมสีจากธรรมชาติ โดยสีย้อมผ้าธรรมชาติเป็นสีที่ได้จากธรรมชาติใกล้ตัว เช่น สีจากส่วนประกอบภายในต้นไม้ (ใบไม้ ลำต้น ราก และดอกไม้) สีจากแร่ดิน โดยใช้กรรมวิธีจากโบราณ มักจะได้สีในโทนสีธรรมชาติ เช่น สีน้ำตาล สีเหลือง และสีแดง โดยสีที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับพืชที่นำมาการย้อม เช่น แก่นไม้ เมื่อผ่านกรรมวิธีจะย้อมเส้นด้ายออกมาในโทนสีชมพู ไม้เพกา เมื่อผ่านกรรมวิธีจะย้อมเส้นด้ายออกมาในโทนเขียว แก่นต้นขนุนเมื่อผ่านกรรมวิธีจะย้อมเส้นด้ายออกมาในโทนสีเหลืองและยังมีการใช้ดินในการย้อมจะให้เส้นด้ายออกมาเป็นสีครีม (กบนอกกะลา, 2560) การย้อมด้ายฝ้ายจากสีธรรมชาติที่ใช้เปลือกไม้ต้องใช้วิธีการย้อมร้อน โดยกรรมวิธีการย้อมร้อนต้องเริ่มจากการทำความสะอาดด้ายฝ้ายเพื่อกำจัดสิ่งสกปรก จากนั้นทำการต้มพืชที่ต้องการย้อมเป็นเวลา 1 คืน เพื่อให้สีของพืชออกมาให้มากที่สุด จากนั้นนำด้ายที่ทำความสะอาดแล้วนำมาลงในกระทะย้อมร้อนเป็นเวลา 30 นาที เป็นการเสร็จสิ้นกรรมวิธีในการย้อมร้อน (กบนอกกะลา, 2560) จากกรรมวิธีการย้อมผ้าที่เกิดขึ้น สารที่มาจากเนื้อไม้ทำปฏิกิริยากับความร้อน จะทำให้สีของพืชออกมาเราจะเรียกว่าน้ำย้อม จากนั้นกระบวนการย้อมผ้าที่เกิดขึ้นเราจะใช้ น้ำย้อมมารวมกับสารช่วยติดอาจะเป็น สารส้ม เกลือ และปูนขาว มาช่วยให้สีติดทนนานยิ่งขึ้น แต่ผู้วิจัยเห็นว่าการย้อมผ้าจากสีธรรมชาตินั้น มีการใช้สารเคมีเป็นสารช่วยติดทำให้ผู้วิจัยต้องการลดความรุนแรงของสารที่ใช้ในการทำทดลองในการปรับปรุงรูปแบบการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายและลดปริมาณการใช้สารเคมีเพื่อประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนภายในโรงเรียน

วิทยาศาสตร์ในภูมิปัญญาไทยเป็นองค์ความรู้ที่สั่งสม สืบทอดและกลมกลืนอยู่ในวิถีชีวิตไทยมาช้านาน สามารถเชื่อมโยงมาใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้เด็กไทยตระหนักถึงคุณค่าภูมิปัญญา บรรพบุรุษได้ง่าย จากการศึกษาผู้วิจัยจึงมีความสนใจจะใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ ที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น โดยผู้สอนนำองค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ที่อยู่ในภูมิปัญญาท้องถิ่นในกระบวนการการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายจากธรรมชาติ โดยสารช่วยติดที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาได้ จากแนวคิดผู้วิจัยสนใจ ผลการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านวิทยาศาสตร์มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายจากธรรมชาติโดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ ระดับชั้นมัธยม ศึกษาตอนต้น แล้วนำมาปรับใช้ในการจัดการเรียนรู้

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบสภาวะที่เหมาะสมในการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายจากแก่นไม้ฝาง และเหง้าของขมิ้นชัน
2. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
3. เพื่อศึกษาผลระหว่างการจัดการเรียนการสอนตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติโดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น
  - 3.1 คุณภาพชิ้นงาน
  - 3.2 ด้านการนำเสนอผลงาน
  - 3.3 ความคิดสร้างสรรค์
  - 3.4 ความสามารถในการแก้ปัญหา
4. เพื่อศึกษาผลหลังการจัดการเรียนการสอนตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติโดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น
  - 4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
  - 4.2 ความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้



### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

1. ได้ทราบถึงผลการทดสอบความคงทนของการติดสีธรรมชาติจากเหง้าขมิ้นชันและแก่นฝางต่อเส้นด้ายฝ้าย
2. ได้แนวทางในการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น
3. ได้ทราบแนวทางการเรียนรู้ของผู้สอน เมื่อจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
4. ได้ทราบแนวทางการประเมินนักเรียนตามสภาพจริง เมื่อจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

### ขอบเขตของการวิจัย

#### ขอบเขตด้านพื้นที่

โรงเรียนบ้านในสอย ตำบลหมอกจำแป๋ อำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน จังหวัดแม่ฮ่องสอน  
โรงเรียนชุมชนบ้านบวกรกน้อย ตำบลหนองป่าครั่ง อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

#### ขอบเขตด้านประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนที่ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นของโรงเรียนชุมชนบ้านบวกรกน้อย จำนวน 74 คน ตำบลหนองป่าครั่ง อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนที่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ตอนต้นของโรงเรียนชุมชนบ้านบวกรกน้อย ตำบลหนองป่าครั่ง อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 31 คน โดยการสุ่มจับฉลาก ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560

#### ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ นำภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านวิทยาศาสตร์มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีจากธรรมชาติ โดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น



## ข้อตกลงเบื้องต้น

การออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีจากธรรมชาติ โดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ อ้างอิงหลักสูตรหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ร่วมกับกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้จากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอนตามกระบวนการของศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

## นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายจากสีธรรมชาติ หมายถึง การย้อมสีด้ายฝ้ายด้วยแก่นไม้ฝางหรือเหง้าขมิ้นชันด้วยกรรมวิธี โดยการนำด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 ที่ผ่านการปั่นมือมาทำความสะอาดเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกและคราบไขมันที่ติดอยู่บริเวณด้ายฝ้ายออก จากนั้นนำมาทำการย้อมสีด้ายฝ้ายด้วยกรรมวิธีการย้อมร้อน โดยทำการแช่พืชที่ต้องการย้อมเป็นเวลา 1 คืน จากนั้นกรองน้ำเฉพาะสารละลายออกมาทำการต้ม จากนั้นนำมาย้อมร่วมกับสารช่วยติด ผ่านกรรมวิธีที่ 1) ย้อมสารช่วยติดก่อนย้อม โดยใช้น้ำย้อม 2) ย้อมสารช่วยติดหลังย้อมโดยใช้น้ำย้อม และ 3) ย้อมสารช่วยติดพร้อมน้ำย้อม

2. ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการย้อมสีด้ายฝ้ายจากธรรมชาติ หมายถึง ภูมิปัญญาท้องถิ่นในทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการย้อมสีด้ายฝ้ายจากธรรมชาติ ซึ่งสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้แกนกลางของช่วงชั้นที่ 3 ที่ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ประเด็นต่อไปนี้

2.1 ความสอดคล้องกับเนื้อหาในสาระการเรียนรู้พื้นฐานวิทยาศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 3

2.2 ด้านภูมิปัญญาท้องถิ่นในทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการย้อมสีด้ายฝ้ายจากธรรมชาติ กระบวนการย้อมสีธรรมชาติ

3. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการความรู้และทักษะในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ไขปัญหาสถานการณ์ที่ครูผู้สอนกำหนด โดยแผนการสอนจะเขียนกระบวนการจัดการเรียนการสอนตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์

4. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา หมายถึง แนวทางในการจัดการเรียนการสอนตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษามือถือประกอบ ดังนี้

4.1 ขั้นระบุปัญหา นักเรียนสามารถวิเคราะห์เพื่อกำหนดปัญหาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้น (จากครูผู้สอน) เพื่อให้ผู้เรียนกำหนดปัญหาจากสถานการณ์ เพื่อพัฒนาแนวทางการแก้ไข

ปัญหาทางวิศวกรรมให้เกิดความชัดเจนและกำหนดปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่ครูผู้สอนกำหนดให้ จากนั้น จากสถานการณ์ที่ครูกำหนดนักเรียนต้องสามารถวิเคราะห์ข้อจำกัดของการแก้ไข้ปัญหา เช่น เวลาที่ใช้ในการแก้้ปัญหา จำนวนเงินในการซื้อวัสดุและอุปกรณ์ และเกณฑ์ในการตัดสินใจวิธีการแก้้ปัญหา

4.2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา นักเรียนสามารถระบุข้อจำกัดของปัญหา จากนั้นนักเรียนทำการระดมความคิดภายในกลุ่ม เพื่อหาแนวทางในการแก้ไข้ปัญหาโดยสอดคล้องกับปัญหาที่นักเรียนสนใจและข้อจำกัดของเงื่อนไข จากนั้นนักเรียนต้องค้นหาวิธีการแก้ไข้ปัญหาที่เป็นไปได้จากเงื่อนไข สำรวจทางเลือกของวิธีการแก้ไข้ปัญหา และเลือกวิธีการแก้ไข้ปัญหาที่เหมาะสมกับข้อจำกัดด้านต่าง ๆ

4.3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้้ปัญหา นักเรียนเลือกปัญหาจากการระดมความคิดของสมาชิกภายในกลุ่ม นักเรียนต้องสามารถเขียนแบบร่างของการแก้ไข้ปัญหาของกลุ่มนักเรียน และสามารถพัฒนาแบบร่างและสามารถอธิบายการพัฒนาแบบร่างดังกล่าวได้

4.4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้้ปัญหา นักเรียนสามารถพัฒนาแบบร่างเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของแบบร่าง เพื่อบ่งบอกประสิทธิภาพของต้นแบบที่นักเรียนเป็นผู้สร้างขึ้น และสามารถบอกถึงข้อบกพร่องของแบบร่างที่นักเรียนสร้างขึ้นได้

4.5 ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้้วิธีการแก้้ปัญหา นักเรียนสามารถพัฒนาแบบร่างเพื่อแก้ไข้ปัญหา และนักเรียนต้องสามารถพัฒนาและปรับปรุงแก้้ปัญหาตามจุดบกพร่องของแบบร่าง และประยุกต์ใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่มีอยู่

4.6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้้ปัญหา ผลการแก้้ปัญหาหรือชิ้นงานการสื่อสาร นักเรียนต้องสามารถสื่อสารแนวทางการแก้ไข้ปัญหาที่นักเรียนพัฒนาแบบร่าง ข้อบกพร่อง และการปรับปรุงต้นแบบที่นักเรียนพบจากการแก้ไข้ปัญหา

**5. ผลระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีด้วยฝ้ายธรรมชาติ** หมายถึง ผลการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีจากธรรมชาติโดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ เป็นการประเมินตามสภาพจริงระหว่างการจัดการเรียนการสอน ประกอบด้วย ผลการเรียนรู้ 3 ด้าน ได้แก่

5.1 ด้านคุณภาพชิ้นงาน หมายถึง คะแนนที่ได้จากการประเมินด้านคุณภาพชิ้นงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีจากธรรมชาติโดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ ประกอบด้วยพฤติกรรมของผู้เรียน

ทั้ง 6 ด้าน คือ ชิ้นงานหรือผลงาน เวลาที่ใช้ในการสร้างผลงานทั้งหมดต้นทุนการผลิต การนำเสนอผลงาน การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม การบูรณาการความรู้ (STEM) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

5.2 ด้านการนำเสนอผลงาน หมายถึง คะแนนที่ได้จากการประเมินแบบสังเกตพฤติกรรมผู้เรียนด้านการนำเสนอผลงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีจากธรรมชาติ โดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ ประกอบด้วย พฤติกรรมของผู้เรียนทั้ง 6 ด้าน คือ เนื้อหาครบถ้วน ความคิดสร้างสรรค์ ตรงต่อเวลา ภาษา ความพร้อมในการอภิปราย และการตอบคำถามที่ผู้วิจัยเป็นคนสร้างขึ้นเอง

5.3 ด้านความสามารถในการแก้ไขปัญหา หมายถึง คะแนนที่ได้จากการประเมินแบบสังเกตพฤติกรรมผู้เรียนด้านความสามารถในการแก้ไขปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีจากธรรมชาติ โดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ ประกอบด้วย ผลการเรียนรู้ 3 ด้าน คือ ประกอบด้วย พฤติกรรมของผู้เรียน ทั้ง 4 ด้าน คือ การวางแผน การออกแบบเพื่อนำมาแก้ไขปัญหา การสรุปความคิดผ่านการระดมสมอง และความสามารถในการคิดเพื่อแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยเป็นคนสร้างขึ้นเอง

5.4 ด้านความสามารถในคิดสร้างสรรค์ หมายถึง คะแนนที่ได้จากการประเมินแบบสังเกตพฤติกรรมผู้เรียนด้านความสามารถในคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีจากธรรมชาติ โดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ ประกอบด้วย พฤติกรรมของผู้เรียนทั้ง 4 ด้าน คือ ความคิดริเริ่ม การคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ ที่ผู้วิจัยเป็นคนสร้างขึ้นเอง

**6. ผลหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีด้ายฝ้ายธรรมชาติ** หมายถึง ผลการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีจากธรรมชาติโดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ ประกอบด้วยผลการเรียนรู้ 2 ด้าน คือ

6.1 ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่ผ่านชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยสร้างข้อสอบสาระที่ 4 เทคโนโลยี หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

6.2 ความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ หมายถึง ผลการประเมินได้จากการประเมินแบบความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีจากธรรมชาติโดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ ประกอบด้วย พฤติกรรมของผู้เรียนทั้ง 5 ด้าน คือ ด้านกระบวนการในการเรียน ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ด้านการพัฒนาศักยภาพของผู้เรียน ด้านภูมิปัญญาท้องถิ่นที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ และการสะท้อนคิด  
หลังการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง



## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ผลการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การซ่อมลิ้นด้ายฝ้ายด้วยสิทธรรมาชาติโดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาและค้นคว้าเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. ภูมิปัญญาท้องถิ่น
2. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศ
3. สะเต็มศึกษา
4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
5. ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์
6. ความสามารถในการคิดแก้ไขปัญหา
7. การซ่อมลิ้นด้ายฝ้ายจากสิทธรรมาชาติ

#### ภูมิปัญญาท้องถิ่น

##### ความหมายของภูมิปัญญาไทย

คำว่า “ภูมิปัญญา” ตรงกับคำศัพท์ภาษาอังกฤษว่า “Wisdom” มีความหมายว่า ความรู้ ความสามารถ ความเชื่อ ความสามารถทางพฤติกรรม และความสามารถในการแก้ไขปัญหาของมนุษย์ ส่วนคำว่า ท้องถิ่น (Local) หมายถึง ท้องถิ่นใดท้องถิ่นหนึ่งโดยเฉพาะ ไม่สามารถกำหนดได้ว่ามีขนาดของพื้นที่หรือจำนวนประชากรหรือสิ่งต่าง ๆ ได้ว่าเป็นเท่าใด ดังนั้น ภูมิปัญญาท้องถิ่น (Local Wisdom) มีนักวิชาการให้ความหมายไว้แตกต่างกัน ดังนี้

กรมวิชาการ (2540ก, 3) ให้ความเห็นว่า ภูมิปัญญาท้องถิ่น หมายถึง ความรู้ และประสบการณ์ทั้งหลายของชาวบ้านในท้องถิ่นที่ใช้แก้ปัญหาหรือดำเนินชีวิต โดยได้รับการถ่ายทอดจากรุ่นสู่รุ่นมาช้านาน

เสรี พงศ์พิศ (2529, 145) กล่าวว่า ภูมิปัญญาท้องถิ่นหรือภูมิปัญญาชาวบ้าน คือ ทุกสิ่งทุกอย่างที่ชาวบ้านคิดได้เอง ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาเป็นสติปัญญาหรือองค์ความรู้ทั้งหมดของชาวบ้าน ทั้งกว้าง ทั้งลึก ที่ชาวบ้านสามารถคิดเอง ทำเอง โดยอาศัยศักยภาพที่มีอยู่แก้ปัญหาการดำเนินชีวิตในท้องถิ่นได้อย่างสมสมัย

เอกวิทย์ ณ ถลาง (2540, 11) กล่าวว่า ภูมิปัญญาท้องถิ่น หมายถึง ความรู้ ความสามารถ ความคิด ความเชื่อ ความชัดเจนที่กลุ่มชนได้จากประสบการณ์ที่สั่งสมไว้ใน การปรับตัว และดำรงชีพอยู่ในระบบนิเวศหรือสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมทางสังคม วัฒนธรรมที่ได้มีการพัฒนาสืบสานกันมา

ประเวศ วะสี (2534, 86) กล่าวถึง ภูมิปัญญาท้องถิ่นว่า ภูมิปัญญาไทยหรือภูมิปัญญาท้องถิ่น คือ วัฒนธรรมพื้นฐานของเรา การพัฒนาควรจะต้องอยู่บนพื้นฐานที่มั่นคงของเราเอง และหาสิ่งอื่นมาดัดแปลงระดับประดาที่เหมาะสมมาใช้ในการพัฒนาที่ขาดออกจากฐานเดิมของตนเอง ซึ่งจะทำให้โยกคลอนได้ง่าย รัฐบาลและสาธารณะควรทำความเข้าใจความสำคัญของภูมิปัญญาท้องถิ่น และส่งเสริมสนับสนุนให้นาภูมิปัญญาท้องถิ่นเข้าสู่ระบบการศึกษาของชาติ เพื่อความสมบูรณ์ของการศึกษา อันจักเป็นการฟื้นฟูบูรณะพลังของชาติ เพื่อความสามัคคีกันของชนในชาติ การพัฒนาอย่างได้สมดุลและยั่งยืน และสันติสุขของสังคมไทย

ชลทิพย์ เอี่ยมสำอางค์ และวิณี ศิลาตระกูล (2534, 211) กล่าวว่า ภูมิปัญญาท้องถิ่น หมายถึง ความรู้ประสบการณ์ของประชาชนในท้องถิ่น ซึ่งได้รับการศึกษาอบรมสั่งสมและถ่ายทอดจากบรรพบุรุษ หรือเป็นความรู้ประสบการณ์ที่เกิดขึ้นจากประสบการณ์ตรงของตนเอง ซึ่งได้เรียนรู้จากการทำงาน จากธรรมชาติแวดล้อม สิ่งเหล่านั้นเป็นสิ่งที่มีความค่าเสริมสร้างความสามารถ ทำให้คนมีชีวิตร่วมกันอย่างสันติสุข เป็นความรู้ที่สร้างสรรค์และมีส่วนเสริมสร้างการผลิต

อานันท์ กาญจนพันธุ์ (2544, 170 – 171) กล่าวว่า ภูมิปัญญาท้องถิ่นเป็นกระบวนการเรียนรู้ตลอดเวลา และในภูมิปัญญาท้องถิ่นมีกระบวนการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง จึงอาจเรียกได้ว่า ภูมิปัญญาท้องถิ่นเป็น Situated Knowledge หมายความว่า เป็นความรู้ที่ขึ้นอยู่กับ การปรับเปลี่ยนไปตามสถานการณ์ หากในสังคมต่าง ๆ ปราศจากกระบวนการเรียนรู้ ถึงแม้จะมีปัญญาก็ใช้ไม่ได้กับการพัฒนา เพราะการพัฒนา หมายถึง สถานการณ์ที่ไม่คงที่ สถานการณ์ที่ผันแปรตลอดเวลา มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ถ้าหากความรู้มิได้ผ่านกระบวนการเรียนรู้ก็ไม่สามารถที่จะเท่าทันการเปลี่ยนแปลง ดังนั้น ภูมิปัญญาท้องถิ่น จึงต้องมีการปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เพราะภูมิปัญญามีระบบความรู้ที่ผสมผสานอยู่ อันนี้เป็นลักษณะสำคัญของภูมิปัญญาท้องถิ่นอีกอย่างหนึ่ง

คณะกรรมการสำนักงานการศึกษาแห่งชาติ (2541, 11 – 17) กล่าวว่า ภูมิปัญญาท้องถิ่น คือ ความรู้ที่เกิดจากประสบการณ์ในชีวิตของคนเราผ่านกระบวนการศึกษา สังเกต คิดวิเคราะห์ จนเกิดปัญญา และตกผลึกมาเป็นองค์ความรู้ที่ประกอบกันขึ้นมาจากความรู้เฉพาะหลาย ๆ เรื่อง ความรู้ดังกล่าวไม่ได้แยกย่อยออกมาให้เห็นเป็นศาสตร์เฉพาะสาขาวิชาต่าง ๆ อาจกล่าวได้ว่า ภูมิปัญญาท้องถิ่นจัดเป็นพื้นฐานขององค์ความรู้สมัยใหม่ที่จะช่วยในการเรียนรู้ การแก้ปัญหาการจัดการ และการปรับตัวในการดำเนินชีวิตของคนเราภูมิปัญญาท้องถิ่นเป็น ความรู้ที่มีอยู่ทั่วไปในสังคม ชุมชน และในตัวของผู้รู้เอง หากมีการสืบค้นหาเพื่อศึกษาและนำมาใช้ ก็จะเป็นที่รู้จักกัน เกิดการยอมรับ ถ่ายทอด และพัฒนาไปสู่คนรุ่นใหม่ตามยุคตามสมัยได้

สามารถสรุปได้ว่า ภูมิปัญญาท้องถิ่น หมายถึง ความรู้ ความสามารถ หรือระบบของ ความรู้ที่เกิดจากการสั่งสมจากประสบการณ์ที่มีคุณค่าของประชาชนในแต่ละท้องถิ่น เพื่อใช้ในการ แก้ไขปัญหา การจัดการ และการปรับตัวให้เหมาะแก่การเปลี่ยนแปลงของบริบทของสังคมเป็น ความรู้ที่สร้างสรรค์เป็นที่ยอมรับของคนทั่วไป

#### ความสำคัญของภูมิปัญญาท้องถิ่น

ภูมิปัญญาท้องถิ่นมีความสำคัญและมีคุณค่ายิ่งต่อการดำเนินชีวิตเพื่อความอยู่รอดของ บุคคลในท้องถิ่น และความสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาประเทศ นักวิชาการหลายท่านได้แสดงความ คิดเห็นเกี่ยวกับความสำคัญของภูมิปัญญาท้องถิ่นไว้ ดังนี้

วิชัย ดันศิริ (2536, 5) กล่าวว่า มนุษย์จัดระบบการเรียนรู้ของสมาชิกในสังคมด้วย สติปัญญาอันล้ำเลิศของมนุษย์ สังคมในยุคต่าง ๆ ได้สร้างขนบธรรมเนียม ประเพณี แนวประเพณี ปฏิบัติ วิถีชีวิต และทักษะของการหาเลี้ยงชีพ ตลอดจนความเชื่อถือทางศาสนา เพื่อสั่งสอนเยาวชน เพื่อสืบทอดวัฒนธรรมของแต่ละสังคม กระบวนการเรียนรู้ของคนในสังคมสมัยก่อนจึงแทรกซึม อยู่กับวิถีชีวิตประจำวัน และสอดแทรกในพิธีการต่าง ๆ เช่น พิธีการ โขนจูก พิธีการสมรส พิธีการ บรรพชา พิธีสงกรานต์ พิธีกรรมทางศาสนาและพิธีงานศพ เป็นแนวประเพณีปฏิบัติที่ผู้ใหญ่ตั้งใจ สั่งสอนผู้น้อยและเป็นพลังจิตที่หลอมรวมผู้คนในสังคมให้อยู่ร่วมกันได้อย่างสงบสุข

อเนก นาคบุตร (2536, 82 – 83) กล่าวว่า ภูมิปัญญาท้องถิ่นมีความสำคัญต่อการพัฒนา ท้องถิ่นที่อาศัยภูมิปัญญาท้องถิ่นเป็นองค์ประกอบมีลักษณะ ดังนี้

1. มีความรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นที่เอื้ออำนวยขึ้นนำ และเป็นทางเลือกที่เหมาะสมต่อ สภาวะท้องถิ่นและเงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงจากภายนอกที่เข้ามากระทบ
2. ความรู้ ภูมิปัญญา และระบบคุณค่าต่าง ๆ ได้รับการประยุกต์และสืบสานอย่าง ต่อเนื่อง โดยสมาชิกของชุมชนด้วยกระบวนการเรียนรู้หลายรูปลักษณะ ผ่านประเพณี พิธีกรรม ตัวบุคคล และการปฏิบัติซ้ำ มีการเลือกสรรและผสมผสานกับความรู้ที่เข้ามาจากภายนอก

3. ผู้นำ ปัญญาชนชาวบ้าน นักเทคนิคพื้นบ้าน เครือข่ายของกลุ่มบุคคลและองค์กรชุมชนในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งมีบทบาทในการพัฒนาการพิทักษ์ปกป้องชุมชนและขยายแนวร่วมในการพัฒนาชุมชน

สำเนียง สร้อยนาคพงษ์ (2535, 25 – 26) กล่าวว่า ภูมิปัญญาเป็นเรื่องที่สั่งสมกันมาแต่อดีต และเป็นเรื่องของการจัดความสัมพันธ์ระหว่างคนกับคน คนกับธรรมชาติแวดล้อม คนกับสิ่งเหนือธรรมชาติ โดยผ่านกระบวนการทางจารีตประเพณี วิถีชีวิต การทำมาหากินและ พิธีกรรมต่าง ๆ ทุกอย่าง เพื่อให้เกิดความสมดุลระหว่างความสัมพันธ์เหล่านี้ เป้าหมายก็คือ เพื่อให้เกิดความสงบสุขทั้งในส่วนที่เป็นชุมชนหมู่บ้านและในส่วนที่เป็นตัวปัจเจกชนของชาวบ้านเอง การฟื้นฟูศักยภาพของชุมชนเพื่อนำไปสู่การพึ่งตนเองของชุมชนนั้นมิได้จำกัดขอบเขตไว้เฉพาะการพึ่งตนเองทางเศรษฐกิจ หากแต่ครอบคลุมถึงมิติแห่งการพึ่งตนเองทางด้าน วัฒนธรรม ประเพณี และสติปัญญา หรือภูมิปัญญาของชุมชน การจัดกิจกรรมต้องควบคู่กันไป เพื่อให้มีศูนย์กลาง การเสริมสร้างภูมิปัญญาของชุมชนให้เป็นภูมิฐานทานต่อกระแสแห่งการครอบงำที่เข้ามาทำลายล้างระบบการพึ่งตนเองของชุมชนจากสังคมภายนอก

ทัศนีย์ ทองไชย (2542, 124) กล่าวถึง ความสำคัญของภูมิปัญญาท้องถิ่นไว้ ดังนี้

1. ภูมิปัญญาท้องถิ่นเป็นเรื่องที่สั่งสมกันมาแต่อดีต
2. ภูมิปัญญาท้องถิ่นเป็นเรื่องของการจัดความสัมพันธ์ระหว่างคนกับคน คนกับธรรมชาติแวดล้อม และคนกับสิ่งเหนือธรรมชาติ
3. ภูมิปัญญาท้องถิ่นจะถ่ายทอดโดยผ่านกระบวนการทางจารีตประเพณีวิถีชีวิตของการทำมาหากินและพิธีกรรมต่าง ๆ ทำให้เกิดความสมดุลระหว่างความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ
4. ภูมิปัญญาท้องถิ่นทำให้เกิดความสงบสุขทั้งในชุมชน หมู่บ้าน หรือในส่วนตัวของชาวบ้านเอง
5. ภูมิปัญญาท้องถิ่นทำให้คนในชุมชนพึ่งตนเองได้ไม่ว่าจะเป็นทางด้านเศรษฐกิจ วัฒนธรรม ประเพณี หรือภูมิปัญญาของชุมชนในการลดการพึ่งพาตนเองจากสังคมภายนอก
6. ภูมิปัญญาท้องถิ่นที่เข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการชุมชนของคนจะทำให้คนในชุมชนนั้น ๆ ทราบถึงความต้องการของตนเอง เป็นการทำให้บุคคลเหล่านั้นเข้าใจตนเอง และเป็นการปลูกจิตสำนึกในการรับรู้ในคุณค่าของภูมิปัญญาท้องถิ่น
7. นโยบายการศึกษา หลักสูตรได้เปิดโอกาสให้ท้องถิ่นเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดทำหลักสูตรในการพัฒนาหลักสูตร โดยการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นมาส่งเสริมการเรียนการสอน และพัฒนาเนื้อหาสาระกระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้ครอบคลุมความรู้เป็นวิทยาการสมัยใหม่



8. ภูมิปัญญาท้องถิ่นทำให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาและนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาใช้ ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงการเรียนรู้ระหว่างภาคทฤษฎี ด้วยการนำเอาวัฒนธรรมและเทคโนโลยีเข้ามาใช้ เป็นการถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับภูมิปัญญาท้องถิ่นกับความรู้สมัยใหม่

9. ในสภาวะปัจจุบันโลกเข้าสู่ยุคเทคโนโลยีแห่งข่าวสาร ผู้มีหน้าที่จัดการศึกษาจะต้องมีความสามารถที่จะกล้าเผชิญกับสิ่งต่าง ๆ ที่จะทำให้ผู้เรียนได้รับการบริการทางการศึกษาอย่างสมบูรณ์ สามารถทำงานกับเทคโนโลยีได้บนพื้นฐานของภูมิปัญญาท้องถิ่น เพราะอดีตที่ผ่านมา มุ่งให้ความสำคัญกับเศรษฐกิจที่เน้นด้านปริมาณของผลผลิตเพียงอย่างเดียว จนหลงลืมผู้ที่อยู่เบื้องหลังแห่งความสำเร็จ คือ ภูมิปัญญาของคนในสังคมหรือท้องถิ่น

จากที่กล่าวมาข้างต้น ภูมิปัญญาท้องถิ่นจึงเป็นสารสนเทศที่มีความสำคัญสำหรับการศึกษารากเหง้าความเป็นมาของท้องถิ่นและชุมชน ตลอดจนมีคุณค่าในแง่ของสถาบันหรือแหล่งสารสนเทศที่จัดเก็บสารสนเทศเหล่านี้ไว้ และควรมีการเก็บรวบรวม วิเคราะห์ วิจัย และจำแนกออกเป็นหมวดหมู่เพื่อสร้างเป็น “องค์ความรู้” ให้ผู้คนยุคปัจจุบันได้ศึกษาและนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน อีกทั้งเพื่อถ่ายทอดให้แก่ชนรุ่นหลังได้เห็นคุณค่าของมรดกทางวัฒนธรรม และจะได้ร่วมกันอนุรักษ์สืบสาน นำไปใช้ และถ่ายทอดต่อไปชั่วกาลนาน

#### การถ่ายทอดภูมิปัญญาท้องถิ่น

จากอดีตจนถึงปัจจุบันภูมิปัญญาท้องถิ่นได้รับการอนุรักษ์และสืบทอดจากคนรุ่นหนึ่งไปสู่คนอีกรุ่นหนึ่ง ก่อเกิดเป็นวัฒนธรรมของชุมชน โดยกระบวนการถ่ายทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นนั้นมีสถาบันต่าง ๆ เป็นแหล่งรวบรวมภูมิปัญญาเหล่านี้ไว้และถ่ายทอดโดยวิธีการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

สามารถ จันทรสุรีย์ (2534, 50 – 51) กล่าวถึง วิธีการถ่ายทอดภูมิปัญญาชาวบ้าน จำแนกได้ 2 วิธี ดังนี้

1. วิธีการถ่ายทอดภูมิปัญญาแก่เด็ก เนื่องจากเด็กเป็นวัยที่เรียนรู้โลกรอบ ๆ ตัวเอง กิจกรรมการถ่ายทอดจึงเป็นเรื่องง่าย ๆ ไม่ซับซ้อน สนุกสนานและดึงดูดใจ เช่น วิธีการเล่นเกม การเล่านิทาน การทดลองทำหรือเข้าร่วมปรากฏการณ์ ตลอดจนการเล่นปริศนาคำทาย เป็นต้น

2. วิธีการถ่ายทอดภูมิปัญญาแก่ผู้ใหญ่ ผู้ใหญ่ถือว่าเป็นผู้ที่ผ่านประสบการณ์ต่าง ๆ มานานพอสมควรแล้ว และเป็นวัยทำงาน วิธีการถ่ายทอดทำได้หลายรูปแบบ เช่น วิธีบอกเล่าโดยตรงหรือบอกเล่าโดยผ่านพิธีสู่ขวัญ พิธีกรรมทางศาสนา พิธีการตามธรรมเนียมประเพณีท้องถิ่นต่าง ๆ ดังจะเห็นได้ทั่วไปในพิธีการแต่งงานของทุกท้องถิ่น

ปฐม นิคมานนท์ (2535, 279 – 281) กล่าวถึง การถ่ายทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นสามารถนำมา  
ดังนี้

1. การสืบทอดความรู้ภายในชุมชน ส่วนใหญ่เป็นเรื่องอาชีพของหมู่บ้านที่ทำกัน  
ทุกครัวเรือน อาจเป็นอาชีพรองจากการทำไร่ทำนา เช่น เครื่องปั้นดินเผา จักสาน ทอผ้า ซึ่งสมาชิก  
ของชุมชนได้คลุกคลี กันเคยมาตั้งแต่เด็กภายใต้สภาพการดำรงชีวิตประจำวัน

2. การสืบทอดภายในครัวเรือนเป็นการสืบทอดความรู้ความชำนาญที่มีลักษณะเฉพาะ  
กล่าวคือ เป็นความสามารถเฉพาะบุคคล หรือเฉพาะครอบครัว เช่น ความสามารถในการรักษาโรค  
งานช่างศิลป์ ช่างฝีมือ ความรู้ด้านพิธีกรรมต่าง ๆ ความรู้เหล่านี้จะถ่ายทอดภายในครอบครัวและ  
เครือญาติ บางอย่างมีการหวงแหน และเป็นความลับในสายตระกูล

3. การฝึกจากผู้รู้ชำนาญเฉพาะอย่างเป็นการถ่ายทอดที่ผู้สนใจไปขอรับการถ่ายทอด  
วิชาการ ผู้รู้อาจเป็นญาติหรือไม่ใช่ญาติ หรืออาจอยู่นอกชุมชนก็ได้ เช่น ช่างโบสถ์ ช่างลายไทย  
หมอดำยา

4. การฝึกฝนและค้นคว้าด้วยตนเอง อาชีพ และชำนาญหลายอย่างเกิดขึ้นด้วยการคิดค้น  
ดัดแปลง และพัฒนาขึ้นมาด้วยตนเองแล้วถ่ายทอดไปสู่ลูกหลาน เช่น การแกะสลักหินช่างทอง

5. ความรู้ความชำนาญที่เกิดขึ้นจากความบังเอิญหรือสิ่งลึกลับ เป็นความรู้บางอย่าง  
เกิดขึ้นโดยที่ตนเองไม่ได้สนใจหรือไม่ได้คาดคิดมาก่อนว่ามีวิญญานหรืออำนาจลึกลับเข้าสิง  
มาบอก ทำให้มีความสามารถในการรักษาโรคหรือความสามารถในการทำนายทายทักได้ ซึ่งยัง  
ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยเหตุผลทางวิทยาศาสตร์

ไพพรรณ เกียรติโชคชัย (2514, 143 – 144) อธิบายการถ่ายทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นไว้  
3 ลักษณะ ดังต่อไปนี้

1. การถ่ายทอดแบบไม่เป็นลายลักษณ์อักษร ได้แก่ การบอกเล่าให้ฟังต่อ ๆ กันมา  
ลักษณะของการบอกเล่าสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

1.1 การบอกเล่าโดยตรง เช่น การอบรมสั่งสอนกิริยามารยาท การสั่งสอนใน  
วิชาชีพและการสอนหนังสือ เป็นต้น

1.2 การบอกเล่าโดยผ่านพิธีกรรม เช่น พิธีกรรมทางศาสนา พิธีกรรมตาม  
ขนบธรรมเนียม ประเพณีท้องถิ่นและพิธีบายศรีสู่ขวัญ เป็นต้น ในพิธีกรรมต่าง ๆ เหล่านี้ จะมีคำสอน  
แทรกอยู่ ซึ่งเป็นลักษณะของการเชื่อมโยงประสบการณ์

1.3 การบันทึก ได้แก่ ลิเก ลำตัด โนราห์ หนังตะลุง หมอลำและคำร้อง เป็นต้น  
เนื้อร้องของคำร้องต่าง ๆ เช่น ประวัติศาสตร์ท้องถิ่น ขนบธรรมเนียมประเพณีของท้องถิ่น คติธรรม

คำสอนของศาสนา การเมืองการปกครอง การประกอบอาชีพ การรักษาโรคพื้นบ้าน ตลอดจนการปฏิบัติตนตามจารีตประเพณีต่าง ๆ

2. การถ่ายทอดเป็นลายลักษณ์อักษร ในอดีตจะใช้วิธีจารึกหรือเขียนใส่ใบลาน หรือสมุดข่อยที่ชาวภาคใต้เรียกว่า บุคดำ บุคขาว บางแห่งใช้วิธีจารึกในแผ่นหิน อย่างศิลาจารึกหรือแผ่นศิลาดำรายาโบราณที่วัดโพธิ์ เป็นต้น

3. การถ่ายทอดแบบผ่านสื่อมวลชน เป็นการถ่ายทอดภูมิปัญญาชาวบ้านด้วยเทคโนโลยีใหม่ ซึ่งจะออกมาในรูปแบบของสิ่งที่ดีพิมพ์ทุกประเภท สื่ออิเล็กทรอนิกส์และสื่อโทรคมนาคมต่าง ๆ เช่น วิทยุ โทรทัศน์ วีดิทัศน์ เป็นต้น

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้นิยามการถ่ายทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นในการวิจัยครั้งนี้ว่า การถ่ายทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นเป็นการถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจที่เกี่ยวข้องกับคติความเชื่อ วัฒนธรรม ประเพณี พิธีกรรม รวมถึงสิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ โดยลักษณะของการถ่ายทอดจะมีการสืบทอดจากบุคคลหนึ่งสู่อีกบุคคลหนึ่ง

#### แนวทางในการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน

สภาพการศึกษาของไทยในปัจจุบันมุ่งเน้นการนำความรู้ เทคโนโลยีและวิทยาการโทรคมนาคมไปใช้ในการศึกษา จึงเป็นผลต้องเผชิญกับปัญหาในด้านประสิทธิภาพในการจัดการศึกษาอย่างจำกัด จึงก่อให้เกิดอุปสรรคมากมาย เป็นผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของสังคมและวิกฤตทางวัฒนธรรมถูกกลืนโดยกระแสนิยม ทั้งนี้ เนื่องจากเราได้พัฒนาประเทศและจัดการศึกษาของไทย โดยทอดทิ้งของดีที่ประเทศเรามีอยู่ คือ “ภูมิปัญญาท้องถิ่น” หรือ “ภูมิปัญญาไทย” ด้วยเหตุนี้ความรู้เกี่ยวกับภูมิปัญญาท้องถิ่น จึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญที่ควรนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการเรียนการสอนมากที่สุด เพื่อให้เกิดความสมดุล ซึ่งมีผู้เสนอแนะแนวทางไว้ ดังนี้

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2539, 44 – 45) กล่าวถึง แนวทางการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน ไว้ดังนี้

1. ลักษณะของภูมิปัญญาท้องถิ่นที่จะนำไปสู่การเรียนการสอนควรเป็นองค์ความรู้และประสบการณ์ที่มีส่วนของคุณธรรม จริยธรรม สอดแทรกอยู่ด้วย และเป็นสิ่งที่สร้างสรรค์ประโยชน์สุขให้แก่ผู้เรียนและสังคมอย่างสอดคล้องกับธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

2. กระบวนการเรียนการสอนควรเป็นการผสมผสานระหว่างความรู้สากลกับความรู้ท้องถิ่นเน้นการศึกษา วิเคราะห์ ทำความเข้าใจวิถีคิดและแนวคิดของภูมิปัญญาท้องถิ่นให้ผู้เรียนได้คิดอย่างเป็นอิสระ คิดหลายด้านหลายมุม และสรุปเป็นความรู้และประสบการณ์ที่จะใช้ในการดำรงชีวิต

3. การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน อาจจะให้ครูเป็นผู้ดำเนินกิจกรรมโดยนำความรู้ และประสบการณ์ของผู้รู้ในท้องถิ่นมาจัดกิจกรรมการเรียนการสอน หรืออาจให้ผู้รู้เป็นผู้ดำเนินกิจกรรม การเรียนการสอนแทนครูผู้สอนและทำหน้าที่ประเมินผลด้วย ส่วนสถานที่เรียนอาจจะเป็น โรงเรียนหรือให้นักเรียนไปเรียนที่บ้านของผู้รู้ในท้องถิ่น

วีระพงษ์ แสง-ชูโต (2552, 199 – 200) เสนอแนวทางในการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นและเทคโนโลยีพื้นบ้านไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ไว้ ดังนี้

1. ศึกษาวิเคราะห์ภูมิปัญญาท้องถิ่นและเทคโนโลยีพื้นบ้านที่ต้องการนำมาใช้เป็นหลัก แล้วนำมาใช้จัดการเรียนรู้โดยอาจนำไปทำกิจกรรมเสริมหลักสูตร กิจกรรมชุมนุม โครงการ วิทยาศาสตร์ รายวิชาเลือก รายวิชาท้องถิ่น หรือหลักสูตรท้องถิ่น เป็นต้น ซึ่งจะก่อให้เกิดกิจกรรม การเรียนรู้ หรือรายวิชา หรือหลักสูตรที่เหมาะสมกับนักเรียนในชุมชนทำให้เกิดการเรียนรู้ใน วิชาการ ทั้งในปัจจุบันและของเดิมที่มีอยู่ในชุมชน และเป็นการปลูกฝังเจตคติที่ดีต่อนักเรียนในเรื่อง ของภูมิปัญญาท้องถิ่นและเทคโนโลยีพื้นบ้านในชุมชนนั้นด้วย

2. ศึกษาวิเคราะห์เนื้อหาในสาระวิชา เช่น วิทยาศาสตร์ ที่ต้องนำมาจัดกิจกรรมการ เรียนรู้เป็นหลัก แล้วจึงพิจารณานำภูมิปัญญาท้องถิ่นและเทคโนโลยีพื้นบ้านที่ศึกษาวิเคราะห์มา สอดแทรกเสริม เพิ่มเติม หรือใช้เป็นตัว หรือยกเป็นตัวอย่างในการจัดการเรียนรู้ในสาระเหล่านั้น โดยที่ไม่จำเป็นจะต้องนำภูมิปัญญาท้องถิ่นและเทคโนโลยีพื้นบ้านที่วิเคราะห์ได้ทั้งหมดที่พบหรือ วิเคราะห์มาใช้ก็ได้ แต่เลือกให้เหมาะสมกับเนื้อหาสาระนั้น ๆ ซึ่งทำให้กิจกรรมการเรียนรู้ น่าสนใจ และนักเรียนเข้าใจในเนื้อหาได้ง่ายขึ้นเพราะตัวอย่าง หรือสื่อที่ยกมาให้ศึกษานั้น นักเรียนพบเห็น อยู่ในท้องถิ่นหรือในชีวิตประจำวัน

3. นำภูมิปัญญาท้องถิ่นและเทคโนโลยีพื้นบ้านและเนื้อหา ในสาระวิชาที่ต้องนำมาจัด กิจกรรมการเรียนรู้มาพิจารณาว่าจะปรับหรือผสมผสานกัน เพื่อให้เกิดกิจกรรมการเรียนรู้หรือ กิจกรรมเสริมหลักสูตรได้อย่างไร จะเป็นลักษณะของการผสมผสานระหว่างแนวทางแรกกับ แนวทางที่สอง กล่าวคือ ในบางเนื้อหาสาระอาจนำภูมิปัญญาท้องถิ่นและเทคโนโลยีพื้นบ้านมาใช้ เป็นตัวอย่าง หรือสื่อ ในขณะที่บางเนื้อหาสาระอาจให้นักเรียนศึกษาภูมิปัญญาท้องถิ่นและ เทคโนโลยีพื้นบ้านก่อน จากนั้นจึงนำมาวิเคราะห์หาความรู้ในสาระนั้นในเรื่องใดบ้าง เป็นต้น

4. นำภูมิปัญญาท้องถิ่นและเทคโนโลยีพื้นบ้านมาศึกษาวิเคราะห์และจัดทำเป็นแหล่ง ความรู้หรือแหล่งวิชาการเพื่อใช้ในการศึกษา โดยมีลักษณะบูรณาการในหลายสาระวิชา ขณะเดียวกันก็สามารถทำให้เกิดเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงความรู้แก่ประชาชนทั่วไปได้ด้วย ก็น่าจะทำให้เกิดประโยชน์ได้เต็มที่

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้นิยามแนวทางในการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นมาใช้ในการจัดการเรียน การสอนในการวิจัยครั้งนี้ว่า การนำภูมิปัญญาท้องถิ่นมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนสามารถใช้กระบวนการวิจัยเข้ามาศึกษาภูมิปัญญาท้องถิ่น คือ การสำรวจ การตั้งวัตถุประสงค์ การดำเนินการ การวางแผน มีการเลือกความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยยึดวัตถุประสงค์ของหลักสูตรเป็นเกณฑ์ โดยบูรณาการเนื้อหาสาระเข้ากับกลุ่มสาระการเรียนรู้ต่าง ๆ ตามความเหมาะสม ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้ระหว่างเนื้อหาวิชาและภูมิปัญญาท้องถิ่น โดยมีครูหรือปราชญ์ชาวบ้านเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ ตลอดจนการนำนักเรียนไปร่วมศึกษาในแหล่งภูมิปัญญาและร่วมปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ในชั้นเรียนโดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นเป็นสื่อเรื่องอาหารในท้องถิ่น โดยรวมอยู่ในระดับดี

#### งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนโดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่น

การทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษารวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับภูมิปัญญาท้องถิ่น ดังนี้

ชมพูนุช แพงวงษ์ (2549) พบว่า ผลการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นตามรูปแบบการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม เรื่อง ดินและการแก้ปัญหาดิน โดยกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนประชาสามัคคี จังหวัดสุรินทร์ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2549 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าร้อยละ 70 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ นักเรียนมีความตระหนักถึงผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อทรัพยากรดินและคุณค่าของภูมิปัญญาท้องถิ่นในการแก้ปัญหาดินในระดับมากที่สุด และความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นอยู่ในระดับเห็นด้วยมากที่สุดทุกด้าน

ธนพล กลิ่นเมือง (2550) พบว่า ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอน SE ในหน่วยการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยการบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นที่มีต่อความสามารถในการทำโครงงานและเจตคติต่อภูมิปัญญาท้องถิ่นของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเบญจมราชูทิศราชบุรี จังหวัดราชบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน SE ในหน่วยการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยการบูรณาการภูมิปัญญา ท้องถิ่นได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการทำโครงงานสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ สูงกว่าร้อยละ 70 และมีคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อภูมิปัญญาท้องถิ่นอยู่ในระดับดี

เบลคูลร์ (Bellcour, 2005) พบว่า การสำรวจภูมิปัญญาท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องกับเรื่องระบบนิเวศจากปราชญ์ท้องถิ่นบนเกาะเทอร์เทิลของอเมริกาเหนือ และนำภูมิปัญญาท้องถิ่นมาบูรณาการสู่วิชาวิทยาศาสตร์ในหลักสูตรการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่สัมพันธ์กันระหว่างเนื้อหาสาระกับการปฏิบัติจริง โดยสำรวจความเชื่อที่สามารถพิสูจน์ออกมาเป็นปริมาณหรือรูปธรรมได้ โดยการ

สัมภาษณ์และสังเกตแล้วนำมาแปลความหมายและวิเคราะห์ พบว่า สามารถนำภูมิปัญญาท้องถิ่นในเรื่องระบบนิเวศน์สอดคล้องแทรกในหลักสูตรที่จัดการเรียนการสอนในปัจจุบันได้

เออร์โอบู (Alebiosu, 2006) พบว่า การสำรวจภูมิปัญญาท้องถิ่นทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้หญิงไนจีเรียใช้ในชีวิตประจำวัน โดยการใช้แบบสอบถามผู้หญิง 320 คน ในเขตโยรูบา รัฐโอกันประเทศไนจีเรีย แล้วนำไปให้ครูวิทยาศาสตร์วิเคราะห์ว่าภูมิปัญญาใดที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์สรุปได้ 13 หัวข้อ จากนั้นนำความรู้ที่ได้จากภูมิปัญญาท้องถิ่นทางวิทยาศาสตร์ที่ได้วิเคราะห์แล้วมาจัดทำกิจกรรมการเรียนการสอน แล้วนำมาสอนในชั้นเรียนระดับมัธยมศึกษาโดยให้ครูวิทยาศาสตร์สาขาเคมี ชีววิทยา ฟิสิกส์ เกษตร จาก 15 โรงเรียน จำนวน 85 คน ใช้เป็นกิจกรรมในการจัดการเรียนรู้ จากนั้นใช้แบบสอบถาม ถามผู้เรียนเกี่ยวกับความเกี่ยวข้องในความรู้วิทยาศาสตร์หรือไม่ผลการศึกษา พบว่า ได้องค์ความรู้ 2 อย่าง คือ การดูแลเด็กและการป้องกันอาหารไม่ให้เสียโดยการใช้สิ่งที่อยู่ในธรรมชาติ เช่น จี๊ถั่ว และหญิงไนจีเรียมีการใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

**หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศ**

#### **กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**

มาตรฐานและตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ และสาระที่ 4 เทคโนโลยี

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้นกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ และสาระที่ 4 เทคโนโลยี

**สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ** เรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงของสาร การเคลื่อนที่ พลังงาน และคลื่น

#### **มาตรฐานและตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้อง**

มาตรฐานการเรียนรู้ ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสาร องค์ประกอบของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ตัวชี้วัดช่วงชั้น ได้แก่

ตัวชี้วัด ว 2.1 ม.2/5 ระบุปริมาณตัวละลายในสารละลายในหน่วยความเข้มข้นเป็นร้อยละ ปริมาตรต่อปริมาตร มวลต่อมวล และมวลต่อปริมาตร

ตัวชี้วัด ว 2.1 ม.3/2 ตระหนักถึงคุณค่าของการใช้วัสดุประเภทพอลิเมอร์ เซรามิกส์ และวัสดุผสม โดยเสนอแนะแนวทางการใช้วัสดุอย่างประหยัดและคุ้มค่า

**สาระที่ 4 เทคโนโลยี** การออกแบบและเทคโนโลยี เรียนรู้เกี่ยวกับการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีเพื่อบำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

**มาตรฐานและตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้อง**

มาตรฐานการเรียนรู้ ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะด้านทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

ตัวชี้วัดช่วงชั้น ได้แก่

ตัวชี้วัด ว 4.1 ม. 1/1 อธิบายแนวคิดหลักของเทคโนโลยีในชีวิตประจำวันและวิเคราะห์สาเหตุหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี

ตัวชี้วัด ว 4.1 ม. 1/2 ระบุปัญหาหรือความต้องการในชีวิตประจำวัน รวบรวมวิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ตัวชี้วัด ว 4.1 ม. 1/3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่จำเป็น นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจ วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ตัวชี้วัด ว 4.1 ม. 1/4 ทดสอบ ประเมินผล และระบุข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขและนำเสนอผลการแก้ปัญหา

ตัวชี้วัด ว 4.1 ม. 1/5 ใช้ความรู้และทักษะเกี่ยวกับวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ กลไก ไฟฟ้า หรืออิเล็กทรอนิกส์ เพื่อแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสมและปลอดภัย

**คุณภาพของผู้เรียน** สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ กำหนดคุณภาพผู้เรียนที่สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ไว้ดังนี้



1. เข้าใจลักษณะและองค์ประกอบที่สำคัญของเซลล์สิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกายมนุษย์ การดำรงชีวิตของพืช การตอบสนองต่อสิ่งเร้าของสิ่งมีชีวิต การถ่ายทอด ลักษณะทางพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงของยีนหรือโครโมโซมและตัวอย่างโรคที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม ประโยชน์และผลกระทบของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพ การถ่ายทอดพลังงานในสิ่งมีชีวิต

2. เข้าใจองค์ประกอบและสมบัติของธาตุ สมบัติของสารละลาย สารบริสุทธิ์ สารผสม หลักการแยกสาร การเปลี่ยนแปลงของสารในรูปแบบของการเปลี่ยนสถานะ การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

3. เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยี ได้แก่ ระบบทางเทคโนโลยี การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี ความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีกับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจ เพื่อเลือกใช้เทคโนโลยี โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม ประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะ และทรัพยากรเพื่อออกแบบและสร้างผลงานสำหรับการแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวันหรือการประกอบอาชีพ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม รวมทั้งเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม ปลอดภัย รวมทั้งคำนึงถึงทรัพย์สินทางปัญญา

4. ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่เชื่อมโยงกับพยานหลักฐานหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่มีการกำหนดและควบคุมตัวแปร คิดคาดคะเนคำตอบหลายแนวทาง สร้างสมมติฐานที่สามารถนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ ออกแบบและลงมือสำรวจตรวจสอบโดยใช้วัสดุและเครื่องมือที่เหมาะสม เลือกใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสมในการเก็บรวบรวมข้อมูล ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพที่ได้ผลเที่ยงตรงและปลอดภัย

5. วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบจากพยานหลักฐาน โดยใช้ความรู้และหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการแปลความหมายและลงข้อสรุป และสื่อสารความคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบหลากหลายรูปแบบ หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างเหมาะสม

6. แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ ในสิ่งที่จะเรียนรู้ มีความคิดสร้างสรรค์เกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษาตามความสนใจของตนเอง โดยใช้เครื่องมือและวิธีที่เชื่อถือได้ ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ แสดงความคิดเห็นของตนเอง รับฟังความคิดเห็นผู้อื่น และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้นหรือแย้งจากเดิม



7. ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิต และการประกอบอาชีพ แสดงความชื่นชมยกย่องและเคารพสิทธิในผลงานของผู้คิดค้น เข้าใจผลกระทบทั้งด้านบวกและด้านลบของการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์ต่อสิ่งแวดล้อมและต่อบริบทอื่น ๆ และศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงการหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

8. แสดงถึงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้ และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า มีส่วนร่วมในการพิทักษ์ ดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น

### **กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์**

#### **มาตรฐานและตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์**

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากคณิตศาสตร์ช่วยให้มนุษย์มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบและถี่ถ้วน ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่น ๆ อันเป็นรากฐานในการพัฒนาทรัพยากรบุคคลของชาติให้มีคุณภาพและพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศให้ทัดเทียมกับนานาชาติ การศึกษาคณิตศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ทันสมัยและสอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ สังคม และความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วในยุคโลกาภิวัตน์

**สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต** เรียนรู้เกี่ยวกับความยาว ระยะทาง น้ำหนัก พื้นที่ ปริมาตร และความจุ เงินและเวลา หน่วยวัดระบบต่าง ๆ การคาดคะเนเกี่ยวกับการวัด อัตราส่วนตรีโกณมิติ รูปเรขาคณิตและสมบัติของ รูปเรขาคณิต การนิยามภาพ แบบจำลองทางเรขาคณิต ทฤษฎีบททางเรขาคณิต การแปลงทางเรขาคณิตในเรื่องการเลื่อนขนาน การสะท้อน การหมุน เรขาคณิตวิเคราะห์ เวกเตอร์ในสามมิติ และการนำความรู้เกี่ยวกับ การวัดและเรขาคณิตไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

#### **มาตรฐานและตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้อง**

มาตรฐานการเรียนรู้ ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาด สิ่งของที่ต้องการวัดและนำไปใช้

มาตรฐานการเรียนรู้ ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตและทฤษฎีบททางเรขาคณิตและนำไปใช้

ตัวชี้วัดช่วงชั้น ได้แก่

ตัวชี้วัด ค 2.1 ม.2/2 ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องปริมาตรของปริซึม และทรงกระบอก ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง

ตัวชี้วัด ค 2.2 ม.2/2 เข้าใจและใช้ความรู้ทางเรขาคณิตในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและรูปเรขาคณิตสามมิติ

**คุณภาพของผู้เรียนสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์** กำหนดคุณภาพผู้เรียนที่สำเร็จการศึกษา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ไว้ดังนี้

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับจำนวนจริง ความสัมพันธ์ของจำนวนจริง สมบัติของจำนวนจริง และใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ในชีวิตจริง
2. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ และใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ในชีวิตจริง
3. มีความรู้ความเข้าใจและใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและรูปเรขาคณิตสามมิติ
4. มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของปริซึม ทรงกระบอก พีระมิด กรวย และทรงกลม และใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ในชีวิตจริง
5. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติของเส้นขนาน รูปสามเหลี่ยมที่เท่ากันทุกประการ รูปสามเหลี่ยมคล้าย ทฤษฎีบทพีทาโกรัสและบทกลับ และนำความรู้ความเข้าใจนี้ไปใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ในชีวิตจริง
6. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความน่าจะเป็นและใช้ในในชีวิตจริง

สรุป จากการศึกษาข้อมูลดังกล่าว การจัดการเรียนรู้ที่จะทำให้ผู้เรียนมีคุณภาพผู้เรียน ครูผู้สอนจำเป็นต้องจัดการเรียนรู้ โดยเน้นให้ผู้เรียนเกิดทักษะจากกระบวนการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนมีคุณภาพตามตัวชี้วัดที่กำหนดไว้ โดยการจัดการเรียนการสอน โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียนให้สอดคล้องกับบริบทของโรงเรียนและท้องถิ่น และการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ต้องการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ในเนื้อหาที่เรียนและทักษะต่าง ๆ นอกจากนั้น ต้องจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนนำองค์ความรู้ในการเรียนการสอนที่เกิดขึ้นภายในห้องเรียนไปประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหาหรือการตอบสนองความต้องการกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ และสามารถสร้างนวัตกรรมหรือชิ้นงานที่เกิดจากกระบวนการจัดการเรียนรู้ขึ้นมาได้ เพื่อเป็นการเตรียมผู้เรียนให้มีศักยภาพในการอยู่ในสังคมในศตวรรษที่ 21

## สะเต็มศึกษา

### นิยามของสะเต็มศึกษา

สุทธิดา จำรัส (2016, 16) เสนอแนวคิดสะเต็มศึกษา กล่าวว่า กรอบแนวคิดและนวัตกรรมเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ หรือที่บัญญัติศัพท์ว่าสะเต็ม (Science, Technology, Engineering and Mathematics, STEM) ซึ่งเป็นแนวคิดในการเร่งรัดพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขันด้านเศรษฐกิจที่ส่งผลรวมถึงชีวิตและสิ่งแวดล้อมของสังคมและประเทศ โดยเป็นที่ยอมรับและตระหนักในความสำคัญอย่างกว้างขวาง องค์ความรู้และกรอบแนวคิดสะเต็ม จึงนับว่าเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ จากการศึกษาและงานวิจัย พบว่า ประเทศใดที่ประชากรมีระดับพื้นฐานความรู้สะเต็มอยู่ในระดับสูงจะส่งผลให้ประเทศนั้นมีความได้เปรียบทางด้านเศรษฐกิจและสังคม ดังนั้น ประเทศต่าง ๆ ได้เริ่มส่งเสริมให้มีการพัฒนาการเรียนการสอนสะเต็มเป็นประเด็นสำคัญในการพัฒนาวิทยาศาสตร์ศึกษาในศตวรรษที่ 21

คำว่า “สะเต็ม” เป็นคำทับศัพท์ที่มาจากอักษรภาษาอังกฤษ “STEM” ซึ่งเป็นชื่อย่อของศาสตร์หรือสาขาวิชาการทั้ง 4 คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ให้ความหมาย STEM ว่าเป็นคำย่อเชิงวิชาการที่มุ่งเน้นการเรียนการสอนที่ใช้ความเชื่อมโยงระหว่างสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ เมื่อพิจารณาความหมายของแต่ละศาสตร์ จะมีคำอธิบายและลักษณะ ดังนี้

1. “S” ย่อมาจากคำว่า Science หรือ วิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นวิชาหลักของหลักสูตรการศึกษาในหลายประเทศ โดยเฉพาะระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน อย่างไรก็ตาม วิทยาศาสตร์ยังหมายรวมถึง การศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติของโลกทั้งที่เกิดจากมนุษย์และเกิดขึ้นเป็นปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ การได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาศัยกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) เป็นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาความเป็นไปของธรรมชาติ สิ่งที่อยู่รอบตัวเรา เนื้อหาสาระทางวิทยาศาสตร์โดยทั่วไปแบ่งเป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ วิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ และวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ การจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในห้องเรียน ซึ่งมีความสอดคล้องกับการสืบเสาะหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในห้องเรียน ควรให้สอดคล้องกับ 5 ลักษณะสำคัญในการสืบเสาะหาความรู้ ได้แก่ 1) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในประเด็นคำถามทางวิทยาศาสตร์ 2) ผู้เรียนให้ความสำคัญกับข้อมูลหลักฐาน 3) ผู้เรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ตามข้อมูล 4) ผู้เรียนเชื่อมโยงคำอธิบายของตนกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือคำอธิบายอื่น ๆ และ 5) ผู้เรียนสื่อสารและให้เหตุผล ผู้สอนสามารถจัดกิจกรรมให้

ผู้เรียนมีบทบาทในการลงมือปฏิบัติมากหรือน้อยได้ตามระดับการสืบเสาะหาความรู้ เพื่อให้เหมาะสมกับศักยภาพ และพัฒนาการทางการเรียนรู้ของผู้เรียน

2. “T” ย่อมาจาก Technology หรือ เทคโนโลยี หมายถึง ทุกสิ่งทุกอย่างที่มนุษย์สร้างขึ้นจากพื้นฐานความเป็นธรรมชาติของสิ่งต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ ซึ่งมักจะทำให้มนุษย์มีความสุขสบายหรือปลอดภัยมากขึ้น เทคโนโลยีเป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเรา โดยเทคโนโลยี มีนัย 3 ประการ คือ 1) เทคโนโลยีในฐานะศาสตร์แขนงหนึ่งที่เป็นความรู้และแนวปฏิบัติเพื่อการออกแบบ และนำเทคโนโลยีไปใช้ 2) เทคโนโลยีที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาเฉพาะ และ 3) เทคโนโลยีด้านการจัดการเรียนการสอน โดยไม่ว่าจะมองจากนัยใด เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพก็ต้องผ่านกระบวนการออกแบบทางเทคโนโลยี ที่เรียกว่า Technological Design หรือ Technological Design Process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ปัจจุบันการเรียนการสอนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจะเน้นไปที่การพัฒนาความรู้เรื่องเทคโนโลยี (Technological Literacy) ให้กับผู้เรียน โดยมุ่งพัฒนาความสามารถในการใช้จัดการ ประเมินและเข้าใจเทคโนโลยี ปรัชญาหนึ่งของเทคโนโลยีศึกษา คือ การสอนให้นักเรียนเกิดการแก้ปัญหา การแก้ปัญหาถือเป็นทักษะสำคัญในการดำรงชีวิต และนักเรียนจะได้ใช้ทักษะนี้มากในชีวิตประจำวัน ทักษะการแก้ปัญหาเกี่ยวข้องกับความสามารถในการหาทางออกของปัญหาที่ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ การมีเหตุผล และประสบการณ์ในอดีตของการเข้าถึงข้อมูล โดยวิธีการแก้ปัญหาประกอบด้วย 4 องค์ประกอบหลักพื้นฐาน คือ ความรู้ในประเด็นนั้น การพิจารณาถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมด และการหาทางแก้ไขปัญหา สำหรับกระบวนการแก้ปัญหาทางเทคโนโลยีศึกษา เช่น การวิจัยและพัฒนา วิธีการทางวิทยาศาสตร์และการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม การประดิษฐ์และนวัตกรรม

3. “E” ย่อมาจาก คำว่า Engineering หรือ วิศวกรรมศาสตร์ เป็นการประยุกต์ความรู้ ทักษะ กระบวนการและความเชี่ยวชาญในเชิงวิทยาศาสตร์ เศรษฐกิจ สังคมและการนำความรู้ไปสู่การปฏิบัติจริง วิศวกรรมศาสตร์ในสะเต็ม จึงหมายถึงศาสตร์ด้านกระบวนการ มากกว่าจะเป็นศาสตร์อย่างวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์ โดยเน้นการออกแบบ การวางแผนเพื่อแก้ปัญหา การใช้องค์ความรู้ต่างๆ มาสร้างสรรค์ ออกแบบผลงานภายใต้ข้อจำกัดหรือเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งเป็นกระบวนการออกแบบหรือสร้างบางสิ่งขึ้นมาโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ หรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

วิศวกรรมศาสตร์เป็นแนวคิดที่พัฒนาและประยุกต์มาจากการรวมกันของศาสตร์ที่สำคัญ ๆ เช่น วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาสู่การออกแบบ การแก้ปัญหา การสร้าง

การจำลอง จนพัฒนาเป็นเครื่องมือ วิชิตด ระบบ รวมทั้งสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ เช่น ดิจ สะพาน เชื้อน เป็นต้น ในการศึกษาในระดับขั้นพื้นฐาน วิศวกรรมศาสตร์ถือว่าเป็นการเตรียมเยาวชน เพื่อการ เป็นวิศวกรหรือการคิดอย่างนักวิศวกรในอนาคต ซึ่งเน้นกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและ สร้างสรรค์ วิศวกรรมศาสตร์ไม่ได้เป็นวิชาหลักที่ปรากฏในหลักสูตรระดับการศึกษา ทั้งใน สหรัฐอเมริกาและประเทศไทย แต่จะเน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) ซึ่งมีความสำคัญมากต่อการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ และสามารถใช่วิธีการได้อย่าง หลากหลายในการพัฒนานวัตกรรมหรือวิธีการแก้ปัญหาใหม่ ๆ ทั้งในการทำงานและชีวิตประจำวัน เป้าหมายของการเรียนรู้วิศวกรรมศาสตร์ในสะเต็มศึกษา คือ การเรียนรู้เกี่ยวกับการออกแบบหรือ แก้ปัญหา และเรียนรู้ว่าจะออกแบบหรือแก้ปัญหาอย่างไร กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557

4. “M” ย่อมาจาก คำว่า Mathematics หรือ คณิตศาสตร์ หมายถึง ภาษาของจำนวน รูปร่าง และปริมาณ คณิตศาสตร์เป็นวิชาสำคัญอย่างยิ่งวิชาหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบระเบียบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ทำให้สามารถคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ และแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสม การเรียนรู้คณิตศาสตร์มี 3 เรื่องหลัก คือ 1) กระบวนการคิด เชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) ได้แก่ การเปรียบเทียบ การจำแนก หรือจัดกลุ่ม การจัดแบบรูป และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติ 2) ภาษาคณิตศาสตร์ เด็กสามารถถ่ายทอดความคิดหรือความเข้าใจความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ได้ โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ ด้านการสื่อสาร เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ใหญ่กว่า ฯลฯ และ 3) การส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ขั้นสูง (Higher – Level Mathematical Thinking) จากกิจกรรมการเล่นของเด็กหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

อย่างไรก็ตาม สะเต็มเป็นมากกว่าประเด็นทางการศึกษา เพราะในชีวิตจริงนั้นสะเต็มมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตของมนุษย์ โดยเฉพาะการทำงานในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจึงให้นิยาม สะเต็มว่าเป็นองค์ความรู้วิชาการของศาสตร์ทั้ง 4 ที่มีความเชื่อมโยงกันในโลกของความเป็นจริง ที่ต้องอาศัยองค์ความรู้ต่าง ๆ มาบูรณาการเข้าด้วยกันในการดำเนินชีวิตและการทำงาน แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการศึกษา เพื่อให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจแนวคิดของศาสตร์ที่มาบูรณาการ รวมทั้งการนำความเข้าใจเหล่านั้นมาประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิต แก้ปัญหา ตัดสินใจและประกอบอาชีพ ไม่ใช่เรื่องใหม่ในวงการศึกษามีความพยายามเรียกร้องให้สถานศึกษา หลักสูตร มาตรฐาน เตรียมผู้เรียนให้พร้อมไปกับโลกในอนาคตมานานแล้ว นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อกล่าวถึงสะเต็ม มักจะมีการให้น้ำหนักในประเด็นของการประกอบอาชีพ เนื่องจากคำว่า สะเต็ม นั้นปรากฏครั้งแรกในแบบฟอร์มสำหรับการกรอก VISA ด้านอาชีพ คือ กลุ่มอาชีพสะเต็ม ดังนั้น หลายประเทศ นอกจากจะเน้นการจัดการศึกษาด้านความรู้และเทคโนโลยีเกี่ยวกับสะเต็มแล้ว ยังเน้นความสำคัญของกำลังคนในด้านสะเต็มอีกด้วย

โดยสรุป เมื่อกล่าวถึงสะเต็มค่านิยามจึงครอบคลุมถึงองค์ความรู้ นวัตกรรม การสร้างสรรค์ การแก้ปัญหาที่ต้องใช้องค์ความรู้ วิธีปฏิบัติ วิธีการคิดของศาสตร์ทั้ง 4 มาบูรณาการกัน รวมไปถึงการประกอบอาชีพและความสำคัญในภาคแรงงาน ซึ่งจะช่วยขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ โดยคาดว่าสะเต็มจะช่วยทำให้ประเทศหลุดพ้นจากกับดักรายได้ปานกลาง (Middle Income Trap) โดยหากจะสกัดแนวคิดสำคัญของการพัฒนาสะเต็มศึกษา เพื่อระบุปัจจัยหลักในการพัฒนาสะเต็มศึกษา พบว่ามี 2 ปัจจัย คือ 1) รูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่สะท้อน

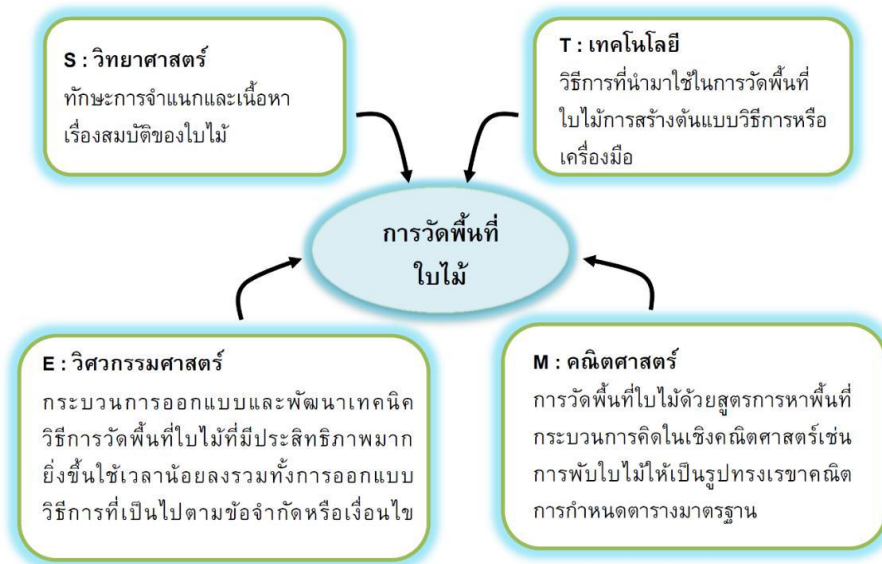


แนวทางการพัฒนา “การรู้เรื่องสะเต็ม (STEM Literacy)” ของผู้เรียน และ 2) การพัฒนาวิชาชีพครู เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจและศักยภาพที่จะจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ซึ่งหัวใจของการพัฒนาทั้งกิจกรรมการเรียนรู้และการพัฒนาวิชาชีพครู คือ การระบุลักษณะสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

#### ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แนวสะเต็มศึกษา

ศุทธิดา จำรัส (2016, 16) เสนอลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แนวสะเต็มศึกษา ว่ากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามีความมุ่งหมายที่สอดคล้องกับนิยามของสะเต็ม โดยออกแบบมาเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ใช้ฐานแนวคิดที่สอดคล้องและต่อยอดจากตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง วิทยาศาสตร์เป็นหลัก และอาจจะมีการเชื่อมโยงระหว่างมาตรฐานหรือตัวชี้วัดในกลุ่มสาระ วิทยาศาสตร์หรือต่างกลุ่มสาระหรือต่างวิชา ซึ่งสอดคล้องกับระดับการบูรณาการขั้นสูง คือ ข้ามสาขาวิชา โดยรูปแบบของกิจกรรมจะเน้นการออกแบบกิจกรรมตามแนวสะเต็ม เพื่อให้ผู้เรียนได้นำความรู้และทักษะไปใช้อย่างมีความหมาย จากการศึกษาเอกสาร งานวิจัย และประสบการณ์วิชาการ รับใช้สังคมของผู้เขียน จึงนำเสนอกรอบในการส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ซึ่งมีลักษณะสำคัญที่จำเป็น (Key Features) ของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา 6 ด้าน ดังต่อไปนี้

1. มีการบูรณาการความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ กิจกรรมการเรียนรู้ต้องมีการบูรณาการสาขาวิชาทั้ง 4 อย่างชัดเจน (Explicit Integration) ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญที่สุดของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เปรียบเสมือนแกนหรือกระดูกสันหลังของกิจกรรม เอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาจะให้นิยามและระบุลักษณะสำคัญของการบูรณาการศาสตร์ทั้ง 4 ไว้ ทั้งนี้ อาจจะมีระดับของการบูรณาการที่แตกต่างกัน รวมทั้ง การเลือกศาสตร์ที่เป็นจุดเน้นจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับจุดประสงค์การเรียนรู้ การบูรณาการอย่างชัดเจนอาจจะทำได้โดยการพิจารณาแผนการจัดการเรียนรู้ที่ระบุการบูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ทั้งในส่วนจุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การวัดพื้นที่ใบไม้ มีการแสดงการบูรณาการอย่างชัดเจน โดยเพิ่มแผนผังความคิดของการบูรณาการในการออกแบบกิจกรรม โดยปรากฏในแผนการจัดการเรียนรู้ ดังภาพที่ 2.2



**ภาพที่ 2.2** แผนผังความคิดที่ระบุนิยามการระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่ปรากฏในแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การวัดพื้นที่ใบไม้

ที่มา : สุทธิดา จำรัส (2016, 16)

การบูรณาการสะเต็มนั้นมีจุดมุ่งหมาย เพื่อพัฒนาการเรียนรู้เรื่องสะเต็ม กิจกรรมสะเต็มจึงต้อง เน้นการบูรณาการที่มุ่งสู่เป้าหมาย คือ การพัฒนาการเรียนรู้เรื่องสะเต็ม ซึ่งหมายถึง ความสามารถของ บุคคลในการทำความเข้าใจและประยุกต์แนวคิด กระบวนการ เจตคติ วิธีคิดและธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ร่วมกัน เพื่อสืบเสาะ อธิบาย แก้ปัญหา สร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ ที่ไม่สามารถทำได้โดยสาขาความรู้แบบเดียว โดยแนวคิดและกระบวนการ สะเต็มจะหมายรวมถึง การให้คุณค่าและตระหนักถึงความเชื่อมโยงระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ผู้ที่มีการรู้เรื่องสะเต็มจะสามารถประยุกต์ใช้ความรู้หรือทำความเข้าใจ บทบาทของสะเต็มที่มีต่อการพัฒนาตัวบุคคล สังคม สิ่งแวดล้อม รวมทั้งการพัฒนาในมิติ เชิงเศรษฐศาสตร์ ซึ่งการเรียนรู้เรื่องสะเต็มเป็นพื้นฐานสำหรับผู้เรียนในการเรียน สืบเสาะหาความรู้ รวมไปถึงการประกอบอาชีพในอนาคต ดังนั้น การรู้เรื่องสะเต็มจะมีความเชื่อมโยงกับทักษะต่าง ๆ รวมทั้งทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

2. ความก้าวหน้าในการเรียนรู้และการจัดหลักสูตรแบบเกลียว การจัดหลักสูตรแบบ เกลียว จะมีหลักการ คือ ให้ผู้เรียนแต่ละชั้นปีเรียนเนื้อหาหรือแนวคิดในเรื่องเดิม แต่เพิ่มพูนความ ลึกซึ้งในเนื้อหาหรือกิจกรรมตามพัฒนาการของผู้เรียน นอกจากนี้การออกแบบต้องคำนึงถึง



ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ ซึ่งจะทำให้ความสำคัญต่อการพัฒนาแนวคิดพื้นฐานที่จำเป็นก่อน จากนั้นจึงจะเพิ่มเติมแนวคิดที่มีความซับซ้อนมากขึ้นหรือก้าวหน้ามากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น การที่ผู้เรียนจะเรียนเรื่องพลังงาน ต้องมีการทำความเข้าใจพลังงานในบริบทของเนื้อหาที่หลากหลาย เพราะพลังงานถือว่ามีสำคัญและเป็นแนวคิดที่ข้ามกลุ่มวิชา (Cross – Cutting Concept) ซึ่งปรากฏอยู่ในวิชาวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ทั้งฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา โลกศาสตร์หรือแม้กระทั่งดาราศาสตร์และอวกาศ ความสามารถในการเชื่อมโยงหรือบูรณาการความรู้จะช่วยให้ผู้เรียนทำความเข้าใจได้มากขึ้น ดังเช่น การใช้พลังงานจากชีวมวล (Biomass) ต้องใช้พื้นที่ความรู้ทั้ง เคมี ชีววิทยาและฟิสิกส์เข้าด้วยกัน นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้ในลักษณะของสะเต็มศึกษายังต้องมีการพิจารณาลำดับความก้าวหน้าของการเรียนรู้ทั้งการสร้างชิ้นงานหรือการแก้ปัญหา (Duschl & Bismack, 2016) ซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้ออกแบบกิจกรรมสะเต็มต้องคำนึงถึงในการวางลำดับกิจกรรมที่จะนำไปสู่การบรรลุเป้าหมายของการเรียน ดังนั้น หากการจัดการเรียนรู้เน้นให้ผู้เรียนสร้างสรรค์ชิ้นงาน เพื่อแก้ปัญหบางอย่าง กิจกรรมจะต้องมีลำดับ ไม่ใช่การสั่งงานในครั้งเดียว แต่อาจจะต้องตรวจสอบความก้าวหน้าและให้คำปรึกษาหรือช่วยเหลือผู้เรียนเมื่อจำเป็น การยึดกรอบความก้าวหน้าในการเรียนรู้จะส่งผลต่อการออกแบบลำดับของกิจกรรม รวมถึงการวางลำดับของระดับการรู้คิด ซึ่งจะช่วยพัฒนาผู้เรียนไปสู่ระดับความคิดขั้นสูงอย่างค่อยเป็นค่อยไป โดยมีกิจกรรมและครูคอยช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกการจัดการเรียนรู้นั้น

3. การเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกับผู้เรียน บริบทที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนและการเรียนรู้อย่างมีความหมายตามนิยามของสะเต็มที่เชื่อมโยงสู่โลกชีวิตจริง ทั้งในการทำงานและการใช้ชีวิตของแต่ละบุคคล การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาจึงต้องเชื่อมโยงกับผู้เรียน ทั้งในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของผู้เรียน ประเด็นที่เป็นกระแสในสังคม ประเด็นที่มีการโต้แย้ง นอกจากนี้ กิจกรรมต้องเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมาย ผู้เรียนต้องมีความสนใจหรือมีความผูกพันในเนื้อหาหรือกิจกรรมที่กำลังเรียน

เมื่อพิจารณาบริบทที่จำเป็นสำหรับผู้เรียน ผู้เขียนขอเสนอกรอบแนวคิดขององค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา หรือ OECD (Organization for Economic Co – operation and Development, OECD, 2013) ซึ่งได้กำหนดกรอบแนวคิดการศึกษาในระดับสากลที่มองว่าบริบทแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับบุคคล ระดับท้องถิ่นหรือระดับประเทศ และระดับโลก โดยแต่ละระดับมีความเกี่ยวข้องกับ 5 บริบท ซึ่งคนทุกคนจะต้องได้มีส่วนเกี่ยวข้อง เพราะเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตหรือเป็นสิ่งที่ส่งผลต่อการดำรงชีวิตของบุคคลทั้งในปัจจุบันและอนาคต ได้แก่ สุขภาพและโรค ทรัพยากรธรรมชาติ คุณภาพสิ่งแวดล้อม พิชัย และความก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

การกำหนดบริบทอาจจะสร้าง “แก่นเรื่อง” (Theme) ตามความสนใจของผู้เรียนหรือกำหนดตามจุดเน้นตามนโยบายของสถานศึกษา เขตพื้นที่การศึกษาหรือนโยบายระดับประเทศ ในขั้นนี้ผู้ที่กำหนดกรอบของหัวเรื่องหรือแก่นเรื่อง อาจจะเป็นตัวผู้สอน กลุ่มสาระการเรียนรู้ หรือนโยบายที่กำหนดทิศทางการพัฒนาให้ไปในทิศทางเดียวกัน หรืออาจจะเป็นจุดเน้นในหลักสูตรสถานศึกษาที่แตกต่างกันไปตามสถานที่ โดยอาจจะใช้แหล่งเรียนรู้ในชุมชนของผู้เรียน หรือจุดเน้นของแต่ละพื้นที่ที่มีความเฉพาะ

4. การเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (The 21<sup>st</sup> Century Learning) จะแตกต่างจากการเรียนรู้ในอดีตที่ผ่านมา โดยมีจุดเน้นที่สำคัญ คือ ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นในการดำรงชีวิตในคริสต์ศตวรรษที่ 21 (ซึ่งต่อไปนี้จะใช้คำว่า “ศตวรรษที่ 21”) ซึ่งหมายถึงปี ค.ศ. 2001 – ค.ศ. 2100 ประกอบด้วย องค์ประกอบหลักที่แตกต่างกันไปในแต่ละกลุ่มผู้วิจัยหรือสถาบันต่าง ๆ ที่มีจุดเน้นแตกต่างกันออกไป หน่วยงานหนึ่งที่เป็นที่ยอมรับในระดับนานาชาติ คือ Partnership for 21<sup>st</sup> Century Learning ให้นิยามว่า ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (21<sup>st</sup> Century Skills) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการดำรงชีวิตปัจจุบันและอนาคตโดยเฉพาะในศตวรรษที่ 21 (ปีคริสต์ศักราช 2000 – 2099) ประกอบด้วย กลุ่มทักษะหลัก 3 ด้าน คือ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills) ทักษะด้านข้อมูล สื่อ และเทคโนโลยี (Information, Media and Technology Skills) และทักษะชีวิตและทักษะในอาชีพ (Life and Career Skills) ในส่วนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับศตวรรษที่ 21 มีลักษณะสำคัญ คือ การนำทักษะที่สำคัญมาบูรณาการกับเนื้อหาวิชาแกน โดยกลุ่ม Partnership for 21<sup>st</sup> Century Learning ได้นำเสนอกรอบการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่ควรจะมีการนำทักษะสำคัญ ได้แก่ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะด้านข้อมูล สื่อ และเทคโนโลยี และทักษะชีวิตและทักษะในอาชีพ มาบูรณาการในการจัดการเรียนรู้วิชาแกนที่มีการเรียนการสอนอยู่เดิม ซึ่งวิทยาศาสตร์ก็เป็นหนึ่งในวิชาแกนเหล่านั้นในรายละเอียดของทักษะหลักทั้งสามจะมีองค์ประกอบย่อย ดังนี้

4.1 ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ประกอบด้วย ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา การสื่อสารและทำงานร่วมกับคนอื่น

4.2 ทักษะด้านข้อมูล สื่อ และเทคโนโลยี ประกอบด้วย ทักษะในการจัดระบบและมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งหมายรวมถึง การรู้ข้อมูล (Information Literacy) การรู้สื่อ (Media Literacy) และการรู้ไอซีที (Information, Communications and Technology Literacy)

4.3 ทักษะชีวิตและทักษะในอาชีพ ประกอบด้วย การยืดหยุ่นและปรับตัว การสร้างสรรค์สิ่งใหม่และการมีเป้าหมาย ทักษะทางสังคมและความเข้าใจในวัฒนธรรมที่แตกต่าง ความมีประสิทธิภาพและความรับผิดชอบในหน้าที่ ความเป็นผู้นำและรับผิดชอบ

อย่างไรก็ตาม กรอบแนวคิดของทักษะสำคัญแห่งศตวรรษที่ 21 หรือการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 อาจ会有ความแตกต่างไปจากนี้ได้ ขึ้นอยู่กับกรอบแนวคิดของกลุ่มนักวิชาการที่แตกต่างกัน รวมทั้งการขับเคลื่อนนโยบายประเทศไทย 4.0 ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ของภาคีเพื่อการเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21st Century Learning, 2015) สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ในการพัฒนาผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน (Ministry of Education Thailand, 2008)

หากผู้สอนให้ความสำคัญกับทักษะที่สำคัญและจำเป็นในศตวรรษที่ 21 การกำหนดเป้าหมายหรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะต้องนำทักษะสำหรับศตวรรษที่ 21 เข้าไป ประกอบด้วย เนื่องจากผู้เรียนจำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่มีความซับซ้อน ดังนั้น แนวการจัดการศึกษา จำเป็นต้องปรับให้สอดคล้องกับความต้องการและจำเป็นในโลกปัจจุบันและอนาคตที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การเรียนรู้จึงต้องเปลี่ยนจากแบบเดิมที่เรียนในมิติเดียวที่เน้นแต่เนื้อหาเป็นลักษณะของวัฏจักรมีการประยุกต์ใช้และเชื่อมโยงสู่โลก สังคม ชีวิตจริงให้มากขึ้น จุดเน้นนี้จึงสอดคล้องและเป็นไปในแนวทางเดียวกับแนวคิดสะเต็มศึกษา จึงเป็นลักษณะสำคัญอีกประการหนึ่งของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

5. กิจกรรมเน้นการออกแบบและแก้ปัญหาผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน กิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project – Based Learning) และแนวทางการแก้ปัญหาตามแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem – Based Learning) เหมาะสมในการนำมาใช้ออกแบบกิจกรรมที่เน้นการลงมือปฏิบัติ โดยเฉพาะในกรอบของสะเต็ม เนื่องจากสิ่งที่ผู้เรียนต้องสร้างขึ้นมามีในท้ายที่สุด คือ ชิ้นงาน โครงงานหรือวิธีแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนด ดังภาพที่ 2.3 ซึ่งถือว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ผลของการจัดกิจกรรมของทั้งสองวิธีมีจุดมุ่งหมายพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะของนักประดิษฐ์ หรือนักแก้ปัญหา (Problem Solver) โดยคุณลักษณะแบบเมกเกอร์นั้นเป็นพื้นฐานสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

**Project – Based Learning -----> Designing -----> Artifacts / Projects**

**Problem – Based Learning -----> Problem Solving -----> Solutions**

**ภาพที่ 2.3**

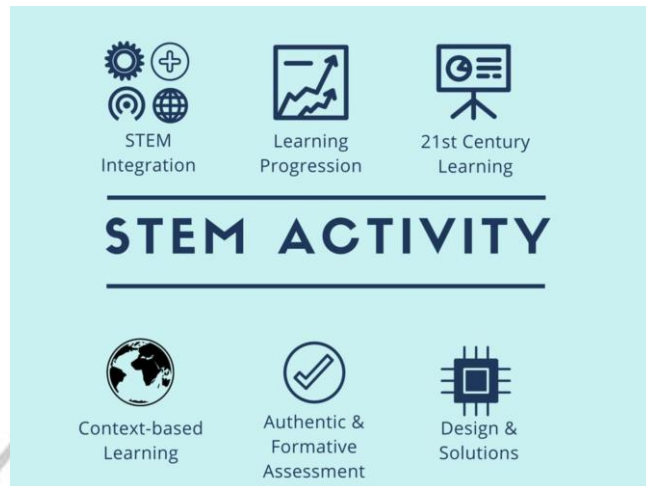
แผนผังการเปรียบเทียบกระบวนการและผลผลิตที่ได้การจัดการ

เรียนรู้โดยใช้ โครงงานเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

**ที่มา :**

สุทธิดา จำรัส, 2016

6. การวัดผลตามสภาพจริง และการประเมินเพื่อพัฒนาผู้เรียน การวัดและประเมินผล การจัดการเรียนรู้ต้องสอดคล้องกับกรอบลักษณะสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ผ่านมา ดังนั้น เมื่อเน้นให้ผู้เรียนได้สร้างชิ้นงาน โครงการหรือแนวทางการแก้ปัญหา การวัด ประเมินผลต้องสอดคล้องกับธรรมชาติของกิจกรรมการเรียนรู้ที่ต้องเน้นไปที่สมรรถนะของผู้เรียน ความรู้ ทักษะ การปฏิบัติ รวมทั้งจิตพิสัย ที่แสดงออกมาในขณะที่ทำกิจกรรมหรือสะท้อนออกมา ในชิ้นงาน ดังนั้น การวัดและประเมินผลต้องเน้นไปที่ชิ้นงาน เช่น การวัดด้วย Rubric Scores (Rubric Scores) การวัดด้วยเครื่องมือที่หลากหลาย การวัดและประเมินโดยเพื่อน หรือโดยตัวผู้เรียนเอง โดยปัจจุบัน แนวทางการวัดและประเมินผลทางการศึกษามีความหลากหลายมากครอบคลุมทั้งด้าน ความรู้ ทักษะ คุณลักษณะ เจตคติ เป็นต้น จึงเป็นทางเลือกให้ครูสามารถออกแบบการวัดผลตาม สภาพจริง (Authentic Assessment) และการประเมินเพื่อพัฒนาผู้เรียน (Formative Assessment) นอกจากนี้ ควรวัดตามลำดับความก้าวหน้าของกิจกรรม เช่น หากออกแบบกิจกรรมให้ผู้เรียนนำ เทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้ ควรมีเครื่องมือวัดตามลำดับที่กำหนด คือ วัดว่าผู้เรียนมีการนำเทคโนโลยีมา ใช้หรือไม่ จากนั้นจึงวัดขั้นต่อไปว่ามีการใช้เป็นอย่างไร และเมื่อกิจกรรมมีความก้าวหน้าขึ้นไปก็ วัดว่ามีการนำเทคโนโลยีไปใช้เพื่อแก้ปัญหาและนำไปสร้างนวัตกรรมอย่างไร และเทคโนโลยี ดังกล่าวเหมาะสมกับระดับผู้เรียนหรือไม่ เพราะหากเป็นผู้เรียนในชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เทคโนโลยีก็ไม่ควรเน้นเพียงกรรไกรหรือไม้บรรทัด ซึ่งเป็นเทคโนโลยีเบื้องต้นเท่านั้น นอกจากนี้ การวัดและประเมินควรต้องเปิดเผยรูปแบบและเกณฑ์การวัดและประเมินเพื่อให้ผู้เรียน ใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนาตนเองขณะสร้างสรรค์ชิ้นงาน โครงการหรือออกแบบและสืบเสาะหา วิธีการแก้ปัญหา (จากกรอบแนวคิดที่ถือว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญของการออกแบบกิจกรรมการ เรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาข้างต้น การออกแบบและพัฒนากิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษาต้องม ีความสอดคล้องภายในของลักษณะสำคัญของการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา สร้างลำดับความก้าวหน้า ในการเรียนรู้ของผู้เรียน พิจารณาจุดเน้นที่สำคัญ บริบทของบทเรียน รวมถึงการวัดและประเมินผล ที่เน้นการประเมินตามสภาพจริงและเพื่อพัฒนาผู้เรียน จากคำอธิบายลักษณะสำคัญ 6 ประการ ข้างต้น ดังภาพที่ 2.4



**ภาพที่ 2.4** แผนภาพแสดงลักษณะสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้  
ตามแนวสะเต็มศึกษา  
ที่มา : สุทธิดา จำรัส, 2016

#### รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

National Research Council (2012) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาควรมีการจัด  
การเรียนการสอนด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. ระบุปัญหา (Problem Identification) ขั้นตอนนี้เริ่มต้นจากการที่ผู้แก้ปัญหาตระหนัก  
ถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation)  
เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)  
การรวบรวมข้อมูล คือ การสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ และหากมี  
เขาแก้ปัญหายังไง และมีข้อเสนอแนะใดบ้างในการแก้ปัญห การค้นหาแนวคิด คือ การค้นหา  
แนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง และสามารถประยุกต์  
ในการแก้ปัญหได้

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) คือ การนำความรู้ที่ได้ มารวบรวม  
ประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการ กำหนดองค์ประกอบของวิธีการหรือ ผลผลิต ทั้งนี้ ผู้แก้ปัญหา  
ต้องอ้างอิงถึงความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่รวบรวมได้ มาประเมิน ตัดสินใจ  
เลือกและใช้ความรู้ที่ได้มาในการสร้างภาพร่างหรือกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหา

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) ขั้นตอนนี้ คือ  
การพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ ในขั้นตอนนี้ผู้แก้ปัญหามustกำหนด

ขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน

5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา

6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) หลังจากการพัฒนา ปรับปรุง ทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชนโดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

#### แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ (2558) เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาโดยกล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ การบูรณาการเพื่อช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 สาขาวิชากับชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ ทั้งนี้ระดับการบูรณาการที่อาจเกิดขึ้นในชั้นเรียนสะเต็มศึกษา สามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ ดังต่อไปนี้

1. การบูรณาการภายในวิชา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาของสะเต็มแยกกัน การจัดการเรียนรู้แบบนี้ คือ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เป็นอยู่ทั่วไปที่ครูผู้สอนแต่ละวิชาจัดการเรียนรู้ให้แก่ นักเรียนตามรายวิชาของตนเอง

2. การบูรณาการแบบพหุวิทยาการเป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์แยกกัน โดยมีหัวข้อหลัก (Theme) ที่ครูทุกวิชากำหนดร่วมกันและมีการอ้างอิงถึงความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้น ๆ การจัดการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้น ๆ การจัดการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาวิชาต่าง ๆ กับสิ่งที่อยู่รอบตัว เช่น ถ้าครูผู้สอนแต่ละวิชากำหนดร่วมกันว่าจะใช้กระดุมข้าวเป็นหัวข้อหลักในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ครูผู้สอนเทคโนโลยีสามารถเริ่มแนะนำกระดุมข้าวได้ว่า กระดุมข้าวจัดเป็นเทคโนโลยีอย่างง่ายที่มนุษย์สร้างขึ้น เพื่ออำนวยความสะดวกหรือตอบสนองความต้องการที่จะเก็บความร้อนของข้าว ในขณะที่ครูวิทยาศาสตร์ยกตัวอย่างกระดุมข้าวเพื่อสอนเรื่องการถ่ายโอนความ



ร้อน ครูคณิตศาสตร์สามารถใช้กระดืบข้าวสอนเรื่องรูปทรงและให้นักเรียนหาพื้นที่ผิวและปริมาตรของกระดืบข้าวได้

3. การบูรณาการแบบสหวิทยาการเป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะอย่างน้อย 2 วิชาร่วมกัน โดยกิจกรรมมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของทุกวิชา เพื่อให้ นักเรียนได้เห็นความสอดคล้องกัน ในการจัดการเรียนรู้แบบนี้ครูผู้สอนในวิชาที่เกี่ยวข้องต้องทำงานร่วมกัน โดยพิจารณาเนื้อหาหรือตัวชี้วัดที่ตรงกันและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาของตนเอง โดยให้เชื่อมโยงกับวิชาอื่นผ่านเนื้อหาหรือตัวชี้วัดนั้น เช่น ในวิชาวิทยาศาสตร์ หลังจากการเรียนรู้ เรื่อง การถ่ายโอนความร้อนและจนวนกันความร้อน ครูกำหนดให้นักเรียนทำการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บความร้อนของกระดืบข้าว โดยขอให้ครูคณิตศาสตร์สอนเรื่องการหาพื้นที่และปริมาตรของรูปทรงต่าง ๆ ก่อนให้นักเรียนเริ่มทำการทดลองและเก็บข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ให้นำข้อมูลจากการทดลองไปสร้างกราฟและตีความผลการทดลองในวิชาคณิตศาสตร์

4. การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยนักเรียนเชื่อมโยงความรู้และทักษะที่เรียนรู้จากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง โดยให้นักเรียนประยุกต์ความรู้และทักษะเหล่านั้นในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนหรือสังคม และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตนเอง ครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามความสนใจหรือปัญหาของนักเรียน โดยครูกำหนดกรอบหรือหัวข้อหลักของปัญหากว้าง ๆ แล้วให้นักเรียนระบุปัญหาที่เฉพาะเจาะจงและวิธีการแก้ปัญหา ทั้งนี้ ในการกำหนดกรอบของปัญหาให้นักเรียนศึกษานั้น ครูต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ของนักเรียน 3 ปัจจัย ได้แก่ 1) ปัญหาหรือคำถามที่นักเรียนสนใจ 2) ตัวชี้วัดในวิชาต่างๆที่เกี่ยวข้อง และ 3) ความรู้เดิมของนักเรียน

#### การวัดและประเมินผลตามแนวสะเต็มศึกษา

เอ็ดเวิร์ด (Edward, 2013, 12 – 15) เสนอวิธีการวัดและประเมินผลตามแนวสะเต็มศึกษาสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. ในกรณีที่ผู้สอนใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry – Based Learning) ในการสอนวิทยาศาสตร์ ผู้สอนสามารถประเมินผู้เรียน ดังนี้

- 1.1 การตั้งคำถามในแบบทดสอบ
- 1.2 การปฏิบัติการทดลอง
- 1.3 การรายงานผลการทดลอง
- 1.4 การศึกษาตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง



2. ในกรณีที่ผู้สอนใช้วิธีการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering Design) ผู้สอนสามารถประเมินกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมของผู้เรียน ดังนี้

- 2.1 การระดมความคิด
- 2.2 การพัฒนาโมเดลต้นแบบ
- 2.3 การทำงานเป็นทีม

สรุปได้ว่าการวัดและประเมินผลตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ผู้สอนควรใช้การประเมินหลายครั้ง คือ ประเมินก่อนเรียน ระหว่างเรียน และประเมินหลังเรียน การประเมินระหว่างเรียน ผู้สอนทำได้โดยการใช้คำถาม การสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน การประเมินตนเอง และการประเมินจากเพื่อนและการบันทึกข้อมูลงานที่ทำเสร็จตามเป้าหมายที่กำหนด ส่วนการประเมินหลังเรียน ผู้สอนสามารถประเมินโครงการที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ

#### ประโยชน์จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

เป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่มุ่งแก้ไขปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ นำไปสู่การสร้างนวัตกรรมผู้เรียนที่มีประสบการณ์ในการทำกิจกรรมหรือโครงการสะเต็มศึกษา จะมีความพร้อมที่จะไปปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้ และทักษะด้านวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในภาคการผลิต และการบริการที่สำคัญต่ออนาคตของประเทศ ซึ่งประโยชน์ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาของศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ (2558) ดังนี้

1. ผู้เรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์ และสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่ใช้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการทางวิศวกรรมเป็นฐาน
2. ผู้เรียนเข้าใจและสนใจการประกอบอาชีพด้านสะเต็มศึกษามากขึ้น
3. ผู้เรียนเข้าใจสาระวิชาและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มากขึ้น
4. หน่วยงานภาครัฐและเอกชนมีส่วนร่วมสนับสนุนการจัดกิจกรรมของครูและบุคลากรทางการศึกษา

5. ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้และเชื่อมโยงระหว่าง 8 กลุ่มสาระวิชา

6. สร้างกำลังคนด้านสะเต็มศึกษาของประเทศไทย เพื่อเพิ่มศักยภาพทางเศรษฐกิจ

นัสนิทร บือชา (2558, 14) เสนอประโยชน์จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ดังนี้

1. ด้านเศรษฐกิจ (Economic Opportunity) การเรียนรู้สะเต็มศึกษาช่วยเพิ่มโอกาสในด้านเศรษฐกิจ การทำงาน การเพิ่มมูลค่า เพราะนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นที่ขับเคลื่อนเศรษฐกิจของโลกล้วนมีพื้นฐานมาจากสะเต็มศึกษา

2. ด้านทรัพยากรบุคคล (Attract More Students to Technological Fields) การเรียนรู้สะเต็มศึกษา ช่วยดึงดูดและสร้างทรัพยากรบุคคลให้เข้าสู่งานด้านเทคโนโลยีที่ยังขาดแคลนอีกมาก

3. ด้านความมั่นคง (National Security) การเรียนรู้สะเต็มศึกษาช่วยสร้างเสริมความมั่นคงให้กับประเทศโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในด้านความมั่นคงและความปลอดภัยด้านไซเบอร์ (Cyber Security) ในโลกปัจจุบันที่ต้องพึ่งพาเทคโนโลยีด้านการสื่อสารอย่างมาก

4. ด้านสุขภาพ (Enhancing Health) ความรู้และทักษะจากการได้เรียนรู้ STEM ช่วยให้ประชากรในประเทศมีสุขภาพแข็งแรงและอายุยืนขึ้น เพราะมีเทคโนโลยีในการรักษาโรคภัยต่าง ๆ ได้ดีขึ้น มีการตรวจพบโรคร้ายต่าง ๆ ได้เร็วก่อนจะลุกลาม ทำให้สามารถทำการรักษาได้ทัน

#### งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวสะเต็มศึกษา

ในการทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษารวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยได้ทำการวิจัย ดังนี้

นัสรินทร์ ปือชา (2558) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนพัฒนาการ ร้อยละ 41.03 อยู่ในระดับต้น ร้อยละ 30.77 อยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 20.51 อยู่ในระดับสูง และร้อยละ 7.69 อยู่ในระดับสูงมาก นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาความสามารถในการแก้ปัญหา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) อยู่ในระดับมาก

พลศักดิ์ แสงพรมศรี ประสาท เนืองเฉลิม และปิยะเนตร จันทร์ธิระติกุล (2558) ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนวิชาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ ผลการวิจัยปรากฏ ดังนี้ 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภัตสร ดิธมา (2558) ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่องระบบร่างกายมนุษย์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัย

พบว่า 1) การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ โดยนักเรียนได้คะแนนความคิดสร้างสรรค์เฉลี่ย ตั้งแต่ร้อยละ 79 ขึ้นไป ซึ่งมีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เพิ่มสูงขึ้นทุกครั้งที่มีการจัดกิจกรรม แผนการเรียนรู้ใหม่ 2) นักเรียนมีแนวทางการเรียนรู้ คือ นักเรียนสามารถเลือกสร้างแบบจำลอง อวัยวะโดยบอกเหตุผลได้อย่างสมเหตุสมผล จินตนาการร่างแบบจำลองอวัยวะ วางแผนการทำงาน และซื้อวัสดุสร้างแบบจำลองอวัยวะโดยคำนึงถึงราคาและคุณสมบัติของวัสดุ สร้างและปรับปรุง แบบจำลองอวัยวะให้สมบูรณ์ขึ้นได้ ดังนั้น กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็ม ศึกษาสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนให้มากขึ้นได้

เกศินี อินตา ภาณุพัฒน์ ชัยวร และอโนดาญ์ รัชเวทย์ (2558) ศึกษาการสร้างชุดกิจกรรม มหัศจรรย์อย่างพาราโดยใช้แนวการสอน STEM กับพัฒนาการศึกษาในศตวรรษที่ 21 ของ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนแม่จันวิทยาคม จังหวัดเชียงราย โดยผลการวิจัย สรุปได้ดังนี้ ชุดกิจกรรมที่ใช้มีประสิทธิภาพเท่ากับ 76.58/78.80 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ทักษะการ เรียนรู้และนวัตกรรมของนักเรียนโดยเฉลี่ยเท่ากับ 2.62 อยู่ในระดับมาก โดยนักเรียนมีความ พึงพอใจ เมื่อได้เรียนด้วยชุดกิจกรรมดังกล่าวโดยเฉลี่ยเท่ากับ 4.31 อยู่ในระดับมาก

ปรเมศวร์ วงศ์ชาชม และกัญญารัตน์ โคจร (2559) ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาร่วมกับโครงงานเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) คะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ของ นักเรียน ทั้ง 3 ช่วง คือ 7.47, 11.40 และ 21.35 2) คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน หลังจากที่ได้รับการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ข้างต้นในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 และวงรอบปฏิบัติการที่ 2 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ยุทธนา ชัยเจริญ วรางคณา เขาคี และอโนดาญ์ รัชเวทย์ (2560) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับภูมิปัญญาท้องถิ่น เรื่องการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายจากสีธรรมชาติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยผลของการศึกษา พบว่า นักเรียนที่เข้าอบรมหลักสูตรการ อบรมระยะสั้นสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เรื่องการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายจากสีธรรมชาติ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ มีความพึงพอใจต่อการเข้ารับการอบรม มีค่าเฉลี่ย 4.26 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.78 การแปลผล คือ อยู่ในเกณฑ์ดี

อโนดาญ์ รัชเวทย์ วิชิณีปกรณณ์ สมแก้ว และปภาวี อุปธิ (2560) ศึกษาการพัฒนาทักษะ การเรียนรู้และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 โดยชุดการเรียนการสอนตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง

การแยกสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 2 โดยจากผลการวิจัย พบว่า 1) ชุดการเรียนรู้การสอนตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การแยกสารที่สร้างขึ้นนี้มีค่าประสิทธิภาพของชุดการเรียนรู้การสอนที่ผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ และทดสอบประสิทธิภาพกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง มีค่าเท่ากับ 77/76 สูงกว่าที่ตั้งไว้คือ 75/75 2) เมื่อใช้ชุดการเรียนรู้การสอนตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การแยกสาร พบว่า ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 – 7 เป็นการให้ความรู้ทางด้านการแยกสาร (วิทยาศาสตร์) ส่วนการจัดกิจกรรมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง มาแยกสารกันเถอะ เป็นการประมวลความรู้ของนักเรียน โดยกำหนดสถานการณ์ว่าให้นักเรียนทำการทดลองแยกสาร โดยมีการออกแบบการทดลอง (วิศวกรรมศาสตร์) ให้นักเรียนตัดสินใจที่จะใช้อุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการแยกสาร ในราคาที่กำหนดโดยผู้วิจัย (คณิตศาสตร์) และการปรับปรุงนวัตกรรมที่นักเรียนสร้างขึ้น (เทคโนโลยี) พบว่า นักเรียนมีการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยคะแนนร้อยละ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.5 และ 3) นักเรียนมีทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม โดยประเมินพฤติกรรมออกเป็น 3 ด้านดังนี้ 1) การคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหา 2) การสื่อสารและการมีส่วนร่วม และ 3) ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 3.62 ซึ่งอยู่ในระดับมาก

อโนชา รัชเวทย์ นันทิกร ปราบปราม มหโชค พงศ์เจริญ และยุทธนา ชัยเจริญ (2560) ศึกษาการพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการคิดแก้ปัญหา โดยกิจกรรมการเรียนรู้ “การเคลื่อนที่มหาสนุก” ตามแนวสตรึม โดยจากผลการวิจัย พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ( $p = 0.01$ ) โดยมีคะแนนทั้งทักษะความคิดสร้างสรรค์และคะแนนความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอยู่ในเกณฑ์ดี และนักเรียนมีความพึงพอใจในการเรียนรู้โดยกิจกรรมการเรียนรู้ “การเคลื่อนที่มหาสนุก” ตามแนวสตรึมอยู่ในเกณฑ์ดีมาก

### ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

#### ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

กรมวิชาการ (2534, 21) ให้ความหมายว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ปริมาณและทักษะของความรู้ในสาขาวิชาที่บุคคลได้รับลักษณะการจัดองค์ประกอบ และโครงสร้างของความรู้ และการใช้ประโยชน์โครงสร้างของความรู้ในการแก้ปัญหาในการคิดเชิงสร้างสรรค์

อารมณีย์ สนานนท์ (2539, 17) ให้ความหมายว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นผลมาจากการกระทำที่ต้องอาศัยความสามารถทั้งทางร่างกายและสติปัญญา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอาจได้มาจากการบวนการที่ไม่ต้องอาศัยการทดสอบ เช่น อาจจะได้จากการสังเกต การตรวจการบ้าน หรืออาจได้มาในรูปของระดับคะแนนที่ได้จากโรงเรียน ซึ่งต้องอาศัยกระบวนการที่ซับซ้อนและระยะเวลาที่นาน หรืออาจได้มาด้วยการวัดจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

อารีย์ วชิรวารการ (2542, 143) ให้ความหมายว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลที่เกิดขึ้นจากการเรียน การสอน การฝึกฝน หรือประสบการณ์ต่าง ๆ ที่ โรงเรียน ที่บ้าน และสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ คนส่วนมากเข้าใจว่าผลสัมฤทธิ์เกิดขึ้นจากการเรียนการสอนภายในโรงเรียน และมองในแง่ความรู้ ความสามารถทางสมองเท่านั้น ในทางที่จริงแล้ว ความรู้ลึก ค่านิยม จริยธรรม ก็เป็นผลจากการฝึกสอนและอบรม ซึ่งก็นับเป็นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วย

ชุดินันท์ พุ่มกลิ่น (2546, 10) ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ขนาดของความสำเร็จที่ได้จากการเรียนที่อาศัยความสามารถเฉพาะตัวบุคคล โดยอาจจะได้มาจากกระบวนการที่ไม่ต้องอาศัยการทดสอบ เช่น การสังเกต การตรวจการบ้าน หรืออาจได้ในรูปแบบของระดับคะแนนได้จากการเรียน ซึ่งต้องอาศัยกรรมวิธีที่ซับซ้อน และระยะเวลาที่นานพอสมควร หรืออีกวิธีหนึ่ง อาจวัดด้วยภาพวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั่วไป

อภิญา อิงอาจ (2548, 48) ให้ความหมายว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถในการคิดของบุคคล อันเป็นผลมาจากการสะสมของประสบการณ์ต่าง ๆ รวมถึงความสามารถที่ติดตัวมาแต่กำเนิด ซึ่งความสามารถเหล่านี้วัดได้หลายทาง

ทิสนา แยมมณี (2548, 10) ให้ความหมายว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง การเข้าถึงความรู้มีการพัฒนาทักษะในด้านการเรียน ซึ่งอาจดูได้จากผลการเรียนที่ได้จากการทดสอบ

ปัญญา ชูช่วย (2552, 21) ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพของสมองด้านต่าง ๆ ของผู้เรียนต่อการเรียนแต่ละวิชา ซึ่งสามารถวัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

จากความหมายข้างต้นจึงสรุปความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนี้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถของบุคคลที่ได้จากการเรียนการสอน การฝึกฝน ตลอดจนจากประสบการณ์ต่าง ๆ ที่นอกเหนือจากการเรียนการสอน ซึ่งสามารถวัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หรือแบบวัดการสังเกต

#### การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีปัจจัยหลายอย่างที่ส่งผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนี้

สว้าง หลักเพชร (2541, 57) กล่าวว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่ได้ขึ้นอยู่กับสติปัญญาเพียงด้านเดียว แต่จะขึ้นอยู่กับตัวแปรอื่น ๆ 3 ประการ ดังนี้

1. พฤติกรรมทางด้านความรู้ ความคิด หมายถึง ความสามารถทั้งหลายของผู้เรียน ประกอบด้วย ความถนัด และพื้นฐานของผู้เรียน

2. คุณลักษณะด้านจิตพิสัย หมายถึง สภาพการณ์หรือแรงจูงใจที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ใหม่ ได้แก่ ความสนใจ ทักษะคิดต่อเนื่องหาวิชาที่โรงเรียนและระบบการเรียน ความคิดเห็นเกี่ยวกับตนเอง ลักษณะบุคลิกภาพ

3. คุณภาพการสอน ได้แก่ การได้รับคำแนะนำ การมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน การเสริมแรงจากครู การแก้ไขข้อผิดพลาด และรู้ผลว่าตนเองกระทำได้อีกต้องหรือไม่

อริยา กูหา และบัญญัติ ขงย่วน (2547, 14) กล่าวถึง องค์ประกอบที่มีผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประกอบด้วย 5 ด้าน คือ

1. ความพร้อมด้านสติปัญญา หรือความรู้ ทักษะพื้นฐาน
2. บุคลิกภาพหรือจิตลักษณะ เช่น แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ อึดทน โทษณ
3. พฤติกรรมการเรียน เช่น วิธีการเรียน การฝึกวันประกันพรง
4. บรรยากาศในการเรียน เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน วิธีการสอนของครู
5. ตัวแปรทางประชากร เช่น อายุ เพศ สถานภาพทางเศรษฐกิจและสังคม การศึกษาของ

บิดา มารดา เป็นต้น

ปัญญา ชูช่วย (2551, 12) การจะพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า มีตัวแปรอยู่ 3 ประการ ที่เกี่ยวข้อง คือ

1. พฤติกรรมด้านความรู้และความคิด (Cognitive Entry Behaviors) หมายถึง ความรู้ความสามารถ ทักษะ ความถนัด และพื้นฐานของผู้เรียนที่มีมาก่อน
2. คุณลักษณะทางจิตใจ (Affective Entry Characteristics) หมายถึง แรงจูงใจที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความอยากเรียน อยากรู้สิ่งใหม่ ได้แก่ ความสนใจในวิชาเรียน เจตคติต่อเนื่องหาวิชา ระบบการเรียนและสถาบัน การยอมรับความสามารถของตนเอง เป็นต้น
3. คุณภาพทางการเรียนการสอน (Quality of Instruction) หมายถึง การเรียนการสอนหรือประสิทธิผลที่ผู้เรียนจะได้รับ ผลสำเร็จในการเรียน ได้แก่ การได้รับคำแนะนำการปฏิบัติ และแรงเสริมของผู้สอนที่มีต่อผู้เรียน เป็นต้น

พัฒนณี ดวงเนตร (2552, 9) กล่าวถึง การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า การจัดการศึกษาในปัจจุบัน ถือเอาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเป็น เครื่องบ่งชี้ถึงสภาพความสำเร็จหรือความล้มเหลวในการจัดการศึกษา ดังนั้น ภาระหน้าที่สำคัญ ประการหนึ่งของครู คือ การส่งเสริมและจัดปัจจัยที่เป็นอุปสรรคต่อการเรียน ให้นักเรียนได้มี โอกาสพัฒนาให้ถึงขีดสุดตามศักยภาพของตนเอง เพื่อนักเรียนจะได้เรียนรู้อย่างเต็มที่และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น ปัจจัยที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีอยู่ 2 ประการ คือ

1. องค์ประกอบทางด้านสติปัญญา
2. องค์ประกอบที่มีได้เกี่ยวข้องกับสติปัญญา

โดยองค์ประกอบทั้ง 2 ประการมีบทบาทสำคัญพอ ๆ กัน ต่อการทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงหรือต่ำ จากแนวคิดและทฤษฎีดังกล่าวข้างต้นอาจสรุปได้ว่า องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ในการเรียนมีหลายองค์ประกอบด้วยกัน ที่สำคัญแบ่งออกได้เป็นสามกลุ่ม คือ

1. องค์ประกอบด้าน ปัจจัยแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับนักเรียน
2. องค์ประกอบด้านตัวนักเรียน
3. องค์ประกอบด้าน คุณภาพการสอน การบริหารและการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

อย่างมีประสิทธิภาพ

จากความหมายข้างต้นจึงได้สรุปความหมายของปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ดังนี้ ปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ปัจจัยที่ส่งผลให้ การเรียนของผู้เรียนไม่เป็นไปตามที่กำหนดไว้ ซึ่งได้แก่ ปัจจัยของตัวผู้เรียนในด้านต่าง ๆ และ ปัจจัยภายนอกรวมถึงการสอนของครูผู้สอน

#### แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

บุญชม ศรีสะอาด (2532, 52) ให้ความหมายว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ความสามารถของบุคคลในด้านวิชาการซึ่งเป็นผล จากการเรียนรู้ใน เนื้อหาสาระ และตามจุดประสงค์ของวิชาหรือเนื้อหาที่สอนนั้น

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2538, 218) ให้ความหมายว่า แบบทดสอบวัด หมายถึง แบบทดสอบที่วัดความรู้ของนักเรียนที่ได้เรียนไปแล้ว ซึ่งมักจะเป็นข้อคำถามให้นักเรียนตอบ ด้วยกระดาษและดินสอกับให้นักเรียนปฏิบัติจริง

เขวटी วิบูลย์ศรี (2540, 28) ให้ความหมายว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เน้นการวัดความรู้ ความสามารถจากการเรียนรู้ในอดีต หรือสภาพปัจจุบันของแต่ละบุคคล

พิชิต ฤทธิ์จัญญ (2544, 98) ให้ความหมายว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ทักษะและความสามารถทางวิชาการที่ผู้เรียนได้เรียนรู้มาแล้วว่า บรรลุผลสำเร็จตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้

สมบุญรณ์ ดันยะ (2545, 143) ให้ความหมายว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบที่ใช้สำหรับวัดพฤติกรรมทางสมองผู้เรียนว่า ผู้เรียนมีความรู้ ความสามารถในการ เรื่องที่เรียนรู้หรือเรื่องที่ได้รับการฝึกฝนอบรมมาแล้วมากน้อยเพียงใด



จากความหมายข้างต้นสามารถสรุปความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ดังนี้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ความสามารถ และทักษะทางวิชาการจากการเรียนรู้ที่ผ่านมาแล้วเป็นระยะเวลาหนึ่ง

### ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์

#### ความหมายของความสามารถในการคิดสร้างสรรค์

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2551, 177) ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถในการจินตนาการและรวบรวมความคิดอย่างหลากหลาย และรวดเร็ว แล้วสร้างเป็นความรู้ ความคิดใหม่ของตนเอง สามารถคิดนอกกรอบได้ มีผลงานการคิดสามารถริเริ่มและสร้างสรรค์ผลงานใหม่ ๆ ได้

ลักษณะ สิริวัฒน์ (2549, 137) ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถของสมองของบุคคลที่ประกอบด้วย ความคิดคล่อง คิดยืดหยุ่น คิดละเอียด และคิดริเริ่ม ผสมผสานกันจนเกิดแนวคิดได้หลายทิศทาง หรือแบบอนกนัย (Divergent Thinking) เป็นการคิดที่ทำให้เกิดสิ่งใหม่ ๆ หรือเป็นการดัดแปลงปรับปรุงแก้ไขสิ่งต่าง ๆ ที่มีอยู่แล้วให้มีประสิทธิภาพกว่าเดิม หรือประดิษฐ์คิดค้นสิ่งใหม่ ๆ ที่ไม่ซ้ำของเดิม

สุวิทย์ มูลคำ (2547, 9) ให้ความหมายว่าความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง กระบวนการทางปัญญาที่สามารถขยายขอบเขตความคิดที่มีอยู่เดิมสู่ความคิดที่แปลกใหม่ แตกต่างไปจากความคิดเดิมและเป็นความคิดที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (2549, 19) ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความคิดที่แปลกใหม่ที่จะนำไปสู่สิ่งต่าง ๆ ผลิตใหม่ ๆ ทางเทคโนโลยี และความสามารถในการประดิษฐ์ค้นหาลองใหม่ ๆ

อารี พันธุ์ณี (2545, 47) ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง กระบวนการสมองที่คิดในลักษณะอนกนัย อันนำไปสู่การค้นพบสิ่งแปลกใหม่ด้วยการคิด ดัดแปลง ปรับแต่งความคิดเดิม ผสมผสานให้เกิดสิ่งใหม่ ซึ่งรวมถึงการประดิษฐ์ค้นพบสิ่งต่าง ๆ ตลอดจนชีวิตการคิด ทฤษฎีหลักการได้สำเร็จ

ทิสนา เขมมณี (2544, 193) ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง การคิดในสิ่งที่ทำให้เกิดสิ่งที่ดีขึ้นหรือความคิดสร้างสรรค์สิ่งใหม่ที่มีลักษณะแตกต่างไปจากเดิมและเป็นความคิดต้นแบบที่ใช้ได้จริง ได้ผลดีกว่าเดิม และมีความสมเหตุสมผลที่คนทั่วไปยอมรับได้

จากความหมายข้างต้นสามารถสรุปความหมายของความคิดสร้างสรรค์ได้ดังนี้ ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถหรือกระบวนการของสมองที่คิดในลักษณะแปลกใหม่ หรือ คิดพัฒนาสิ่งที่มีอยู่เดิมหรือคิดแบบอนันตจากความรู้เดิมหรือจินตนาการ

### การพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์

ทอร์เรนซ์ (Torrance, 1964, 87 – 88 อ้างอิงใน สุวรรณ ทวก้อน, 2542, 29) กล่าวถึง พัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ ไว้ดังนี้

แรกเกิด – 2 ปี ในระยะขวบแรกของชีวิต เด็กเริ่มพัฒนาการด้านจินตนาการ ทำสิ่งแปลกใหม่ไปกว่าเดิม โดยมีความกระตือรือร้นที่จะทำ เริ่มซึม ดม สัมผัส ด้วยความอยากรู้อยากเห็น ดังนั้น ควรส่งเสริมและสนับสนุนให้เด็กได้สำรวจ จะช่วยพัฒนาจินตนาการได้ดีขึ้น

ระยะ 2 – 4 ปี เด็กเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ จากประสบการณ์ตรง มีการถ่ายทอดประสบการณ์ที่ได้เรียนรู้ โดยการแสดงออกและจินตนาการ เด็กมีช่วงความสนใจสั้น เริ่มรู้สึกเป็นตัวของตัวเอง และเกิดความเชื่อมั่น แต่การเรียนรู้ใหม่ อาจทำให้เด็กตกใจหรือหวาดกลัว ดังนั้น ผู้ปกครองที่เกี่ยวข้องกับเด็ก ควรระมัดระวังให้เด็กอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่ดี

ระยะ 4 – 6 ปี ในวัยนี้เป็นวัยที่เด็กมีจินตนาการสูง เริ่มสนุกสนานกับการวางแผน และการคาดคะเนในสิ่งที่จะเกิดขึ้น เด็กเริ่มเลียนแบบผู้อื่น มีความอยากรู้อยากเห็น เริ่มเข้าใจความรู้สึกของผู้อื่น ผู้ปกครองควรส่งเสริมให้เด็กได้เล่นตามลำพัง จะช่วยพัฒนาการจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์

อารี พันมณี (2545, 66 – 68) กล่าวถึง พัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ในวัยมัธยมศึกษา ไว้ดังนี้

อายุ 12 – 14 ปี เด็กต้องการเรียนรู้และ โอกาสที่จะเลือกและทดลองอาชีพที่สนใจ เด็กจะได้รับประสบการณ์การตัดสินใจในเรื่องต่าง ๆ และดำเนินไปในเรื่องที่เด็กตัดสินใจ เด็กควรได้รับการฝึกวางแผนงานที่น่าตื่นเต้น และให้รู้จักยอมรับและยกย่องเพื่อน

อายุ 12 – 16 ปี ยังต้องการความช่วยเหลือ เพื่อให้เด็กรู้จักคิด และให้เด็กได้นำความสามารถของตนไปใช้ เพื่อให้ประสบความสำเร็จในการประกอบอาชีพในอนาคต เป็นช่วงเวลาที่เด็กต้องทราบความสามารถของตนและเรียนรู้การแก้ไขปัญหา

อายุ 14 – 16 ปี ช่วงนี้จินตนาการส่วนมากจะอยู่ที่อาชีพที่หวังในอนาคต ทั้งผู้ชายและผู้หญิงยังคงชอบการผจญภัย ความสนใจ ทักษะคิดพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว เด็กเรียนรู้ว่าสิ่งใดถูกสิ่งใดผิด กังวลเกี่ยวกับการยอมรับจากเพื่อน และมักกลัวเกี่ยวกับการทดลองความสามารถ

อายุ 16 – 18 ปี เป็นช่วงที่เด็กจะใช้จินตนาการของเด็กอย่างเต็มที่ที่จะจินตนาการในแง่ดี มีความทะเยอทะยาน สามารถคิดเกี่ยวกับสิ่งที่เป็นนามธรรมและสามารถถ่ายทอดได้ เด็กสามารถเรียนรู้การใช้อารมณ์อย่างสร้างสรรค์ สามารถแก้ไขปัญหาและทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างเข้มแข็ง

จากข้อความข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า เด็กวัยแรกเกิดถึง 6 ขวบ สามารถส่งเสริมพัฒนาการทางด้านความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการได้อย่างดียิ่ง ประกอบกับการได้รับประสบการณ์ ได้มีสถานที่ให้เล่น จะช่วยให้เด็กได้ฝึกคิด ฝึกจินตนาการมากขึ้น และในวัยอายุ 12 – 18 ปี เด็กเริ่มโตเป็นผู้ใหญ่ มีความคิดอยากลองทำในสิ่งที่ตัวเองคิด เป็นช่วงที่เด็กจินตนาการถึงอาชีพที่อยากทำ มีความทะเยอทะยาน สามารถแก้ไขปัญหา และสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ แรก ๆ อาจจะช่วยให้เด็กฝึกคิด

#### การพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ โดยใช้กิจกรรม

ภพ เลาหไพบูลย์ (2537, 188 – 190) กล่าวถึงการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์โดยใช้กิจกรรมที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ดังนี้

1. เกมคุณลักษณะ ให้เขียนคุณลักษณะของสิ่งของที่กำหนด โดยให้ได้มากที่สุด พร้อมบอกข้อแตกต่างหรือลักษณะเด่นพิเศษ
2. การระดมสมอง ให้นักเรียนคิดหาวิธีการแก้ไขปัญหา สิ่งๆ หนึ่ง โดยครูไม่ต้องประเมิน
3. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยรูปภาพ โดยให้ดูรูปภาพ แล้วเขียนสิ่งที่จะเกิดขึ้น
4. การทำให้ได้ความสมบูรณ์ ให้นักเรียนเขียนเรื่องที่อ่านหรือดูที่ยังไม่จบสมบูรณ์ แล้วคิดวิธีสร้างให้จบสมบูรณ์
5. การสร้างปริศนาและเกมในการเรียน ให้ฝึกการสร้างเกมที่เป็นปริศนาสำหรับการทายปัญหา
6. บทบาทสมมติ ให้เกิดการเล่นบทบาทสมมติ เป็นคนในอาชีพที่เราอยากเป็น
7. การฝึกบันทึกจากที่ได้อ่านหรือได้ฟังเรื่องราวบางอย่าง เช่น ครูให้เขียนเกี่ยวกับหัวข้อ เรื่อง ปีก เท่าที่จะคิดได้
8. การเขียนโปสเตอร์ที่สื่อความหมาย จะช่วยให้มีลักษณะนิสัยที่สร้างสรรค์
9. การแก้ปัญหาใหญ่ จากอุปสรรคที่เกิดขึ้นในการทำงาน
10. การเขียนเรื่องราวใหม่ เขียนเรื่องใหม่ให้มีความน่าเชื่อถือหรืออาจทันสมัย
11. การเขียนแนวทางที่จะทำให้เกิดการสร้างสรรค์ ในบ้าน ชั้นเรียน ให้คิดแนวทางให้มีการสร้างสรรค์ในบ้านขณะปิดภาคเรียน

12. การเขียนข้อความที่ตรงกันข้าม โดยการสร้างสถานการณ์หรือความเชื่อที่ดูว่าตรงข้าม แต่อาจเป็นจริงได้

13. ผลงานดนตรีหรือศิลปะบ้าง

14. การเขียนภาพที่สร้างสรรค์ ครูกำหนดภาพ ที่เป็นสี่เหลี่ยม วงกลม หรือรูปหลายเหลี่ยม และนำภาพเหล่านั้นมาสร้างสรรค์ให้มีความหมาย

15. การเขียนคำตอบ ให้ผู้อื่นคาดคะเนคำตอบนั้น

16. การเสนอแนะ ให้ฝึกการเสนอแนะ

17. การสื่อสารกันโดยใช้เสียงที่ไม่ใช่วิธีปกติ ฝึกสื่อสารทางเสียงโดยใช้วัตถุต่าง ๆ

18. การใช้ฟิล์มสตริป หรือฟิล์มภาพยนตร์ในการสร้างสรรค์

19. การบันทึกภาพ เรื่องราวข้อมูลที่อยู่ในชีวิต เช่น การฟังไข่ของไก่

20. การจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้มีความไหวตัว บอกความรู้สึกละเอียดขึ้นเสียงพัฒนา

21. การเขียนบางสิ่งบางอย่างลงในกระดาษบรรยายหัวข้อที่กำลังศึกษา

22. การเขียนลักษณะ รูปแบบ การเป็นตัวแทน เช่น เขียนเครื่องหมายทางวิทยาศาสตร์

23. การฟังอย่างสร้างสรรค์เพื่อให้เกิดจินตนาการ

24. การรวบรวมปัญหาหรือสิ่งต่าง ๆ ที่จะใช้แสวงหาความรู้

25. การออกหนังสือพิมพ์วิทยาศาสตร์ที่สร้างสรรค์

26. การสร้างสิ่งของบางอย่างที่ก่อให้เกิดประโยชน์

27. การอ่านอย่างสร้างสรรค์ อ่านเสร็จให้แสดงแนวคิดใหม่

สมศักดิ์ ภูวิภาดาพรรณ (2544, 91) ชี้หลักการระดมสมองของ อเล็กซ์ ออสบอร์น (Alex Osbon) เป็นวิธีกระบวนการกลุ่มที่ช่วยแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ โดยมีวิธีการ ดังนี้

1. ไม่มีการวิพากษ์วิจารณ์ทั้งของตนเองและของคนอื่น

2. พยายามหาคำตอบที่แปลกและแตกต่างออกไป

3. พยายามหาคำตอบให้ได้มากที่สุด

4. พยายามคิดตัดแปลงคำตอบที่มีอยู่

สรุปวิธีการแก้ปัญหาโดยระดมสมอง คือ การไม่วิพากษ์วิจารณ์หรือตัดสินถูกผิด เพื่อเป็นการเปิดโอกาสให้สมาชิกได้คิด ได้เสนอ จะทำให้เด็กมีความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้น

อารี พันธัมณี (2545, 145 – 163) การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์โดยใช้กิจกรรมการสอนตามแนวคิดของ Williams นักจิตวิทยาและนักการศึกษาชาวอเมริกัน ศึกษาเรื่องราวของการสอนความคิดสร้างสรรค์จึงได้รูปแบบการสอนของ Williams Cube CAI Model เป็นรูปแบบที่ส่งเสริม

พฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ทั้งทางด้านความรู้ ความคิด ความรู้สึก และเจตคติในห้องเรียน รูปแบบการสอนแบ่งออกเป็น 3 มิติ ดังนี้

มิติที่ 1 ด้านเนื้อหา (Content) หมายถึง ยึดหลักหลักสูตรเป็นแกนในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และจัดการสอนให้สอดคล้องกับเนื้อหาที่กำหนดไว้ในหลักสูตร

มิติที่ 2 ด้านพฤติกรรมการสอนของครู (Teacher Behavior) หมายถึง กิจกรรมการสอนของครูที่พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ให้กับเด็ก ซึ่งได้เสนอเทคนิควิธีการสอนและจัดกิจกรรมไว้ 18 กิจกรรม ดังนี้

กิจกรรมที่ 1 การสอนความคิดเห็นที่ขัดแย้งในตัวเอง (Paradox) หมายถึง การสอนเกี่ยวกับความคิดเห็นในลักษณะที่เป็นความคิดเห็นซึ่งขัดแย้งในตัวเอง หรือความคิดเห็นของความจริงที่ยากจะเชื่อถือหรืออธิบายได้ และความเห็นหรือความเชื่อที่ฟังใจมานาน เป็นการฝึมองสิ่งของในรูปแบบเดิมที่ต่างออกไป โดยปราศจากเหตุผล

กิจกรรมที่ 2 การพิจารณาลักษณะ (Attribute) หมายถึง การสอนให้นักเรียนคิดพิจารณาลักษณะต่าง ๆ ที่ปรากฏอยู่ในลักษณะที่ต่างออกไปกว่าที่เคยคิด รวมทั้งในลักษณะที่คาดไม่ถึงก็ได้

กิจกรรมที่ 3 การเปรียบเทียบอุปมาอุปมัย (Analogies) หมายถึง การเปรียบเทียบสิ่งที่เหมือนกัน คล้ายคลึงกัน แตกต่างกันหรือตรงข้ามกัน เช่น สุภาษิต คำพังเพย

กิจกรรมที่ 4 การบอกสิ่งที่คาดเคลื่อนไปจากความจริง (Discrepancies) หมายถึง การแสดง ความคิดเห็น ระบุ บ่งชี้ถึงสิ่งที่คาดเคลื่อนไปจากความจริงหรือขาดตกบกพร่องผิดปกติ

กิจกรรมที่ 5 การใช้คำถามยั่วและการกระตุ้นให้ตอบ (Provocative Question) หมายถึง การตั้งคำถามแบบปลายเปิดและเป็นคำถามที่ยั่วและเร้าความรู้สึกนึกคิด คำถามชนิดนี้มีคำตอบมากกว่าหนึ่งคำตอบ ซึ่งเป็นการส่งเสริมความกล้าให้นักเรียนตอบ

กิจกรรมที่ 6 การเปลี่ยนแปลง (Example of Change) หมายถึง การฝึกให้นักเรียนถึงการเปลี่ยนแปลง คัดแปลง การปรับปรุงสิ่งต่าง ๆ ให้คงสภาพในรูปแบบอื่น

กิจกรรมที่ 7 การเปลี่ยนแปลงนิสัยความเชื่อ (Example of Habit) หมายถึง การฝึกให้นักเรียนมีความคิดยืดหยุ่น ยอมรับการเปลี่ยนแปลง ความยึดมั่นต่าง ๆ เพื่อปรับตัวเข้ากับสภาพใหม่

กิจกรรมที่ 8 การสร้างสิ่งใหม่ ๆ จากโครงสร้างเดิม (An Organized Random Search) หมายถึง การฝึกนักเรียนรู้จักสร้างสิ่งใหม่ กฎเกณฑ์ใหม่ ความคิดใหม่ โดยอาศัยโครงสร้างเดิม

กิจกรรมที่ 9 ทักษะการค้นคว้าหาข้อมูล (Skill of Search) หมายถึง การฝึกให้รู้จักสำรวจหาข้อมูล

กิจกรรมที่ 10 การค้นหาคำตอบจากคำถามกำกวมไม่ชัดเจน (Tolerance for Ambiguity) เป็นการฝึกให้มีความอดทนและพยายามที่จะค้นคว้าหาคำตอบต่อปัญหาที่กำกวมหรือสองนัยยะ

กิจกรรมที่ 11 การแสดงออกจากการหยั่งรู้ (Intuitive Expression) เป็นการฝึกให้แสดงความรู้สึก ความคิด ความรู้สึกเกี่ยวกับอวัยวะสัมผัสทั้งห้า

กิจกรรมที่ 12 การปรับตัวเพื่อพัฒนา (Adjustment to Development) หมายถึง การฝึกให้นักเรียนศึกษาพัฒนาความพลาดพลั้งล้มเหลวจากการตั้งใจหรือไม่ตั้งใจก็ตาม แล้วหาประโยชน์จากการผิดพลาด ใช้ความผิดพลาดเป็นบทเรียน

กิจกรรมที่ 13 ลักษณะของบุคคลและกระบวนการคิดสร้างสรรค์ (Creative Person and Creation Process) หมายถึง การศึกษาประวัติของบุคคลที่สำคัญในแง่พฤติกรรม กระบวนการคิด และประสบการณ์ของเขา

กิจกรรมที่ 14 การประเมินสถานการณ์ (Evaluate Situation) หมายถึง การฝึกให้หาคำตอบโดยคำนึงถึงผลที่เกิดขึ้นและความหมายเกี่ยวเนื่องกัน ด้วยการตั้งคำถาม

กิจกรรมที่ 15 การพัฒนาการอ่านอย่างสร้างสรรค์ (Creative Reading Skill) หมายถึง การฝึกให้รู้จักคิด แสดงความคิดเห็น แสดงความรู้สึกในเรื่องที่อ่าน ที่จำได้หรือเข้าใจ

กิจกรรมที่ 16 การพัฒนาการฟังอย่างสร้างสรรค์ (Creative Listening Skill) หมายถึง การฝึกให้รู้สึกนึกคิดในขณะที่กำลังฟังหลังจากการฟังบทความ เรื่องราว เพื่อเชื่อมโยงไปหาเรื่องอื่นต่อไป

กิจกรรมที่ 17 การพัฒนาการเขียนอย่างสร้างสรรค์ (Creative Writing Skill) หมายถึง ฝึกแสดงความรู้สึกนึกคิดทางการเขียน จินตนาการด้านการเขียน พรรณนาออกมาให้เห็นภาพ

กิจกรรมที่ 18 ทักษะการใช้สายตามองในมิติต่าง ๆ (Visualization Skill) หมายถึง การฝึกให้แสดงความรู้สึกนึกคิดจากภาพในงามุมแปลกใหม่ ไม่ซ้ำของเดิม

มิติด้านที่ 3 ด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน (Pupil Behavior) หมายถึง กิจกรรมการสอนของครูที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของนักเรียน ทั้งด้านสติปัญญาและความรู้สึกหรือเจตคติ

นันทวรรณ แก้วโชติ (2547, 43) สรุปแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในรูปแบบกิจกรรม ดังนี้

1. ฝึกแก้ไขปัญหาในทางสร้างสรรค์ เป็นวิธีที่กระตุ้นให้เด็กฝึกคิดแบบเอกนัย โดยครูอาจป้อนปัญหาให้หรือเด็กคิดปัญหาเอง ตัวอย่างเทคนิคนี้ เช่น เทคนิคการระดมสมอง การใช้คำถาม

2. การระดมพลังสมอง เป็นวิธีการที่ได้มาจากแนวทางการแก้ไขปัญห โดยจุดหมายของการระดมสมองมี 2 ประการ ประการแรกเป็นจุดหมายระยะยาว เพื่อแก้ปัญหาที่สำคัญ ประการที่สองระยะสั้น เพื่อให้ได้ความคิดต่าง ๆ ที่อาจมีคุณค่าในการแก้ปัญหา

3. การใช้บทเรียนสำเร็จรูป หรือชุดการฝึกความคิดสร้างสรรค์ รวมทั้งแผนการสอน และคู่มือของครูในชุดการฝึก ซึ่งเน้นคุณลักษณะ 8 ประการ คือ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดไม่ซ้ำแบบ ความคิดแตกต่าง ความกล้าเสี่ยง ความซับซ้อน ความกระตือรือร้น และจินตนาการ

4. การให้กำลังใจและให้รางวัล เป็นการกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ให้เพิ่มพูนขึ้นวิธีหนึ่ง คือ การให้รางวัล การให้กำลังใจ

จากข้อความข้างต้นของการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์โดยใช้กิจกรรมต่าง ๆ สามารถสรุปได้ดังนี้ การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์โดยใช้กิจกรรม สามารถพัฒนาได้โดยพัฒนาจากการสอน โดยใช้เทคนิคต่าง ๆ การใช้บทเรียนหรือชุดกิจกรรม การฝึกแก้ปัญหา การคิดค้นประดิษฐ์สิ่งใหม่ และรวมถึงการให้กำลังใจด้วย

## ความสามารถในการคิดแก้ไขปัญห

### ความหมายของการคิดแก้ไขปัญห

กิตติพงษ์ จำปาทอง (2543, 10) ให้ความหมายว่า การคิดแก้ไขปัญห หมายถึง วิธีการที่ดีที่สุด เป็นวิธีการที่เกี่ยวกับการรวบรวมข้อเท็จจริง การตั้งสมมติฐานเพื่อหาข้อยุติปัญหาของแต่ละบุคคลอาจใช้วิธีไม่เหมือนกัน และวิธีการให้เหตุผลก็ต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับข้อเท็จจริงที่รวบรวมมาได้ หรือขึ้นอยู่กับประสบการณ์ที่ตนมีอยู่

สุกัญญา ศรีสาคร (2547, 68) ให้ความหมายว่า การคิดแก้ไขปัญห หมายถึง การดำเนินการเพื่อให้บรรลุตามจุดมุ่งหมายที่ต้องการโดยอาศัยความรู้ ประสบการณ์ และความคิด มาใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนอย่างมีคุณภาพและประสบผลสำเร็จ จำเป็นต้องมีการเลือกใช้วิธีการหรือกระบวนการในการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด

วัชรนา เล่าเรียนดี (2549, 8) ให้ความหมายว่า การคิดแก้ไขปัญห หมายถึง เป็นความสามารถในการเข้าใจปัญหามองเห็นสาเหตุของปัญหาและผลที่จะเกิดขึ้นจากปัญหานั้น รวมทั้งสามารถคิดหาวิธีการแก้ปัญหานั้น ๆ ได้อย่างมีเหตุผล

กัลยา ตาอูล (2550, 20) ให้ความหมายว่า การคิดแก้ไขปัญห หมายถึง ความสามารถในการคิดรวบรวมหรือเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหาเข้าด้วยกันเพื่อหาทางแก้ไขอุปสรรคที่เกิดขึ้นให้บรรลุจุดมุ่งหมายในการขจัดปัญหาให้หมดไป



ประเสริฐ ดันสกุล (2551, 9) ให้ความหมายว่า การคิดแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการวิเคราะห์ สถานการณ์ การประดิษฐ์คำตอบ การพิจารณาผลพวงและเฟ้นหาวิธีการที่เหมาะสม

มันตรา ธรรมบุศย์ (2551, 24) ให้ความหมายว่า การคิดแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการรู้จักขอความช่วยเหลือจากผู้อื่นในยามจำเป็น รู้จักพัฒนาและประเมินทางเลือกในการแก้ปัญหา สามารถหาทางแก้ปัญหาและวางแผนแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง

จากข้อความข้างต้นของความหมายการคิดแก้ปัญหา สามารถสรุปได้ดังนี้ การคิดแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ รวบรวม เชื่อมโยงสถานการณ์ หรือปัญหาต่าง ๆ เพื่อหาทางแก้ปัญหานั้น ๆ อย่างมีเหตุผล

#### การพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหา

เปลว ปุริสาร (2543, 27) กล่าวถึง การพัฒนาการคิดแก้ปัญหา โดยจัดประสบการณ์เพื่อส่งเสริมการคิดแก้ปัญหา มีจุดหมายที่สำคัญ 6 ประการ ดังนี้

1. เพื่อให้มีทัศนคติที่ดี
2. เพื่อให้มีพฤติกรรมที่เหมาะสม
3. เพื่อให้แสดงออกด้านการตัดสินใจแก้ปัญหา
4. เพื่อให้สามารถเข้าใจสิ่งต่าง ๆ รอบตัวและชื่นชมสิ่งเหล่านั้น
5. เพื่อให้อิสระในการคิดแก้ปัญหา
6. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจในความรู้ทักษะต่าง ๆ

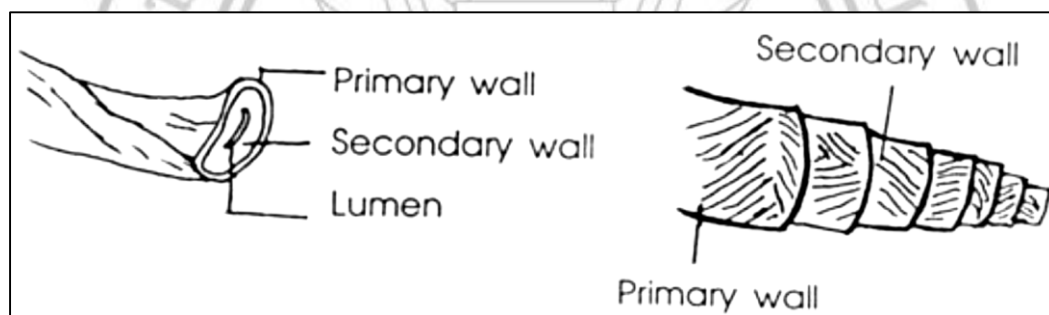
นุตอนงค์ ทัดบัวขำ (2540, 39 – 40) กล่าวถึง การพัฒนาการคิดแก้ปัญหา โดยใช้เทคนิควิธีการสอนของครูเพื่อพัฒนาการคิดแก้ปัญหาไว้ ดังนี้

1. เลือกปัญหาที่เหมาะสมกับความสนใจและความยากง่ายที่เหมาะสมกับเด็ก
2. จัดให้เด็กคิดแก้ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่มย่อย เพราะจะเกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน และเกิดการช่วยเหลือกันเพื่อทำให้งานประสบความสำเร็จ
3. บอกสิ่งที่ต้องการและให้ข้อมูลที่จำเป็นให้เด็กได้รับรู้โดยครูต้องชี้ให้เด็กเห็นว่าข้อสรุปที่ต้องการคืออะไร ข้อมูลที่มีอยู่คืออะไร
4. ครูต้องช่วยให้เด็กเข้าใจปัญหาและสิ่งที่ต้องการแท้จริง เพราะเด็กจะได้คิดแก้ปัญหาได้ โดยครูถามทบทวนความเข้าใจถึงปัญหา
5. ให้เด็กได้คิดแก้ปัญหาอยู่เสมอ โดยการจัดกิจกรรมการคิดแก้ปัญหา เพื่อจะได้คุ้นเคยกับวิธีการและกระบวนการจนเกิดทักษะ

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับฝ่าย

มณฑา จันทรเกตุเลียด (2541, 60 – 68) ให้ข้อมูลเกี่ยวกับฝ้ายว่า ฝ้ายเป็นเส้นใยเซลลูโลสที่มนุษย์รู้จักและใช้ประโยชน์มานานแล้ว พบทั่วทุกแห่งของโลก เส้นใยเซลลูโลสเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งเกิดจากกลูโคสยึดเกาะกันด้วยพันธะเคมีเป็นโมเลกุลใหญ่มีสูตรเป็น  $(C_6H_{10}O_5)_n$  โครงสร้างเคมีของเซลลูโลสมีความสำคัญต่อสมบัติของเส้นใย กล่าวคือ เซลโลไบโอสเกิดจากบีต้า กลูโคส 2 โมเลกุลยึดเกาะกันด้วยพันธะ  $-C-O-C-$  ในโมเลกุลเซลลูโลสจะมีหมู่ไฮดรอกซิล ( $-OH$ ) อยู่มากมาย จะทำหน้าที่ดึงดูดน้ำหรือเกิดปฏิกิริยาจับกับหมู่ธาตุอื่น ๆ การเรียงตัวของโมเลกุลเซลลูโลสมีความเป็นระเบียบค่อนข้างมาก และระหว่างสายโมเลกุลจะมีการยึดจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจน เป็นระยะ ๆ ซึ่งมีผลทำให้เส้นใยเซลลูโลสมีความเหนียวแข็งแรงค่อนข้างสูง

ปณิธาน สุระยศ (2552 , 14) ให้ข้อมูลเกี่ยวกับฝ้ายว่า เส้นใยฝ้ายเป็นเส้นใยสั้น เส้นใยฝ้ายมีความละเอียดมาก สีของใยฝ้ายมีตั้งแต่ขาวไปจนถึงเหลืองเทา เมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ จะเห็นว่าเส้นใยไม่เป็นเส้นตรงแต่จะบิดตัวเป็นเกลียวเป็นระยะ ๆ รูปร่างด้านภาคตัดขวางมีลักษณะคล้ายรูปไต หรือเมล็ดถั่วตรงกลางมีช่อง เรียกว่า ลูเมน (Lumen) รอบ ๆ ลูเมนเป็นผนังเซลล์ซึ่งเกิดจากไฟบริลเซลลูโลส (Cellulose Fibril) เรียงซ้อน ๆ เป็นแถบเวียนไปเป็นเกลียวโดยรอบเส้นใย การจัดตัวของไฟบริลจะไม่เวียนไปในทิศทางเดียวกันเสมอ อาจวกกลับทิศทางกันที่ใดที่หนึ่ง ตรงบริเวณนั้นจะเกิดเป็นช่องเล็ก ๆ ในผนังเซลล์ เมื่อเส้นใยแก่ตัวลงบริเวณลูเมนและช่องเล็ก ๆ ในผนังเซลล์จะยุบตัวลงทำให้ใยฝ้ายบิดตัวเป็นเกลียว ซึ่งเป็นผลดีต่อการนำไปปั่นเป็นเส้นด้าย คือปั่นได้ง่าย เพราะเกลียวของเส้นใยทำให้เกิดการยึดเกาะกันได้ดี ยิ่งเส้นใยยาวเท่าใดจะทำให้ง่ายต่อการปั่นด้าย แลเมทำให้เส้นด้ายเรียกว่าและมีความเหนียวมากกว่า ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5      ผนังเส้นใยฝ้าย  
ที่มา :      ปณิธาน สุระยศ, 2552

พอลิเมอร์ของเส้นใยฝ้ายเป็นพอลิเมอร์เชิงเส้น หน่วยที่เล็กที่สุดของพอลิเมอร์ของเส้นใยฝ้าย คือ เซลโลไบโอส (Cellobiose) จะประกอบด้วยหน่วยของกลูโคส 2 หน่วย เส้นใยฝ้ายประกอบด้วยกลูโคส ประมาณ 5,000 หน่วย นับว่าเป็นเส้นใยที่มีพอลิเมอร์ที่มีความยาวมากและมีความยาวประมาณ 5,000 นาโนเมตร และมีความหนาประมาณ 0.8 นาโนเมตร หมู่ฟังก์ชันที่สำคัญของเส้นใย คือ หมู่ไฮดรอกซิล ( $-OH$ ) ซึ่งจะมีหมู่ไฮดรอกซีเมทิล ( $-CH_2OH$ ) เนื่องจากหมู่เหล่านี้เป็นหมู่ฟังก์ชันที่มีขั้ว จึงทำให้มีพันธะสำคัญ คือ พันธะไฮโดรเจนบริเวณหมู่ไฮดรอกซิลของพอลิเมอร์ที่อยู่ใกล้ ๆ จะมีแรงแวนเดอร์วาลส์ ซึ่งแรงนี้จะมีขนาดน้อยมากเมื่อเทียบกับพันธะไฮโดรเจน

### ลักษณะการจัดเรียงตัวภายในเส้นใย

บริเวณที่เป็นส่วนที่ไม่เป็นระเบียบ (Amorphous Region) เป็นบริเวณที่สามารถรับน้ำและความชื้น ดังนั้น จะเป็นบริเวณที่ยอมให้สีย้อมเข้าไปได้แต่จะเป็นส่วนที่ไม่แข็งแรง

บริเวณที่เป็นส่วนที่เป็นระเบียบ (Crystalline Region) เป็นบริเวณที่ไม่สามารถรับน้ำ และความชื้น เป็นส่วนที่แข็งแรงของเส้นใยเนื่องจากโซ่โมเลกุลเรียงตัวเป็นระเบียบ

การจัดเรียงตัวของส่วนที่เป็นระเบียบตามแนวแกนเส้นใย (Orientation) ทำให้เพิ่มความแข็งแรงในด้านการทนแรงดึงตามแนวแกนเส้นใยได้

### สมบัติทางกายภาพ

1. ความเหนียว (Tenacity) ความแข็งแรงของฝ้าย เกิดขึ้น ได้จากการเรียงตัวที่ดีของพอลิเมอร์ที่ยาว มีค่าความเป็นผลึกประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ มีการสร้างตัวของพันธะไฮโดรเจนระหว่างพอลิเมอร์ที่ติดกัน เส้นใยฝ้ายเป็นเส้นใยที่แข็งแรงกว่าเดิมเมื่อเปียกน้ำ เนื่องจากการจัดเรียงตัวใหม่อย่างชั่วคราวในส่วนที่ไม่เป็นระเบียบ การจัดเรียงตัวที่ดีขึ้น เมื่อเปียกน้ำยังเป็นผลทำให้เพิ่มปริมาณของพันธะไฮโดรเจนขึ้น ทำให้ค่าความเหนียวเพิ่มขึ้นประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์

2. ธรรมชาติของการยืดหยุ่นตัว เส้นใยฝ้ายจะ ไม่มีความยืดหยุ่นตัว เพราะว่าเป็นเส้นใยที่มีส่วนที่เป็นผลึก ดังนั้น ฝ้ายที่ทำจากเส้นใยฝ้ายจะมีการหดตัวและเกิดรอยยับง่าย เนื่องจากการมีส่วนที่เป็นระเบียบมาก ทำให้ไม่สามารถจะพับหรือทบ เพราะจะทำให้พอลิเมอร์ขาดออกจากกัน ทำให้ฝ้ายฉีกขาดง่าย ซึ่งเป็นจุดอ่อนของพอลิเมอร์นี้

3. ธรรมชาติของการดูดซึมความชื้น ฝ้ายเป็นเส้นใยที่ดูดซึมความชื้นได้ดี เนื่องจากมีหมู่ไฮดรอกซิล ( $-OH$ ) มากมายในพอลิเมอร์ อย่างไรก็ตามการที่น้ำสามารถแทรกซึม จะเป็นบริเวณที่ไม่เป็นระเบียบเท่านั้น เพราะว่าช่องว่างภายในของบริเวณที่เป็นผลึกมีขนาดเล็กกว่าโมเลกุลของน้ำ การพองตัวในน้ำก็เช่นเดียวกัน จะเกิดในบริเวณที่ไม่เป็นระเบียบ เนื่องจากการดูดซึมน้ำได้ดี ทำให้ผู้สวมใส่มีความสบายตัวและยังทำให้ลดปริมาณไฟฟ้าสถิต เนื่องจากน้ำเป็นโมเลกุลมีขั้วสามารถกระจายประจุไฟฟ้าสถิตได้

4. สมบัติความคงทนต่อความร้อน ฝ้ายมีความสามารถที่จะถ่ายเทความร้อนได้ดี ลดปริมาณความร้อนที่สามารถจะทำลายเส้นใยที่สะสมอยู่ภายในได้ ดังนั้น ฝ้ายจึงทนต่ออุณหภูมิสูง ๆ ได้ระดับหนึ่ง สำหรับความร้อนที่มากเกินไป จะทำให้เส้นใยฝ้ายกลายเป็นถ่านและไหม้ไฟ (โดยไม่มีการหลอมตัว) เนื่องจากเส้นใยไม่ได้เป็นเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic)

### สมบัติทางเคมี

1. เส้นใยเมื่ออยู่สภาวะของกรด เส้นใยฝ้ายจะอ่อนแอ และถูกทำลายโดยกรด สภาวะที่เป็นกรดจะละลายพอลิเมอร์ของฝ้ายบริเวณอะตอมของ Glucoside Oxygen ( $-O-$ ) ที่เชื่อมระหว่างกลูโคส 2 หน่วยที่จะสร้างเป็น Cellobiose กรดแร่หรือกรดอินทรีย์ ซึ่งมีความเป็นกรดแก่กว่ากรดอินทรีย์จะละลายพอลิเมอร์อย่างรวดเร็ว

2. เส้นใยเมื่ออยู่สภาวะของด่าง ฝ้ายมีความทนทานต่อด่างมาก ความทนทานของฝ้ายเนื่องมาจากว่าไม่มีบริเวณที่จะทำปฏิกิริยากับด่าง การเมอร์เซอร์ไรซ์ที่ไม่มีแรงดึง (Slack Mercerizing) จะทำให้เส้นใยพองตัว เนื่องจากการขยายตัวตามขวางและหดตัวตามยาวการเมอร์เซอร์ไรซ์ โดยมีแรงดึง (Mercerizing Under Tension) จะมีการหดตัว หรือพองตัวน้อยมาก การทำเมอร์เซอร์ไรซ์ (Mercerization) เป็นการทำให้ฝ้ายเพิ่มความเงา ความเหนียว การดูดซึมและย้อมสีติดได้ง่าย ทำโดยผ่านลงไปนสารละลายโซดาไฟเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิห้องนาน 2 นาที แล้วส่งเข้าเครื่องดึงให้ฝ้ายตึง ขณะที่เส้นใยโดนด่างจะพองไม่บิดตัว เมื่อดูภาคตัดขวางเส้นใยจะมีลักษณะกลม และแรงดึงจะทำให้โมเลกุลเซลลูโลสเรียงตัวเป็นระเบียบมากขึ้น เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของพันธะไฮโดรเจน ส่วนความมันเงาเกิดมาจากการจัดเรียงตัวบนผิวหน้าของเส้นใยที่ดีขึ้นทำให้ผิวของเส้นใยเรียบและคงที่

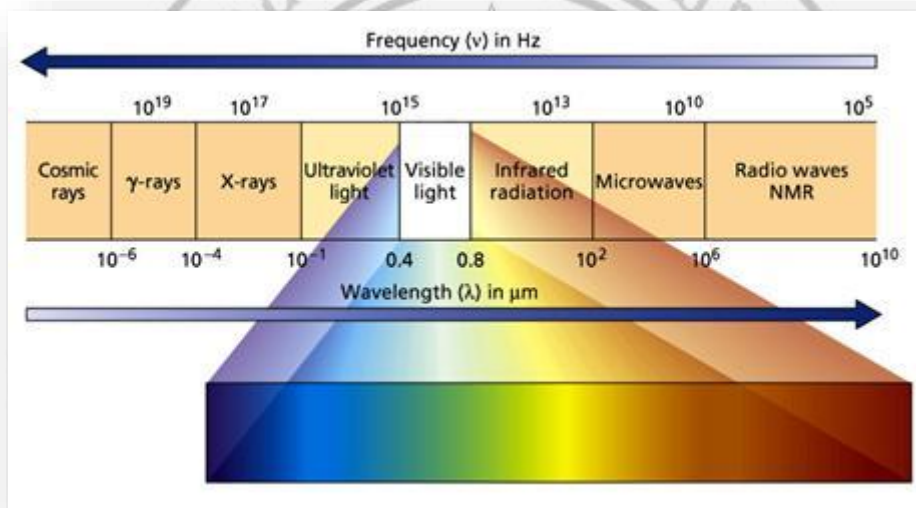
3. เส้นใยเมื่ออยู่ในสภาวะของสารฟอกขาว สารฟอกขาวสำหรับฝ้าย มีโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (Sodium Hypochlorite) และ โซเดียมเปอร์บอเรต (Sodium Perborate) โซเดียมไฮโปคลอไรต์ สามารถฟอกขาวเส้นใยฝ้ายได้ ณ อุณหภูมิห้อง อย่างไรก็ตาม โซเดียมเปอร์บอเรตจะมีประสิทธิภาพสูงกว่า เมื่อซักในสารละลายที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นจากอุณหภูมิห้อง 50 องศาเซลเซียส ในการฟอกขาวจะต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดปฏิกิริยารุนแรงจนทำให้ฝ้ายถูกทำลาย

4. อิทธิพลของแสงแดด และมลภาวะทางอากาศต่อเส้นใย รังสีอัลตราไวโอเลตในแสงแดดจะมีพลังงานที่เรียกว่า พลังงานทางแสงเคมี (Photochemical Energy) ในขณะที่รังสีอินฟราเรดจะมีพลังงานความร้อน ซึ่งสามารถจะทำลายเส้นใยฝ้ายเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีออกซิเจน ความชื้นในอากาศ ความชื้นจะมีผลในการแตกตัวของพอลิเมอร์ในบริเวณผิวหน้าของเส้นใยฝ้าย โดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ขึ้นต่อไปจะเกิดการตัดพอลิเมอร์ออกเป็นส่วนย่อย ๆ และสุดท้ายพอลิเมอร์จะถูกทำลายอย่างสิ้นเชิง ปกติมลภาวะทางอากาศโดยทั่วไปจะมีสภาพเป็นกรด ซึ่งจะเร่งปฏิกิริยาการแตกตัวของพอลิเมอร์

## ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสีธรรมชาติ

### การเกิดสีของสาร

แสงถือว่าเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 380 – 780 นาโนเมตร และแสงขาวเมื่อเดินทางผ่านปริซึมจะกระจายออกเป็นแสงสีต่าง ๆ คือ ม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด และแดง ความแตกต่างระหว่างสีของแสงแต่ละชนิด สามารถพิจารณาจากการกระจายของพลังงานในแต่ละความยาวคลื่น ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 สเปกตรัมของคลื่นแสงขาว

ที่มา : สราวุธ สุธีวงศ์, 2015

แสงขาวที่เห็นในธรรมชาติ เมื่อตกกระทบลงบนวัตถุใด ๆ จะเกิดปรากฏการณ์ได้หลายอย่างกล่าวคือ สามารถสะท้อน ดูดกลืนและส่องผ่าน ถ้าหากวัตถุสามารถสะท้อนแสงได้หมด ทุกความยาวคลื่นในปริมาณที่เท่า ๆ กัน เราจะเห็นวัตถุนั้นเป็นสีขาว ถ้าหากวัตถุดูดกลืนแสงไว้หมดเราจะเห็นวัตถุนั้นเป็นสีดำ เพราะไม่มีแสงจากวัตถุนั้นเข้าตาเลย วัตถุที่ดูดกลืนแสงสีได้ไม่เท่ากันในแต่ละช่วงความยาวคลื่น เมื่อมีแสงขาวมาตกกระทบวัตถุนั้นจะปรากฏให้เห็นสี ดังตารางที่

ตารางที่ 2.1 สีต่าง ๆ ตามความยาวคลื่นของแสง สีของแสง และสีที่มองเห็น

| ความยาวคลื่น (nm) | สีของแสงที่ถูกดูดกลืน | สีที่มองเห็น    |
|-------------------|-----------------------|-----------------|
| 380 – 420         | ม่วง                  | เขียวแกมเหลือง  |
| 420 – 440         | น้ำเงินแกมม่วง        | เหลือง          |
| 440 – 470         | น้ำเงิน               | ส้ม             |
| 470 – 500         | น้ำเงินแกมเขียว       | แดง             |
| 500 – 520         | เขียว                 | ม่วงแดง         |
| 520 – 550         | เขียวแกมเหลือง        | ม่วง            |
| 550 – 580         | เหลือง                | ม่วงแกมน้ำเงิน  |
| 580 – 620         | ส้ม                   | น้ำเงิน         |
| 620 – 680         | แดง                   | น้ำเงินแกมเขียว |
| 680 – 780         | แดง                   | เขียว           |

ที่มา : กุลธวัช ศรีจรรยา และกุลัญญา พรหมเมืองยอง, 2542; พรเพ็ญ โชชัย และคณะ,

2554

#### สีจากธรรมชาติ

สีธรรมชาติ คือ สีที่สกัดได้จากวัตถุดิบที่มาจาก พืช สัตว์ และแร่ธาตุต่าง ๆ ซึ่งเกิดขึ้นจากกระบวนการตามธรรมชาติ แหล่งวัตถุดิบของสีธรรมชาติสามารถหาได้จากต้นไม้ ใบไม้ และจากบางส่วนของสัตว์หลายชนิด ซึ่งสามารถให้สีสันทตามที่เราต้องการ และด้วยกรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกันทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความสวยงามและสีสันทที่หลากหลาย เพื่อนำมาทอหรือย้อมผ้าให้เกิดขึ้นมาทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดและเป็นการถ่ายทอดภูมิปัญญาในท้องถิ่น ดังตารางที่ 2.2



ตารางที่ 2.2 แหล่งวัตถุดิบที่เป็นพืชและสัตว์ที่นิยมนำมาใช้ทำสีธรรมชาติในการย้อมสีผ้า

| แหล่งวัตถุดิบของสีธรรมชาติ | ส่วนที่ให้สี       | สีที่ได้                             |
|----------------------------|--------------------|--------------------------------------|
| มะเกลือ                    | ผล                 | สีดำ, เทา                            |
| เพกา                       | เปลือก             | เขียวอ่อน, เขียวจืด                  |
| ฝาง                        | แก่น, ราก, ฝัก     | บานเย็น, ชมพู, แดงเลือดหมู, สีเหลือง |
| ประคู้                     | เปลือก, แก่น       | ม่วง, แดงน้ำตาล                      |
| เขหรือแกแล                 | แก่นไม้ (เนื้อไม้) | เหลือง                               |
| หว่า                       | ผล                 | ม่วงอ่อน                             |
| คราม                       | ใบ                 | น้ำเงิน                              |
| ดอกคำฝอย                   | ดอก                | แดง                                  |
| ห้อม                       | ใบ                 | น้ำเงิน                              |
| มังคุด                     | เปลือกของผล, ใบ    | ชมพู, ส้ม                            |
| กำเอาะ                     | เมล็ด              | แดงส้ม, แดงน้ำตาล, ส้ม               |

ที่มา : ไพศาล คงนุชฉาย, 2538

### ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการย้อมสีธรรมชาติด้วยสารช่วยติด

#### สารช่วยติด

พืชแต่ละชนิดที่นำมาย้อมใช้เส้นฝ้ายด้วยสีจากธรรมชาติมีการติดสีและคงทนต่อการซักดูหรือแสงไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบภายในของพืชและเส้นใยที่นำมาใช้ย้อม จึงมีการใช้สารประกอบต่าง ๆ มาเป็นตัวช่วยในการทำให้เส้นใยดูดซับสีให้สีเกาะเส้นใยได้แน่นขึ้น มีความทนทานต่อแสง และการซักดูเพิ่มขึ้น ซึ่งเรียกว่า สารช่วยย้อม และสารช่วยให้สีติด สารเหล่านี้ นอกจากจะเป็นตัวจับย้อมสี และเพิ่มการติดสีในเส้นใยแล้วยังช่วยเปลี่ยนเฉดสีให้เข้มจาง หรือสดใสสว่างขึ้น

สีธรรมชาติสามารถละลายและติดเส้นใยได้เอง จึงเป็นเหตุให้การย้อมสีเป็นไปได้ง่าย แต่เมื่อนำมาซักล้าง สีย้อมก็สามารถละลายน้ำออกมาได้ง่าย เช่นเดียวกับการชีดางได้ง่าย ดังนั้น จึงได้มีการนำสารช่วยติดมาใช้ในกระบวนการย้อมผ้าด้วยสีจากธรรมชาติ เพื่อเพิ่มความคงทนของสีย้อมให้มีมากยิ่งขึ้น เพราะสารช่วยติดจะทำหน้าที่ยึดโมเลกุลของสีให้ยึดติดกับโมเลกุลของเส้นใย

ให้ดีขึ้นหรือซึมผ่านเข้าไปภายในเส้นใย แล้วจับตัวกับโมเลกุลของสีย้อม ทำให้สีย้อมมีขนาดโมเลกุลที่ใหญ่ขึ้น และเปลี่ยนแปลงสีย้อมจากสารที่สามารถละลายน้ำได้เป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ จึงไม่สามารถละลายออกขณะซักล้าง สารช่วยติดส่วนใหญ่เป็นสารที่พบโดยทั่วไป ราคาไม่แพง เก็บไว้ได้นาน และไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่

1. สารช่วยย้อมเคมี (มอร์แดนต์) หมายถึง วัตถุประสงค์ที่ใช้ผสมสี เพื่อให้สีติดแน่นกับผ้าที่ย้อม ส่วนใหญ่เป็นเกลือของโลหะพวกอลูมิเนียม เหล็ก ทองแดง ดีบุก โครเมียม สำหรับมอร์แดนต์ที่แนะนำให้ใช้สำหรับการย้อมระดับอุตสาหกรรมในครัวเรือนเป็นสารเคมีเกรดการค้า ซึ่งมีราคาถูก คุณภาพเหมาะสมกับงาน มีวิธีการใช้งานที่สะดวกโดยการชั่ง ตวง วัดพื้นฐาน แล้วนำไปละลายน้ำตามอัตราส่วนที่ต้องการและหาซื้อได้ง่ายจากร้านค้าสารเคมีทางวิทยาศาสตร์ หรือทางการแพทย์ทั่วไป สารมอร์แดนต์ที่ใช้กันทั่วไป คือ

1.1 สารส้ม (มอร์แดนต์อลูมิเนียม) จะช่วยจับยึดสีกับเส้นด้ายและ ช่วยให้สีสดใสสว่างขึ้น มักใช้กับการย้อมสี น้ำตาล – เหลือง – เขียว

1.2 จุนสี (มอร์แดนต์ทองแดง) ช่วยให้สีติดและเข้มขึ้น ใช้กับการย้อม สีเขียว – น้ำตาล ข้อแนะนำสำหรับการใช้มอร์แดนต์ทองแดง คือ ไม่ควรใช้ในปริมาณที่มากเกินไปเพราะจะทำให้เกิดการตกค้างของทองแดงในน้ำทิ้งหลังการย้อมได้

1.3 เฟอร์รัสซัลเฟต (มอร์แดนต์เหล็ก) เหล็กจะช่วยให้สีติดเส้นด้ายและช่วยเปลี่ยนเฉดสีธรรมชาติเดิมจากพืชเป็นสีโทน เทา – ดำ ซึ่งมอร์แดนต์เหล็กมีข้อดี คือ สามารถควบคุมปริมาณการใช้ได้ แต่มีข้อควรระวัง คือ ไม่ควรใช้ในปริมาณที่มากเกินไป เพราะเหล็กจะทำให้เส้นด้ายเปื่อย

2. สารช่วยย้อมธรรมชาติ (มอร์แดนต์ธรรมชาติ) หมายถึง สารประกอบน้ำหมักธรรมชาติ ที่ช่วยในการย้อมสีและบางครั้งทำให้เฉดสีเปลี่ยน เช่น น้ำปูนใส น้ำค้าง น้ำโคลน และน้ำบาดาล

การย้อมด้วยสีธรรมชาติ แบ่งวิธีการย้อมมอร์แดนต์ออกเป็น 3 แบบ ดังนี้

1. การย้อมมอร์แดนต์ก่อนการย้อมสี (Pre – Mordanting) วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้กันทั่วไปโดยนำสิ่งที่จะย้อมที่ผ่านการทำความสะอาดแล้ว ไปใส่ในภาชนะที่บรรจุสารละลายมอร์แดนต์ ส่วนมากจะทำให้ร้อนหรือเดือดนานระหว่าง 15 นาที ถึง 1 ชั่วโมง ก่อนปล่อยแช่ทิ้งไว้ในสารละลายต่ออีก 15 นาที ถึง 1 ชั่วโมง จากนั้นจะนำสิ่งที่จะย้อมออกล้างทำความสะอาดก่อนทำให้แห้งหรือนำไปย้อมสีต่อ

2. การย้อมมอร์แดนต์พร้อมการย้อมสี (Simultaneous Mordanting) การย้อมสีวิธีการนี้ สารละลายของมอร์แดนต์จะเติมลงไปโดยตรงในการย้อม การย้อมใช้อุณหภูมิเดียวกันกับการย้อมสี หลังจากการย้อมแล้วสิ่งที่จะย้อมอาจถูกปล่อยแช่ไว้ในน้ำย้อมจนเย็นตัวลงหรืออาจถูกนำออกจาก

น้ำย้อมทันที ส่วนมากจะล้างด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้อง หรือล้างในน้ำสบู่อ่อน ๆ จนกว่าสีไม่ตกอีกต่อไป จากนั้นจึงนำไปทำให้แห้ง การย้อมแบบนี้มีข้อด้อยที่น้ำย้อมที่ใช้แล้วอาจไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งนอกจากจะทำให้เกิดการสูญเสียสิ่งที่มีคุณค่าในน้ำย้อมแล้วยังก่อให้เกิดปัญหาในการบำบัดน้ำเสียด้วย

3. การย้อมมอร์แดงหลังการย้อมสี (Post – Mordanting) มอร์แดงที่บางอย่างสามารถย้อมหลังการย้อมสีได้ เช่น เกลือของดีบุก เกลือของเหล็ก แทนนินหรือกรดแทนนิก การย้อมมอร์แดงแบบนี้ อาจใช้วิธีย้อมแยกอิสระหรือในบางกรณีมอร์แดงจะถูกเติมลงไปในน้ำย้อมในช่วง 5 ถึง 10 นาทีสุดท้าย ก่อนนำวัสดุที่แช่ในน้ำย้อมออก บางกรณีผู้ย้อมจะแช่วัสดุในสารละลายเกลือดีบุกหรือเกลือของเหล็กหลังการย้อมสี เพื่อช่วยในการเปลี่ยนแปลงเจดสี มอร์แดงนอกจากจะทำให้สีติดแล้วยังพบว่ามีส่วนสำคัญต่อสมบัติความคงทนของสีที่ย้อมได้ต่อแสงด้วย มอร์แดงที่บางอย่างมีผลต่อสภาพเส้นใยหลังย้อมเช่น อลูมิเนียม ทำให้เส้นใยมีความยืดหยุ่นและทนต่อแรงดึงลดลง

การดูดซับและปฏิกิริยาทางเคมีในการย้อม

กลไกของการติดสีบนเส้นใยกับโมเลกุลของสีย้อมมีหลายพันธะที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างทางเคมีของสีย้อมและเส้นใยแต่ละชนิดอาจติดโดยการเกาะติด โดยมีการจำแนกแรงที่เกิดขึ้นเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. แรงภายในโมเลกุลของโครงสร้างของสีย้อมกับเส้นด้ายเส้นใย คือ พันธะโควาเลนต์ (Covalent Bond) โครงสร้างของสีย้อมที่ถูกทำให้ติดกับเส้นใยโดยพันธะโควาเลนต์จะแข็งแรง และแตกออกยาก พันธะโควาเลนต์ระหว่างสีย้อมและเส้นใยเป็นปฏิกิริยาทางเคมี ปฏิกิริยาเหล่านี้เป็น Nucleophilic Addition การย้อมพวกเซลลูโลสทั่วไปจะมีสัมพรรคภาพต่ำ เช่น สีย้อมที่มีมวลโมเลกุลต่ำและเป็นพวกไม่มีขั้ว (Non – Polarization) สำหรับสีย้อมที่ใช้กับขนสัตว์ ระบบโครโมเจน (Chromogen) จะครอบครองบาง Affinity ต่อเส้นใยเพื่อให้เกิดไฟฟ้าสถิตสำหรับสีย้อมและเส้นใยและแรงอื่น ๆ ก็สามารถเกิดขึ้นได้

2. แรงที่เกิดขึ้นระหว่างโมเลกุลของโครงสร้างของสีย้อมกับเส้นด้ายเส้นใยมีทั้งหมด 3 ชนิดย่อย ได้แก่ พันธะไฮโดรเจน (Hydrogen Bond) แรงดึงดูดระหว่างขั้ว (Dipole – Dipole Interaction) และแรงลอนดอน (London Force)

### 2.1 พันธะไฮโดรเจน (Hydrogen Bond)

พันธะไฮโดรเจนเป็นแรงดึงดูดที่เกิดจากอะตอมของไฮโดรเจนในหมู่ไฮดรอกซิล (–OH) มายึดติดกับอะตอมที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูง เช่น อะตอมออกซิเจนและไนโตรเจน ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดของพันธะไฮโดรเจน คือ การยึดตัวของไฮโดรเจนกับออกซิเจนในโมเลกุล

ของน้ำ ซึ่งทำให้น้ำมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูงกว่าที่คาดไว้ เส้นใยฝ้ายและสียางชนิดมีหมู่ไฮดรอกซิลอยู่เป็นจำนวนมาก จึงทำให้เส้นด้ายฝ้ายจะยึดเกาะกับโครงสร้างของสีย้อมได้แข็งแรง และทำให้การติดสีได้มาก

## 2.2 แรงดึงดูดระหว่างขั้ว (Dipole – Dipole Interaction)

เป็นแรงดึงดูดทางกายภาพที่เกิดขึ้นระหว่างสีย้อมกับเส้นใย โดยความแตกต่างของประจุทางไฟฟ้าของโครงสร้างของสีย้อมและเส้นใย เมื่อเส้นด้ายฝ้ายอยู่ในน้ำจะมีประจุเป็นลบ และสีย้อมส่วนมาก เมื่อละลายน้ำจะมีประจุเป็นลบ การดูดซับจึงไม่เกิดขึ้น จำเป็นต้องลดหรือเปลี่ยนประจุบนเส้นใยก่อนที่สีย้อมจะเข้ามาใกล้พอที่แรงดึงดูดจะทำหน้าที่ได้ การเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ลงในน้ำย้อม จะช่วยลดประจุที่ผิวหน้าของเส้นใยฝ้าย

## 2.3 เป็นแรงดึงดูดทางกายภาพที่เกิดขึ้นระหว่างสีย้อมกับเส้นใยที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติเป็นแรงดึงดูดอ่อน ๆ ที่ทำให้โมเลกุลของสีและเส้นใยเข้ามายุ่งติดกันได้เอง เมื่อโมเลกุลของสีและเส้นใยเข้ามาอยู่ในระยะที่ใกล้กันมาก กำลังของแรงดึงดูดประเภทนี้จะขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่สัมผัส และขนาดของโมเลกุล ดังนั้น ถ้าโมเลกุลมีขนาดใหญ่ กำลังของแรงดึงดูดประเภทนี้จะมากด้วย

ในกระบวนการย้อมสีสิ่งที่มีผลทำให้กระบวนการเปลี่ยนแปลงได้ คือ สภาพของระบบ เช่น อุณหภูมิ เวลา สารเคมีที่ใช้ ความเป็นกรด – ด่าง ดังนั้น ในกระบวนการจึงต้องมีการควบคุมสิ่งเหล่านี้อย่างเข้มงวด

## ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแก่นฝาง (เต็ม สมิตินันท์, 2544)

ชื่อวิทยาศาสตร์

*Caesalpinia Sappan* Linn.

ชื่อวงศ์

Caesalpiniaceae

ชื่ออื่น

ฝางเสน ฝางแดง ฝางส้ม Sappan Tree, Sappan Wood

## ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์

ฝางเป็น ไม้ยืนต้นขนาดกลาง สูง 6 – 9 เมตร ลำต้นมีหนาม ใบประกอบแบบขนนกสองชั้น ช่อใบย่อย 8 – 12 คู่ มีหนามที่บริเวณโคน ใบย่อย 10 – 18 คู่ รูปขอบใบขนาน โคนใบเบี้ยวปลายมน ก้านใบสั้นมาก ดอกช่อแยกแขนงออกที่ซอกใบและปลายกิ่ง ดอกย่อยสีเหลือง ใบประดับรูปใบหอก ผลเป็นฝักรูปขอบขนานเบี้ยวแบน ผิวมัน ไม่แตก เปลือกแข็ง เมล็ดสีน้ำตาลมี 3 – 4 เมล็ด (นันทวัน บุญยะประกฤษ, 2542) ดังภาพที่ 2.7

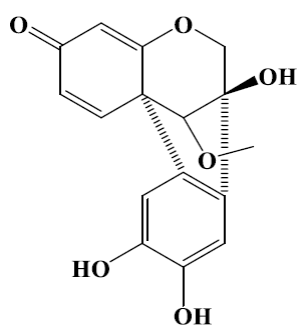


ภาพที่ 2.7 แก่นไม้ฝาง

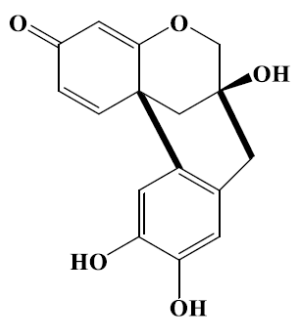
#### องค์ประกอบทางเคมีของแก่นไม้ฝาง

ชาวและคณะ (Zhao et al., 2014) ศึกษาส่วนประกอบทางเคมีของแก่นฝางในสารสกัดส่วนเอทานอล พบสาร 11 ชนิด คือ Epicaesalpin J (1), 7, 10, 11 – Trihydroxydracaenone (2), Caesalpin J (3), 1 – Hydroxy – 7 – Methylxanthone (4), 1, 5 – Dihydroxyxanthone (5), 1,7 – Dihydroxyxanthone (6), Epihematoxin (7) Haematoxin (8) 7, 10 – Dihydroxy – 11 – Methoxydracaenone (9), Butein (10) and Sappanone A (11)

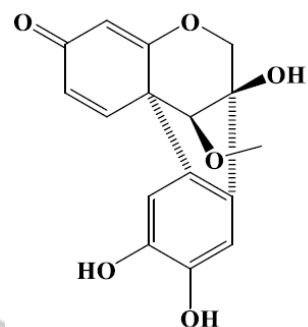
นิวมลและคณะ (Nirmal et al., 2015) ศึกษาส่วนประกอบทางเคมีของแก่นฝางในสารสกัดส่วนเอทานอล เมทานอล และน้ำ พบสาร 17 ชนิด คือ Brazilin (12), Brazilein (13), Brazilide A (14), 2, 4, 5 – Trihydroxybenzaldehyde (15), Euaxanthone (6), 3, 8, 9 – Trihydroxy – 6H – benzo [c] chromen – 6 one (16), Sappanone (17), 3 – Deoxysappannone B (18), (E) – 3 – (3, 4 – Dihydrodrybenzylidene) – 7 – Hydroxychroman – 4 – one (8), Sappanchalcone (19), 3 – Deoxysappanchalcone (20), Butein (7), Protosappannin A (21), Protosappannin B (22), Protosappannin C (23), Protosappannin D (24), Protosappannin E (25),



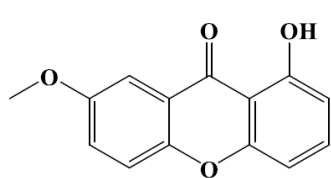
(1)



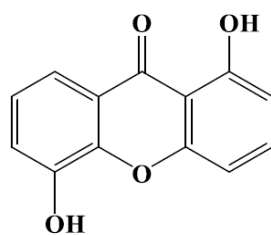
(2)



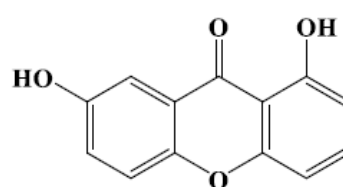
(3)



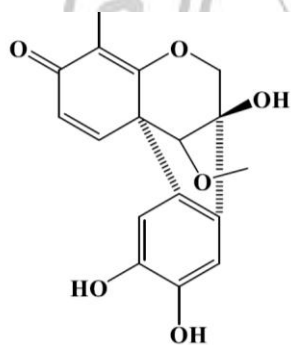
(4)



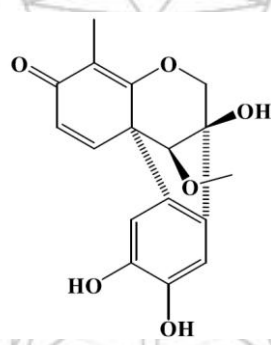
(5)



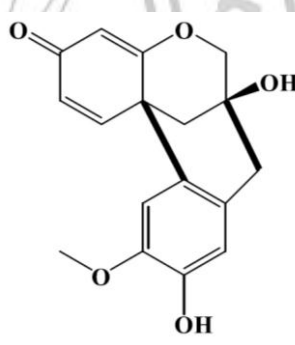
(6)



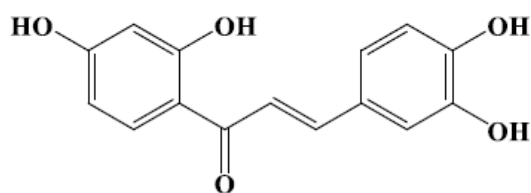
(7)



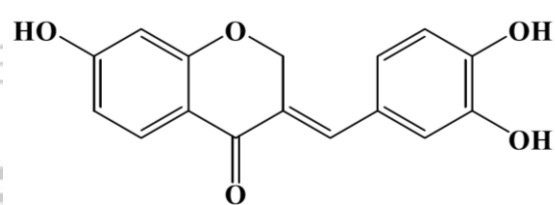
(8)



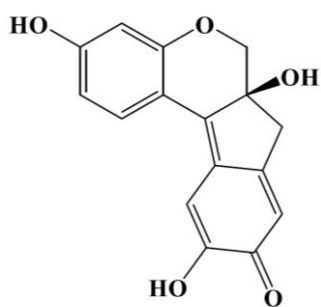
(9)



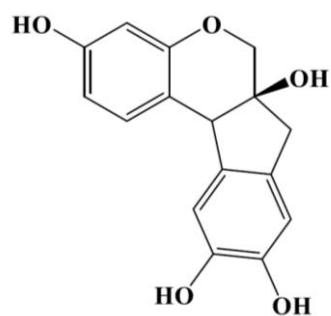
(10)



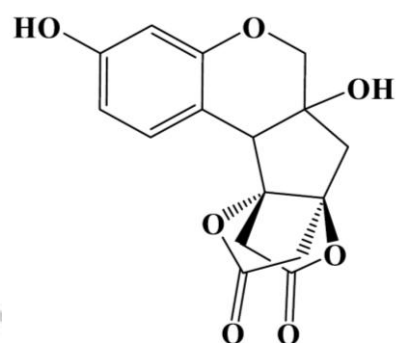
(11)



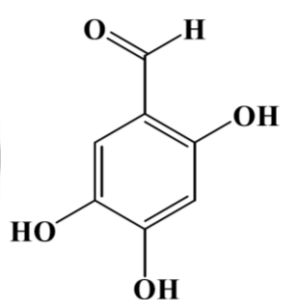
(12)



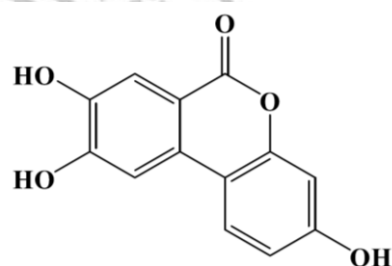
(13)



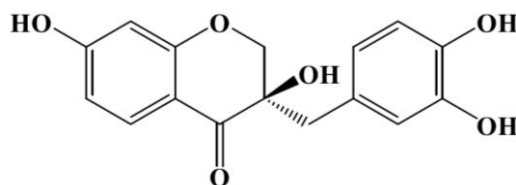
(14)



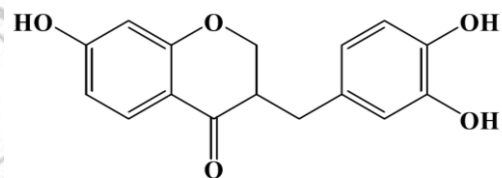
(15)



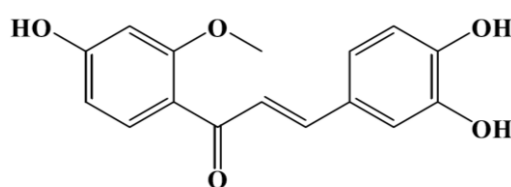
(16)



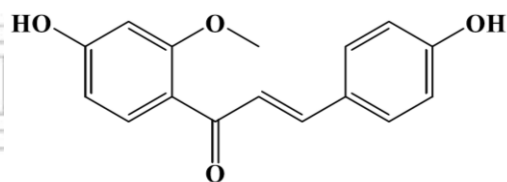
(17)



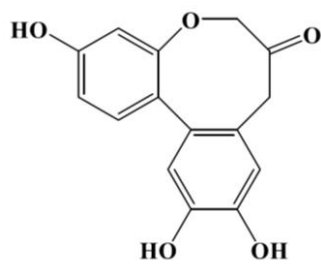
(18)



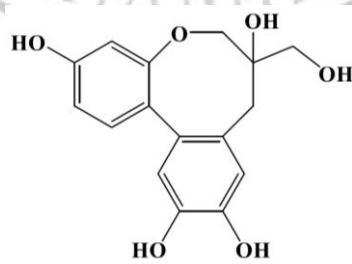
(19)



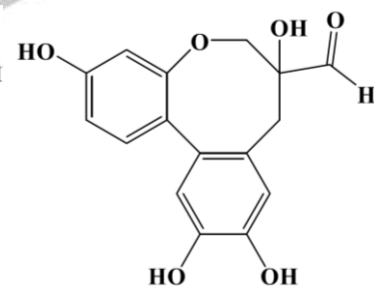
(20)



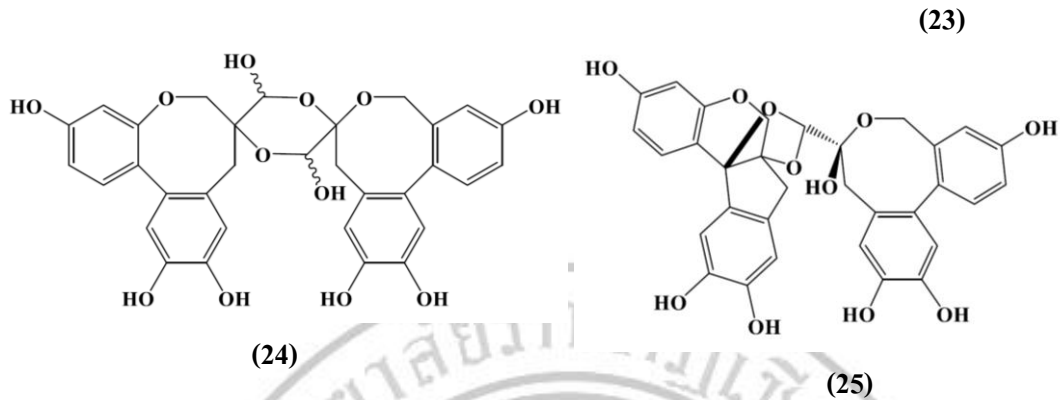
(21)



(22)







ภาพที่ 2.8 องค์ประกอบทางเคมีของแก่นไม้ฝาง

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับขมิ้นชัน

ชื่อวิทยาศาสตร์

*Curcuma Longa* Linn

วงศ์

ZINGIBERACEAE

ชื่อสามัญ

Turmeric, Curcuma

ชื่ออื่น

ขมิ้นหัว, ขมิ้นแกง, ขมิ้นหยวก

ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์

ขมิ้นชันเป็นไม้ล้มลุก อายุหลายปี สูง 30 – 90 ซม. เหง้าใต้ดินรูปไข่มีแขนงรูปทรงกระบอกแตกออกด้านข้าง 2 ด้าน ตรงกันข้ามเนื้อในเหง้าสีเหลืองส้ม มีกลิ่นเฉพาะ ใบ เดี่ยว แทงออกมาเหง้าเรียงเป็นวงซ้อนทับกันรูปใบหอก กว้าง 12 – 15 ซม. ยาว 30 – 40 ซม. ดอก ช่อ แทงออกจากเหง้า แทรกขึ้นมาระหว่างก้านใบ รูปทรงกระบอก กลีบดอกสีเหลืองอ่อน ใบประดับสีเขียวอ่อนหรือสีนวล บานครั้งละ 3 – 4 ดอก ผล รูปกลมมี 3 พูภาพ ดังภาพที่ 2.9

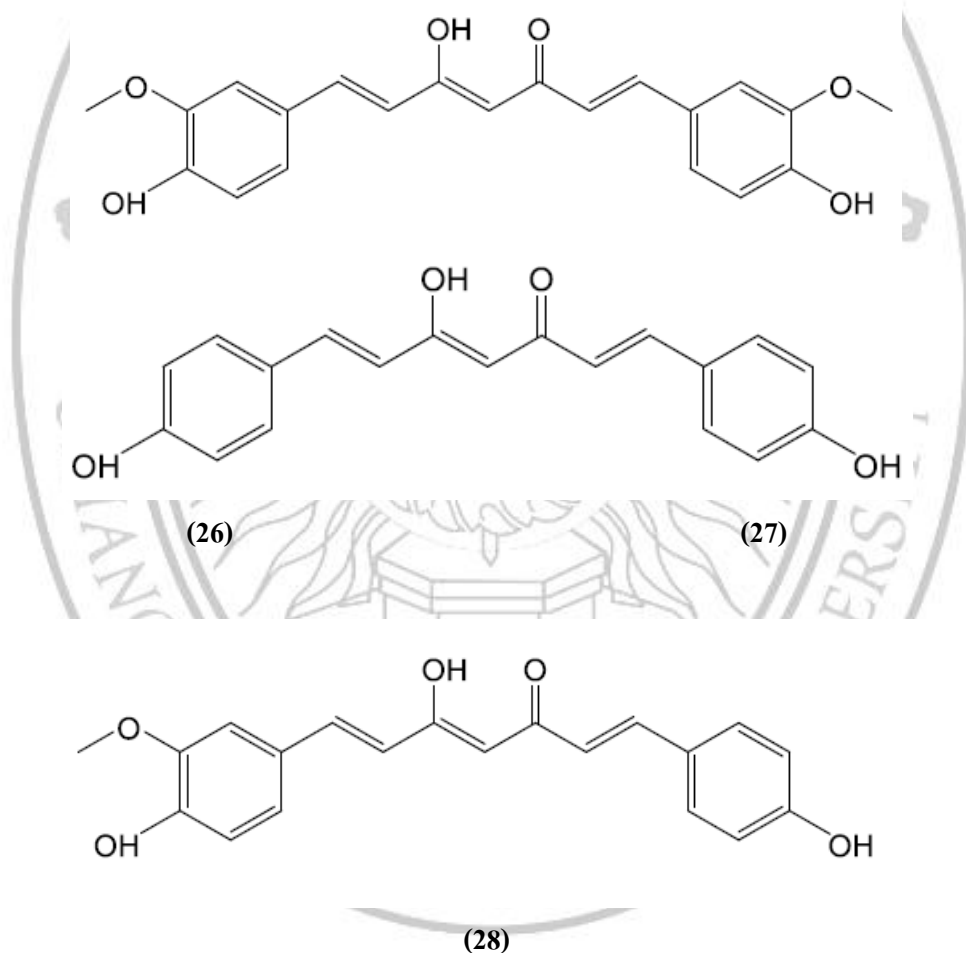


ภาพที่ 2.9 เหง้าของขมิ้นชัน

### องค์ประกอบทางเคมีของเหง้าขมิ้นชัน

รีวาทิและคณะ (Revathy et al., 2011) ศึกษาส่วนประกอบทางเคมีของเหง้าขมิ้นชัน ในสารสกัดส่วนเฮกเซน คลอโรฟอร์ม เอทิลอะซิเตท เมทานอล และอะซิโตน ทำการแยกด้วย เทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟี พบสาร 3 ชนิด คือ Curcumin (26), Demethoxycurcumin (27) และ Bisdemethoxycurcumin (28)

นาบิตะและคณะ (Nabati et al., 2014) ศึกษาส่วนประกอบทางเคมีของเหง้าขมิ้นชัน ในสารสกัดส่วนเฮกเซนพบสาร 3 ชนิด คือ Curcumin (26), Demethoxycurcumin (27) และ Bisdemethoxycurcumin (28)



ภาพที่ 2.10 องค์ประกอบทางเคมีของเหง้าขมิ้นชัน

### งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายจากสีธรรมชาติ

พรเพ็ญ โขชัย ระมัด โขชัย และเมทินี ทวีผล (2013) ศึกษาเรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกजूสำหรับอุตสาหกรรมครอบครัว โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีของน้ำย้อมสีจากเปลือกजू ค่าสีของเส้นด้ายฝ้าย ความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อสีเส้นด้ายฝ้าย และความคงทนของสีเส้นด้ายฝ้ายที่ย้อมด้วยน้ำย้อมสีจากเปลือกजू โดยผู้วิจัยได้กำหนดระเบียบวิธีวิจัยตามวัตถุประสงค์ แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนที่หนึ่ง การศึกษาการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีย้อมจากเปลือกजूเป็นการวิจัยเชิงทดลองและสำรวจ โดยการทดลองย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายในห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วย การเตรียมน้ำย้อมสีด้วยการใช้น้ำเป็นตัวสกัดศึกษาสมบัติทางเคมีของสีย้อม ศึกษาค่าความยาวคลื่นที่สารดูดกลืนแสงมากที่สุด การปรับสภาพเส้นด้ายฝ้ายก่อนทำการย้อม การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายในห้องปฏิบัติการ ศึกษาค่าสีของเส้นด้ายฝ้ายหลังการย้อม ศึกษาความพึงพอใจต่อสีของเส้นด้ายฝ้ายที่ได้จากการย้อมสี ศึกษาความคงทนของสีต่อแสง และการซัก ขั้นตอนที่สอง การศึกษาการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีย้อมจากเปลือกजूในระดับต้นแบบและถ่ายทอดเทคโนโลยีการย้อมสู่ชุมชน ผลการวิจัย สรุปได้ดังนี้ 1) น้ำย้อมสีจากเปลือกजूมีสมบัติเป็นกรด มีสีส้มและเมื่อทิ้งไว้นาน ๆ จะมีสีคล้ำ ดูดกลืนแสงมากที่สุดที่ความยาวคลื่น 505 นาโนเมตร มีองค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วย สารแทนนินและสารแอนทราควิโนน 2) เมื่อย้อมสีเส้นด้ายฝ้าย ด้วยน้ำย้อมสีจากเปลือกजू เส้นด้ายฝ้ายมีสีชมพู และน้ำตาล โดยมีค่าสี ในระบบ CIE LAB มีค่า ความสว่าง (L\*) ระหว่าง 35.30 – 53.21 ค่าสีแดง (a\*) ระหว่าง 16.84 – 19.18 และค่าสีเหลือง (b\*) ระหว่าง 12.23 – 15.95 3) ผู้ใช้มีความพึงพอใจต่อสีของเส้นด้ายฝ้ายที่ย้อมด้วยน้ำย้อมสีจากเปลือกजू โดยเฉลี่ย 3.72 จาก 5.00 4) ส่วนใหญ่ สีเส้นด้ายฝ้ายที่ได้มีความคงทนต่อการซักในระดับดี แต่ความคงทนต่อแสง อยู่ในระดับพอใช้ 5) วิธีการย้อมที่ดีที่สุดกับการย้อมในระดับอุตสาหกรรมในครัวเรือน เส้นด้ายฝ้ายที่ได้ยังคงมีสีที่เหมือนการย้อม ในห้องปฏิบัติการ และ 6) เมื่อนำวิธีการย้อมไปอบรมเชิงปฏิบัติการให้กับกลุ่มทอผ้า สมาชิกกลุ่มทอผ้าสามารถย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายได้ตรงกับกรย้อมของนักวิจัย และมีความคิดเห็นในทางบวกแก่การอบรมเชิงปฏิบัติการดังกล่าว

### งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสารช่วยติดชนิดต่าง ๆ

ชัยวัฒน์ แก้วคล้ายขจรศิริ และประทีปใจ สิกขา (2555) ศึกษาเรื่อง การศึกษากระบวนการผ้าย้อมคราม โดยใช้ยางกล้วยน้ำว่าดิบเป็นสารช่วยติด มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาสารช่วยติดจากยางกล้วยน้ำว่าดิบที่มีผลต่อการย้อมติดสีครามกับเส้นใยฝ้าย และเพื่อศึกษากระบวนการย้อมครามตามภูมิปัญญาท้องถิ่น โดยใช้ยางกล้วยน้ำว่าดิบเป็นสารช่วยติดย้อมก่อนย้อมหลัง และย้อมพร้อมกันกับย้อมคราม หลังจากนั้นนำผ้าไปทดสอบด้วยสารฟอกขาว ผงซักฟอก

น้ำยาปรับผ้านุ่ม น้ำยารีดผ้าเรียบ รีดด้วยเตารีด และตากแดด แล้วนำไปทดสอบคุณภาพสี ผลการตรวจสอบคุณภาพสีย้อมครามด้วยเครื่อง Hunter Lab พบว่า ผ้าที่ย้อมด้วยยางกล้วยน้ำว้าดิบเป็นสารช่วยติด ย้อมก่อน ย้อมหลัง และย้อมพร้อมกันกับย้อมคราม มีค่าตามลำดับดังนี้ ค่าเฉลี่ยของผ้า  $C^* = 20.42, 17.56, 22.03$ , ค่าแสดงความสว่างของสี  $L^* = 35.65, 27.05, 49.53$  แสดงว่าผ้าที่ย้อมสีครามก่อนย้อมด้วยยางกล้วยน้ำว้าดิบจะมีการยิดติดของสีครามมากที่สุด รองลงมา คือ ย้อมด้วยยางกล้วยก่อน และย้อมพร้อมกันกับย้อมสีคราม สรุปว่า ยางกล้วยน้ำว้าดิบย้อมทับหลังย้อมด้วยสีครามจะช่วยให้การเกาะติดของสีครามในผ้าฝ้ายดีขึ้น และยังช่วยลดจำนวนครั้งในการย้อม มีความคงทนของสีต่อแสงแดดและการซักล้างที่ดีกว่าการย้อมแบบเดิม

กชกร สกุลบริสุทธิ์ สุธิลักษณ์ ไกรสุวรรณ และขจิรัฐ ภิรมย์ธรรมศิริ (2559) ศึกษาผลของสารช่วยติดที่มีต่อความคงทนของสีผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาลการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสีและผลของสารช่วยติดต่อความคงทนของสีของผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาล สารช่วยติดที่ทดลองใช้ ได้แก่ สารส้ม เหล็ก โครมและดีบุก วิเคราะห์ค่าสีและค่าความคงทนของสีต่อแสงต่อการซักและการซักและฟอกขาว วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ One – Way Analysis of Variance และ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ผลการศึกษา พบว่า ผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาล ค่า  $L^*$  ของตัวแปรควบคุมและตัวแปรที่ศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 33.49 – 50.14 ค่า  $a^*$  ของตัวแปรควบคุมและตัวแปรที่ศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 4.96 – 12.05 ค่า  $b^*$  ของตัวแปรควบคุมและตัวแปรที่ศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 13.93 – 25.26 ค่า  $C^*$  ของตัวแปรควบคุมและตัวแปรที่ศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 14.79 – 27.99 และค่า  $h^*$  ของตัวแปรควบคุมและตัวแปรที่ศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 64.49 – 70.39 ค่า  $dE^*$  ของการเปลี่ยนสีจากการอบแสงของตัวแปรควบคุมและตัวแปรที่ศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 0.58 – 3.00 ค่า  $dE^*$  ของการเปลี่ยนสีจากการซักของตัวแปรควบคุมและตัวแปรที่ศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 0.84 – 6.23 ค่า  $dE^*$  ของการเปลี่ยนสีจากการซักของตัวแปรควบคุมและตัวแปรที่ศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 1.04 – 2.49 ค่า  $dE^*$  จากการซักและฟอกขาวของตัวแปรควบคุมและตัวแปรที่ศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 0.88 – 9.25 ชนิดของสารช่วยติดมีผลต่อความคงทนของสีต่อแสง ความคงทนของสีต่อการซักและความคงทนของสีต่อการซักและฟอกขาว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ตาม  
แนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติโดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ เพื่อให้  
บรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างเครื่องมือ
4. ขั้นตอนการดำเนินงาน
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

#### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นของโรงเรียนชุมชน  
บ้านบวกครกน้อย ตำบลหนองป่าครั่ง อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 74 คน ภาคเรียน  
ที่ 2 ปีการศึกษา 2560

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นของโรงเรียน  
ชุมชนบ้านบวกครกน้อย ตำบลหนองป่าครั่ง อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 31 คน  
โดยการสุ่มจับฉลาก ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560

#### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้จากการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง  
การย้อมสี เส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติโดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ จัดทำขึ้นทั้งหมด 3 แผน  
จำนวน 9 ชั่วโมง

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง Being Colorful on Cotton Yarns with STEM  
เวลา 3 ชั่วโมง

1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง Cotton Design STEM เวลา 3 ชั่วโมง

1.3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง Handmade Cotton Products with STEM เวลา 3 ชั่วโมง

2. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสาระ 4 เทคโนโลยี

3. แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติโดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ

### การสร้างเครื่องมือ

#### แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ผู้วิจัยได้สร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติโดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ เพื่อใช้ในการศึกษา แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอน ต่อไปนี้

1. ศึกษา ค้นคว้าและวิเคราะห์เอกสารเกี่ยวกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อใช้ในการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้

2. ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาและเอกสารวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3. ออกแบบแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อใช้ในการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยการกำหนดผลการเรียนรู้รายวิชาและกำหนดโครงสร้างของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 9 ชั่วโมง

4. จัดสร้างแผนการจัดการเรียนการสอนและกิจกรรมจากการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติโดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ จำนวน 3 แผน ดังนี้

4.1 ศึกษาทำความเข้าใจข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา หลักสูตร ตัวชี้วัดและวิชาที่ต้องการสอน การจัดกิจกรรม และแนวการสอนแบบสะเต็มศึกษา เพื่อทำความเข้าใจในเนื้อหาวิชา และวิธีการจัดกิจกรรมและการจัดการเรียนรู้

4.2 สร้างแผนการจัดการเรียนการสอนและกิจกรรมจากการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา และสร้างใบความรู้ แต่ละแผนมีกิจกรรมย่อย ดังนี้

4.2.1 ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้

4.2.2 สาระสำคัญ

4.2.3 จุดประสงค์การเรียนรู้

4.2.4 เนื้อหาสาระ

4.2.5 การจัดกระบวนการเรียนรู้ (โดยใช้การสอนแบบกระบวนการ  
ออกแบบเชิงวิศวกรรม) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่

- 1) ขั้นระบุปัญหา
- 2) ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
- 3) ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา
- 4) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา
- 5) ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา
- 6) ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

4.2.6 ชิ้นงานหรือหลักฐานการเรียนรู้ของนักเรียน

4.2.7 สื่อหรือแหล่งการเรียนรู้

4.2.8 การวัดและประเมินผล และแบบบันทึกอนุทินสะท้อนคิดหลังการเรียนรู้  
การสอนแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมดมีเอกสารประกอบการเรียนรู้ทั้งหมด ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 เอกสารที่ใช้ประกอบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

| แผนการจัดการเรียนรู้                        | เอกสารที่ใช้ประกอบกิจกรรมการเรียนรู้                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Being Colorful on Cotton Yarns with STEM | 1. ใบความรู้ เรื่อง Being Colorful on Cotton Yarns with STEM<br>2. ใบกิจกรรม เรื่อง Being Colorful on Cotton Yarns with STEM<br>3. แบบประเมินคุณภาพชิ้นงาน<br>4. แบบประเมินการนำเสนอชิ้นงาน<br>5. แบบประเมินการสังเกตพฤติกรรมด้านความคิดสร้างสรรค์<br>6. แบบประเมินการสังเกตพฤติกรรมด้านความสามารถในการแก้ไขปัญหา |
| 2. Cotton Design STEM                       | 1. ใบความรู้ เรื่อง Cotton Design STEM<br>2. ใบกิจกรรม เรื่อง Cotton Design STEM<br>3. แบบประเมินคุณภาพชิ้นงาน<br>4. แบบประเมินการนำเสนอชิ้นงาน<br>5. แบบประเมินการสังเกตพฤติกรรมด้านความคิดสร้างสรรค์<br>6. แบบประเมินการสังเกตพฤติกรรมด้านความสามารถในการแก้ไขปัญหา                                             |



ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

| แผนการจัดการเรียนรู้                  | เอกสารที่ใช้ประกอบกิจกรรมการเรียนรู้                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3. Handmade Cotton Products with STEM | 1. ใบความรู้ เรื่อง Handmade Cotton Products with STEM<br>2. ใบกิจกรรม เรื่อง Handmade Cotton Products with STEM<br>3. แบบประเมินคุณภาพชิ้นงาน<br>4. แบบประเมินการนำเสนอชิ้นงาน<br>5. แบบประเมินการสังเกตพฤติกรรมด้านความคิดสร้างสรรค์<br>6. แบบประเมินการสังเกตพฤติกรรมด้านความสามารถในการแก้ไขปัญหา |

5. นำแผนการจัดการเรียนการสอนทั้ง 3 แผนการสอนเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 คน ประกอบด้วย

5.1 นางฉัฐภัสสร เหล่าเนตร์ ครูเชี่ยวชาญ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย จังหวัดพิษณุโลก

5.2 นางสมพิศ ภูเพ็ชร ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนจ่านกร้อง จังหวัดพิษณุโลก

5.3 นางอิสฎาภา ธรรมรังสี ครูชำนาญการ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย จังหวัดพิษณุโลก

เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสม ข้อบกพร่องต่าง ๆ ของแผนการจัดการเรียนการสอน โดยผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นเป็นมาตราส่วนต่าง ๆ ประมาณ 5 ระดับ โดยใช้เกณฑ์ ดังนี้

|   |         |                    |
|---|---------|--------------------|
| 5 | หมายถึง | สอดคล้องมากที่สุด  |
| 4 | หมายถึง | สอดคล้องมาก        |
| 3 | หมายถึง | สอดคล้องปานกลาง    |
| 2 | หมายถึง | สอดคล้องน้อย       |
| 1 | หมายถึง | สอดคล้องน้อยที่สุด |

ระดับคุณภาพ

|             |             |                    |
|-------------|-------------|--------------------|
| 4.51 – 5.00 | ระดับคุณภาพ | สอดคล้องมากที่สุด  |
| 3.51 – 4.50 | ระดับคุณภาพ | สอดคล้องมาก        |
| 2.51 – 3.50 | ระดับคุณภาพ | สอดคล้องปานกลาง    |
| 1.51 – 2.50 | ระดับคุณภาพ | สอดคล้องน้อย       |
| 1.00 – 1.50 | ระดับคุณภาพ | สอดคล้องน้อยที่สุด |

โดยเกณฑ์คุณภาพที่ยอมรับได้ที่ระดับมาก คือ 3.50 ขึ้นไป

5. นำแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยตามแนวสะเต็มศึกษา ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เพื่อหาประสิทธิภาพโดยดำเนินการ ดังนี้

6. ผู้วิจัยได้ทดลองหาประสิทธิภาพกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนบ้านในสอย ตำบลหมอกจำแป๋ อำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยใช้นักเรียน 30 คน ผู้วิจัยคอยสังเกตอย่างใกล้ชิด เพื่อบันทึกพฤติกรรมของผู้เรียน ในขณะที่ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยตามแนวสะเต็มศึกษา ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

7. นำแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยตามแนวสะเต็มศึกษา ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ไปใช้ประกอบการเรียนการสอนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนชุมชนบ้านบวรภักดิ์น้อย อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 31 คน

**แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน** ผู้ศึกษาได้จัดสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยมีกระบวนการสร้าง ดังนี้

1. ศึกษาหนังสือและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา และสาระการเรียนรู้ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเกณฑ์การตรวจให้คะแนน

2. สร้างแบบทดสอบวัดแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสม

4. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 คน เพื่อพิจารณาหาความเที่ยงตรง ประกอบด้วย

4.1 นางณัฐภััสสร เหล่าเนตร์ ครูเชี่ยวชาญ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย จังหวัดพิษณุโลก

4.2 นางวิมลรัตน์ หาญณรงค์ ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนเฉลิมขวัญสตรี จังหวัดพิษณุโลก

4.3 นางสาวครุณี อภัยกาวิ อาจารย์ประจำสาขาวิชาการศึกษา (วัดผลและประเมินผลการศึกษา) วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา

5. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปตรวจสอบคุณภาพโดยนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

6. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อใช้ในการตรวจให้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

**แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติโดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ**

เป็นแบบประเมินที่ใช้ในการวัดพฤติกรรมของผู้เรียน 5 ด้าน คือ ด้านกระบวนการในการเรียน ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านการพัฒนาศักยภาพของผู้เรียน ด้านภูมิปัญญาท้องถิ่นที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ความคิดเห็นเพิ่มเติมที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ จากระบบของการเรียนรู้ และชิ้นงานที่นักเรียนสร้างขึ้น โดยมีกระบวนการสร้าง ดังนี้

1. ศึกษาหนังสือและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับด้านความพึงพอใจของนักเรียน และเกณฑ์การตรวจให้คะแนน

2. สร้างแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติโดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ โดยการประเมินผู้เรียน 5 ด้าน คือ ด้านกระบวนการในการเรียน ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านการพัฒนาศักยภาพของผู้เรียน ด้านภูมิปัญญาท้องถิ่นที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ความคิดเห็นเพิ่มเติมที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ จากระบบของการเรียนรู้และชิ้นงานที่นักเรียนสร้างขึ้น และสร้างเกณฑ์การตรวจให้คะแนนตามสภาพจริง Rubric Scoring

3. นำแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิด สะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติโดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสม

4. นำแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิด สะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติโดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 คน ประกอบด้วย

4.1 นางณัฐภัสสร เหล่าเนตร์ ครูเชี่ยวชาญ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย จังหวัดพิษณุโลก

4.2 นางสมพิศ ภูเพ็ชร ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนจ่านกร้อง จังหวัดพิษณุโลก

4.3 นางสาวครุณี อภัยภาวิ อาจารย์ประจำสาขาวิชาการศึกษา (วัดผลและประเมินผลการศึกษา) วิทยาลัยการศึกษามหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา

เพื่อพิจารณาคำตัดสินความสอดคล้อง IOC โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนจากผู้เชี่ยวชาญดังนี้

|             |         |                                                        |
|-------------|---------|--------------------------------------------------------|
| ให้คะแนน +1 | หมายถึง | แน่ใจว่าข้อนั้นสามารถวัดความคิดสร้างสรรค์นั้นได้       |
| ให้คะแนน -1 | หมายถึง | แน่ใจว่าข้อนั้นไม่สามารถวัดความคิดสร้างสรรค์นั้นได้    |
| ให้คะแนน 0  | หมายถึง | ไม่แน่ใจว่าข้อนั้นไม่สามารถวัดความคิดสร้างสรรค์นั้นได้ |

5. นำแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การข้อมสืเส้นด้ายฝ้ายด้วยสิทธรรษชาติโดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ มาคัดเลือกข้อที่ได้คะแนน 0.5 ขึ้นไปถือว่าเป็นข้อที่ใช้ได้

6. นำแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การข้อมสืเส้นด้ายฝ้ายด้วยสิทธรรษชาติโดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ ไปตรวจสอบคุณภาพโดยนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง เป็นเด็กเก่ง กลาง และอ่อน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหา และภาษาที่ใช้

7. นำแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิด สะเต็มศึกษา เรื่อง การข้อมสืเส้นด้ายฝ้ายด้วยสิทธรรษชาติโดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ ไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง

#### ขั้นตอนการดำเนินงาน

แบบแผนการวิจัย การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองตามแบบแผน การวิจัยแบบหนึ่งกลุ่มทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน และผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนที่สำคัญ 7 ขั้นตอน ดังนี้

#### ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลพื้นฐานจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับภูมิปัญญาท้องถิ่นเกี่ยวกับ การข้อมด้ายฝ้ายจากสิทธรรษชาติ และสังเคราะห์นิยาม องค์ประกอบ รูปแบบการจัดการเรียนการสอน การวัดผลประเมินของการจัดการเรียนการสอนตามแนวสะเต็มศึกษา มาจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการสำรวจภูมิปัญญาท้องถิ่นเกี่ยวกับการข้อมสืเส้นด้ายฝ้ายจากสิทธรรษชาติในอำเภอ จอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ และอำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา เพื่อทำการวิเคราะห์หาความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาเชื่อมโยงกับกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับภูมิปัญญาท้องถิ่น เรื่องการข้อมสืเส้นด้ายฝ้ายจากสิทธรรษชาติ ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ผลการวิเคราะห์ความรู้และทักษะในรายวิชา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ เกี่ยวกับภูมิปัญญาท้องถิ่น เรื่อง การย้อมเส้นด้ายฝ้ายจากสีธรรมชาติ

| รายวิชา                         | การวิเคราะห์ความรู้และทักษะ                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| วิทยาศาสตร์<br>(Science)        | เรียนรู้เกี่ยวกับกรรมวิธีในการผลิตเส้นด้าย กระบวนการปั่นเส้นด้าย การเลือกพืชที่นำมาย้อมสีจากธรรมชาติ การเตรียมสารละลายที่นำมาใช้เป็นสารช่วยติด กระบวนการการเกิดสีของวัตถุ ขั้นตอนการย้อมสีด้ายฝ้ายจากธรรมชาติ ปัจจัยที่ทำให้เส้นด้ายติดสีจากธรรมชาติ การใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์และการป้องกันอันตรายที่เกิดจากสารเคมี |
| เทคโนโลยี<br>(Technology)       | การใช้สื่อสารสนเทศในการสืบค้นข้อมูล การถ่ายทอดความคิดเป็นการสื่อสารแนวคิดที่แก้ปัญหามา เพื่ออธิบายและสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจ นำเสนอข้อมูลการนำวัสดุและสารเคมีมาประยุกต์ใช้ในการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายจากธรรมชาติ การสร้างสิ่งของเครื่องใช้ผลิตภัณฑ์ การฝึกความคิดสร้างสรรค์ การเลือกใช้วัสดุในการย้อม                     |
| วิศวกรรมศาสตร์<br>(Engineering) | เรียนรู้เกี่ยวกับการออกแบบการทดลอง การปฏิบัติงาน และการออกแบบผลิตภัณฑ์จากเส้นด้ายฝ้ายจากธรรมชาติ วางแผนการทดลอง                                                                                                                                                                                                       |
| คณิตศาสตร์<br>(Mathematic)      | เรียนรู้เกี่ยวกับ การชั่งปริมาณสาร การตวงและการวัดปริมาตรสารที่ใช้ในการทดลอง การคิดคำนวณงบประมาณที่ใช้ อัตราส่วนในแต่ละขั้นตอนในการทำการทดลอง การใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม                                                                                    |

## ขั้นตอนที่ 2 การจัดเตรียมตัวอย่างพืชเพื่อการสกัด

แก่นฝาง เก็บส่วนลำต้นของแก่นฝาง (ในช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2560 ในจังหวัดพิษณุโลก) จากนั้นนำมาผ่าให้บาง เพื่อความสะดวกในการสกัดและนำไปตากให้แห้งเป็นเวลาอย่างน้อย 72 ชั่วโมง

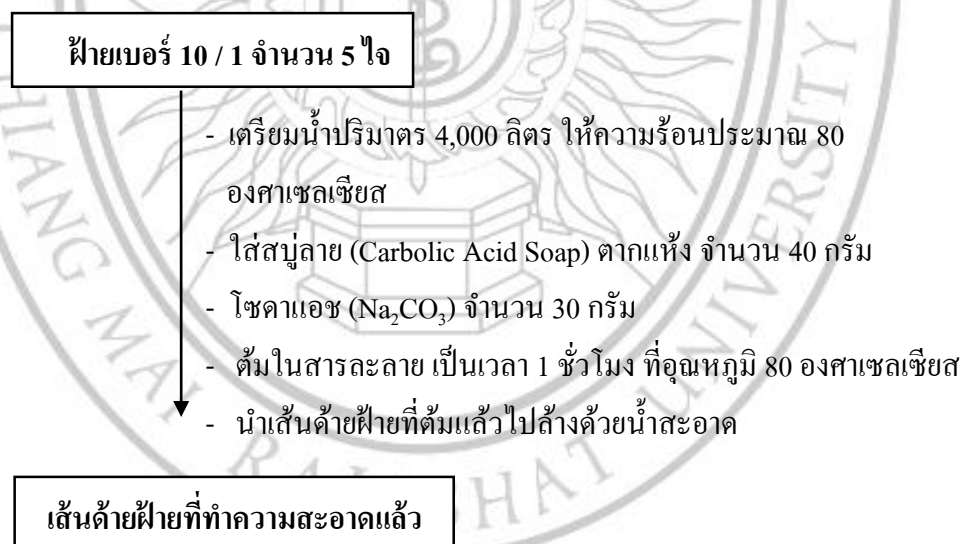
เหง้าของขมิ้น เก็บส่วนเหง้าของขมิ้น (ในช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2560 ในจังหวัดพิษณุโลก) จากนั้นนำมาบดให้ละเอียด เพื่อความสะดวกในการสกัดและนำไปตากให้แห้งเป็นเวลาอย่างน้อย 72 ชั่วโมง

## ขั้นตอนที่ 3 การย้อมสีเส้นด้ายด้วยสีธรรมชาติ

### 1. การเตรียมวัตถุดิบ

#### 1.1 การทำความสะอาดด้ายฝ้าย

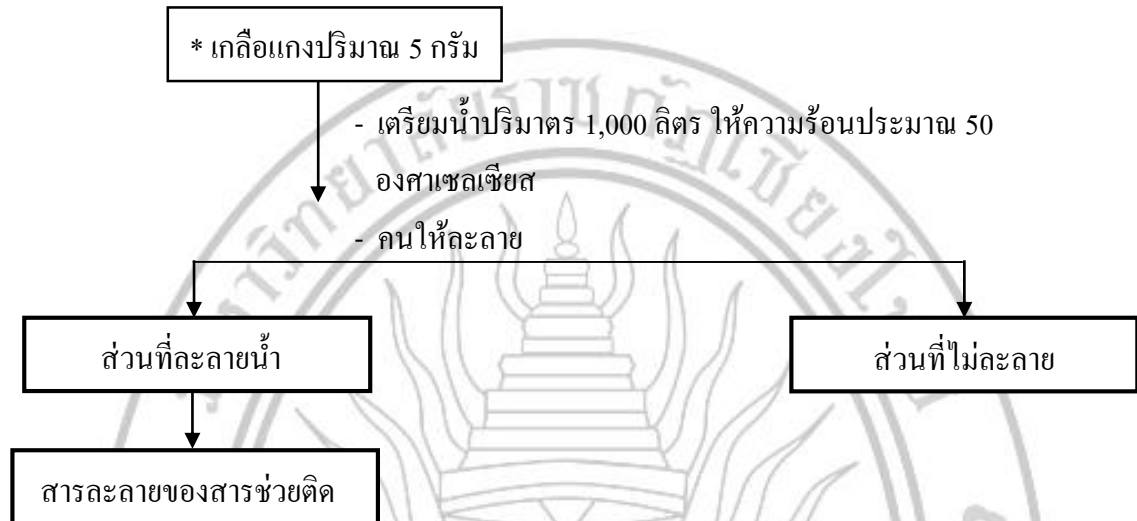
การทำความสะอาดด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1 โดยตวงน้ำสะอาดปริมาตร 4 ลิตร ลงในกะละมังเคลือบผิว นำไปให้ความร้อนบนเครื่องให้ความร้อน เมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงประมาณ 80 องศาเซลเซียส ใส่สบู่ด้าย (Carbolic Acid Soap) ตากแห้ง จำนวน 40 กรัม และโซดาแอช ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) จำนวน 30 กรัม คนให้สารละลายเข้ากัน จนได้สารละลายสีขาวขุ่น และสบู่ด้ายละลายหมด จากนั้นนำด้ายฝ้าย จำนวน 5 ไร่ ลงไปต้มในสารละลาย เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำเส้นด้ายฝ้ายมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด จากนั้นตากลมให้แห้ง ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แผนภาพการเตรียมเส้นด้ายฝ้ายที่ทำความสะอาด

## 1.2 การเตรียมสารช่วยติด

นำสารช่วยติดแต่ละชนิดปริมาณ 5 กรัม ใส่ลงในกะละมังเคลือบที่มีน้ำสะอาด 1,000 มิลลิลิตร อุณหภูมิพอร้อน คนให้ละลาย สารเคมีบางชนิดที่มีตะกอนให้กรองสารละลายด้านบนมาใช้ในการทดลอง ดังภาพที่ 3.2



หมายเหตุ \* ให้เปลี่ยนสารช่วยติดเป็นจุนลี ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), แคลเซียมคลอไรด์ ( $\text{CaCl}_2$ ) และ สารส้ม ( $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ )

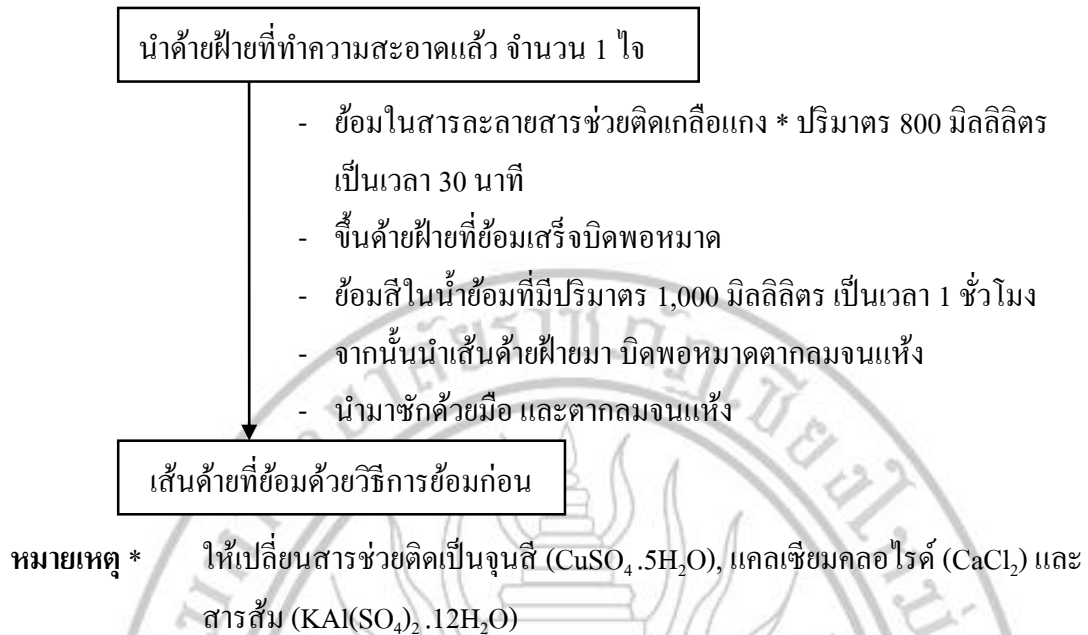
ภาพที่ 3.2 แผนภาพการเตรียมสารละลายช่วยติด

## 2. ขั้นตอนการย้อมสี

### 2.1 การย้อมสารช่วยติดก่อนการย้อมสี

นำด้ายฝ้ายที่ทำความสะอาด 1 ใจ ลงย้อมในสารละลายสารช่วยติดแต่ละชนิด ปริมาตร 800 มิลลิลิตร และคนอย่างสม่ำเสมอ เป็นเวลา 30 นาที นำชิ้นด้ายฝ้ายที่ย้อมเสร็จบิดพอหมาด นำไปย้อมสีในน้ำย้อมที่มีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และคนอย่างสม่ำเสมอ จากนั้น นำเส้นด้ายฝ้ายมา บิดพอหมาด ตากลมจนแห้ง จากนั้นนำมาซักด้วยมือ และ ตากลมจนแห้ง ดังภาพที่ 3.3

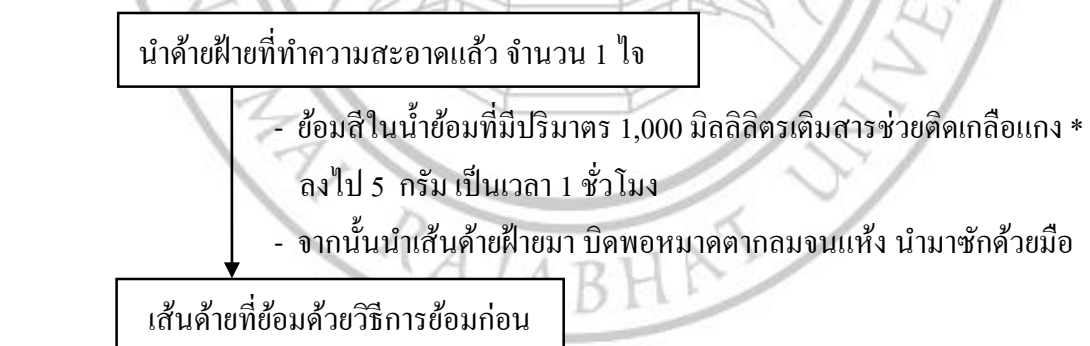




ภาพที่ 3.3 แผนภาพการซ้อมสารช่วยติดก่อนการซ้อมลี

## 2.2 การซ้อมสารช่วยติดพร้อมการซ้อมลี

นำน้ำซ้อมปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร มาเติมสารช่วยติดลงไป 5 กรัม นำด้ายฝ้ายที่ทำความสะอาดแล้ว นำไปซ้อมลีในน้ำซ้อมที่เตรียมไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และคนอย่างสม่ำเสมอ จากนั้นบิดพอหมาดตากลมจนแห้ง นำเส้นด้ายมาซักด้วยมือและตากลมจนเส้นด้ายแห้ง ดังภาพที่ 3.4



หมายเหตุ \* ให้เปลี่ยนสารช่วยติดเป็นจุนลี ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), แคลเซียมคลอไรด์ ( $\text{CaCl}_2$ ) และสารสั้ม ( $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ )

ภาพที่ 3.4 แผนภาพการซ้อมสารช่วยติดพร้อมการซ้อมลี

### 2.3 การย้อมสารช่วยติดหลังการย้อมสี

นำด้ายฝ้ายที่ทำความสะอาดแล้ว 1 ใจ ลงย้อมสีในน้ำย้อมปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และคนอย่างสม่ำเสมอ หลังจากนั้นนำเส้นด้ายฝ้ายที่ย้อมแล้วขึ้น บิดพอหมาด แล้วนำลงไปย้อมในสารละลายสารช่วยติดปริมาตร 800 มิลลิลิตร และคนอย่าง สม่ำเสมอ เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นบิดเส้นด้ายฝ้ายพอหมาดตากลมจนแห้ง จากนั้นนำเส้นด้าย มาซักด้วยมือ และตากลม จนเส้นด้ายแห้ง ดังภาพที่ 3.5

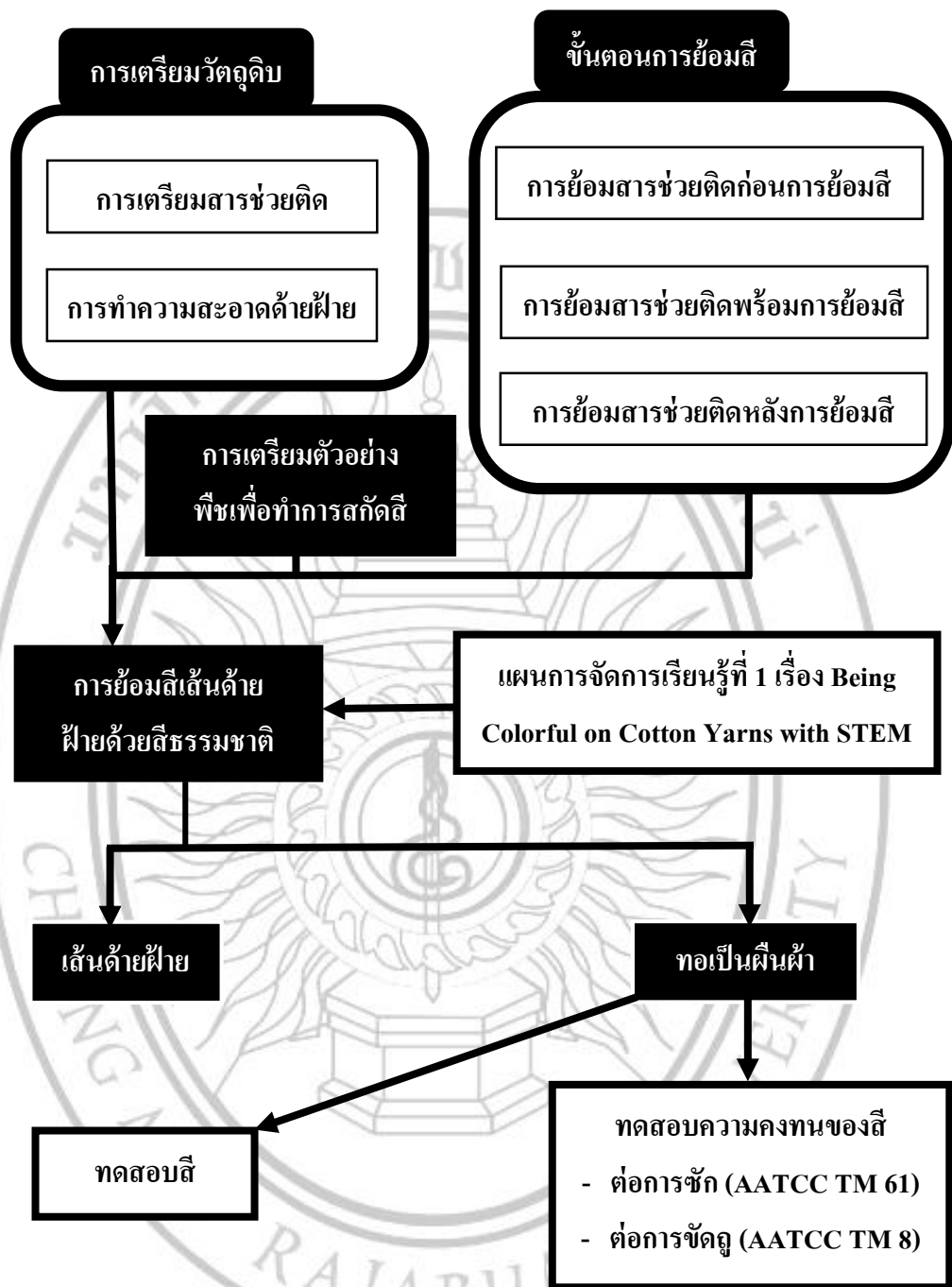
นำด้ายฝ้ายที่ทำความสะอาดแล้ว จำนวน 1 ใจ

- ย้อมสีในน้ำย้อมที่มีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
- ขึ้นด้ายฝ้ายที่ย้อมเสร็จบิดพอหมาด
- ย้อมในสารละลายสารช่วยติดเกลือแกง \* ปริมาตร 800 มิลลิลิตร เป็นเวลา 30 นาที
- จากนั้นนำเส้นด้ายฝ้ายมา บิดพอหมาดตากลมจนแห้ง
- นำมาซักด้วยมือ และตากลมจนแห้ง

เส้นด้ายที่ย้อมด้วยวิธีการย้อมหลัง

หมายเหตุ \* ให้เปลี่ยนสารช่วยติดเป็นจนสี ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), แคลเซียมคลอไรด์ ( $\text{CaCl}_2$ ) และสารส้ม ( $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ )

ภาพที่ 3.5 แผนภาพการย้อมสารช่วยติดก่อนการย้อมสี



ภาพที่ 3.6 แผนภาพวิธีดำเนินการย้อมสีด้วยสีธรรมชาติ

#### ขั้นตอนที่ 4 การออกแบบกิจกรรมและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการออกแบบกิจกรรมตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 (ฉบับปรับปรุง 2550) ประกอบด้วย กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มี 2 สาระ ได้แก่ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ และสาระที่ 8 เทคโนโลยี และกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ มี 2 สาระ ได้แก่ สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต และสาระที่ 2 การวัดเรขาคณิต ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 – 3) เป็นการออกแบบกิจกรรมการอบรมหลักสูตรได้วิเคราะห์ตัวชี้วัดในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้จากการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติโดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ จัดทำขึ้นทั้งหมด 3 แผน จำนวน 9 ชั่วโมง 2) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสาระ 4 เทคโนโลยี และ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา

#### ขั้นตอนที่ 5 การตรวจสอบหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยผู้เชี่ยวชาญการหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย

นำแผนการจัดการเรียนการสอนตามแนวสะเต็มศึกษาไปใช้ในการตรวจสอบความสอดคล้องไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบและความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาของกิจกรรมการเรียนการสอน จากนั้นทำการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) พบว่า มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.57 – 1.00 และปรับปรุงแก้ไขกิจกรรมตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ หลังจากนั้นประเมินคุณภาพของกิจกรรมการเรียน การสอนโดยใช้แบบประเมินคุณภาพมาตราประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ นำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญมีคุณภาพอยู่ในระดับดี ( $\bar{X} = 4.62$ , S.D. = 0.52)

นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปใช้ในการตรวจสอบความสอดคล้องไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบและความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากนั้นทำการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) พบว่า มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.57 – 1.00 และปรับปรุงแก้ไขเนื้อหาตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปใช้ในการทำการทดสอบกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง การวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (Difficulty) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นข้อสอบรายข้อปรนัย แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก เป็นรายข้อ และคัดข้อสอบที่มีความยากอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 หาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) จากข้อสอบเป็นรายข้อปรนัยแบบเลือกตอบ

4 ตัวเลือก โดยใช้สูตร Item Total Correlation และคัดข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกที่มีค่าเป็นบวกอยู่ระหว่าง 0.50 – 1.00 หาค่าความเที่ยงของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$  – Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นด้วยสูตร KR – 20 ของริเดอร์และริชาร์ดสัน (Kuder – Richardson Formulas) จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.57

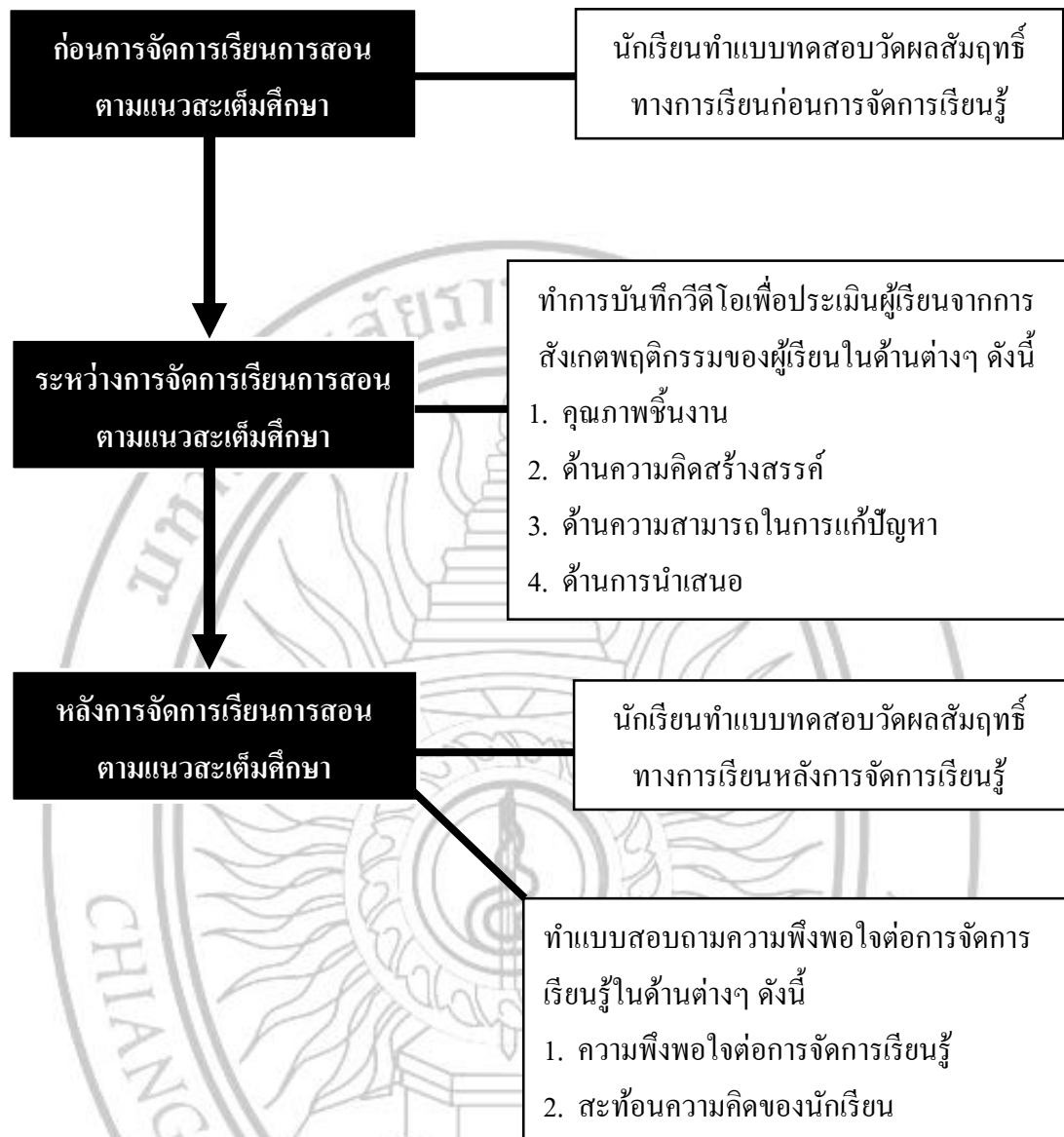
#### ขั้นตอนที่ 6 การทดลองใช้เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองใช้เครื่องมือครั้งนี้ คือ นักเรียนที่ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นของโรงเรียนบ้านในสอย ตำบลหมอกจำแป๋ อำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน จังหวัดแม่ฮ่องสอน จำนวน 32 คน โดยการสุ่มแบบจับฉลาก ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 เป็นนักเรียนที่แต่ละระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในการอบรมที่โรงเรียนบ้านในสอยระหว่างวันที่ 28 – 29 กรกฎาคม พ.ศ. 2560 แบบแผนการวิจัยเป็นการวิจัยเชิงทดลองมีกลุ่มเดียวทดลองก่อนเรียนและหลังเรียนและวัดผลประเมินผลตามสภาพจริงจากที่นักเรียนปฏิบัติ และวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาร่วมกับภูมิปัญญาท้องถิ่นเป็นแนวทางการเรียนการสอนโดยการเรียนรู้การใช้ขั้นตอนการแก้ปัญหาโดยการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์

#### ขั้นตอนที่ 7 ทำการเก็บข้อมูลของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

ดำเนินการจัดการเรียนการสอนตามแผนการสอน ก่อนที่จะให้นักเรียนจะดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน ครูผู้สอนขออนุญาตอำนวยการเรียนการสอน และบันทึกเสียง จากนั้นครูผู้สอนดำเนินการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ ขณะที่ดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน ครูสังเกตผู้เรียนและการตั้งคำถามของผู้เรียน เพื่อดำเนินการแก้ปัญหาของสถานการณ์ในแต่ละแผนการเรียนการสอน จากนั้นเมื่อนักเรียนมีการสร้างชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการแข่งขันการแก้ปัญหาของสถานการณ์ จากนั้นครูให้โบนัสนักเรียนที่มีผลการแข่งขันดีที่สุด จากนั้นให้นักเรียนกลุ่มดังกล่าว อธิบายกลไกการทำงาน เพื่อทำการประเมินคะแนนของความสามารถในการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ จากนั้นให้ผู้เรียนช่วยกันสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการดำเนินกิจกรรม เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ในแผนการสอนที่ 3 ทำการทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตรวจให้คะแนนจากนั้นนำผลคะแนนมาวิเคราะห์เปรียบเทียบทางวิธีทางสถิติ



ภาพที่ 3.7 แผนภาพวิธีดำเนินการวิจัยในการเก็บข้อมูล

### การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้สถิติในการวิเคราะห์ ดังนี้

1. การหาค่าความสอดคล้องแบบ IOC (Index of Congruence) (พิสนุ พองศรี, 2553, 138) เป็นวิธีการหาค่าความตรงเชิงเนื้อหา โดยมีผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบข้อคำถาม ซึ่งต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญอย่างน้อย 3 ท่าน พิจารณาข้อความแต่ละข้อในเครื่องมือวัด โดยกำหนดคะแนนสำหรับพิจารณาข้อคำถามแต่ละข้อ ดังนี้

- + 1 คะแนน ถ้าแน่ใจว่าคำถามสอดคล้องกับเนื้อหาตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด
- 0 คะแนน ถ้าไม่แน่ใจว่าคำถามนี้สอดคล้องกับเนื้อหาตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด
- 1 คะแนน ถ้าแน่ใจว่าคำถามนี้ไม่สอดคล้องกับเนื้อหาตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด

ตามหลักสูตรของโรวินลลีและแฮมเบิลตัน (Rovinelli and Hambleton) (ถ้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2539, 249) สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหา  
 $\sum R$  คือ ผลรวมของคะแนนการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ  
 $N$  คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

จากผลการคำนวณ ถ้าค่า IOC มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 แสดงว่าข้อความนั้นมีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาและถ้าค่าต่ำกว่า 0.5 ข้อความนั้นใช้ไม่ได้ผู้วิจัยควรตัดทิ้งไปหรือแก้ไขปรับปรุงใหม่

2. อำนาจจำแนก (Discrimination Power) คือ เครื่องมือที่ใช้ให้เห็นถึงความแตกต่างหรือความเหมือนกันของสิ่งที่ต้องการวัดในลักษณะที่เป็นไปตามสภาพจริง ถือว่าเครื่องมือที่มีอำนาจการจำแนก (ปราณี หล้าเป็นสะ, 2559, 8) โดยสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$r = \frac{R_H - R_L}{N_H \text{ or } N_L}$$



|       |       |     |                                       |
|-------|-------|-----|---------------------------------------|
| เมื่อ | $r$   | คือ | ค่าอำนาจจำแนก                         |
|       | $R_H$ | คือ | จำนวนนักเรียนในกลุ่มคะแนนสูงที่ตอบถูก |
|       | $R_L$ | คือ | จำนวนนักเรียนในกลุ่มคะแนนต่ำที่ตอบถูก |
|       | $N_H$ | คือ | จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มคะแนนสูง   |
|       | $N_L$ | คือ | จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มคะแนนต่ำ   |

เกณฑ์ในการพิจารณาอำนาจการจำแนก ( $r$ ) พิจารณาจากค่า  $r$  ที่มีค่าตั้งแต่  $-1.00$  ถึง  $+1.00$  เครื่องมือวัดที่ดีต้องมี  $r$  ตั้งแต่  $+0.20$

3. การหาค่าความยากง่าย (Difficulty) คือ คุณภาพของเครื่องมือที่เป็นแบบทดสอบ โดยทั่วไปแล้วข้อสอบที่ใช้ได้ควรมีค่าความยากง่ายตั้งแต่  $0.20 - 0.80$  โดยมีสูตรดังนี้ (ปราชญ์ หล้าเป็น สะ, 2559, 7) สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$P = \frac{R_H + R_L}{N_H + N_L}$$

|       |       |     |                                     |
|-------|-------|-----|-------------------------------------|
| เมื่อ | $P$   | คือ | ค่าความยากง่ายของข้อคำถาม           |
|       | $R_H$ | คือ | จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงที่ตอบถูก    |
|       | $R_L$ | คือ | จำนวนนักเรียนในกลุ่มต่ำที่ตอบถูก    |
|       | $N_H$ | คือ | จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มคะแนนสูง |
|       | $N_L$ | คือ | จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มคะแนนต่ำ |

ในการพิจารณาค่าความยากง่ายนั้น ข้อสอบที่ดีจะมีระดับความยากง่าย เท่ากับ  $0.5$  ซึ่งจะทำให้เกิดค่าอำนาจการจำแนกสูงสุดและมีความเชื่อมั่นสูง อย่างไรก็ตามในการสอบวัดความรู้ ผลการเรียนรู้โดยทั่วไป มักนิยมให้มีข้อสอบที่มีระดับความยากง่ายในระดับต่าง ๆ ปะปนกันไป โดยจัดให้มีข้อสอบมีค่าความยากง่ายพอเหมาะ ( $P$  มีค่าใกล้เคียง  $0.5$ ) เป็นส่วนใหญ่ รวมทั้งให้มีข้อสอบที่ค่อนข้างยากและค่อนข้างง่ายอีกจำนวนหนึ่ง ทั้งนี้ ข้อสอบที่ดีควรมีค่าความยากง่ายระหว่าง  $0.20 - 0.80$  ในข้อสอบประเภท 4 ตัวเลือก ส่วนข้อสอบประเภทถูก – ผิด ค่าความยากง่ายควรอยู่ระหว่าง  $0.60 - 0.70$

4. การหาความเชื่อมั่นโดยวิธีการของคูเดอร์ – ริชาร์ดสัน (Kuder – Richardson) KR – 20 คือ ความคงเส้นคงวาของแบบทดสอบ ใช้สำหรับหาค่าความเที่ยงที่การวัดมี 2 ระดับ คือ 0 กับ 1 โดยแบบทดสอบมีความยากง่ายแตกต่างกัน (ปราณี หล้าเป็นสะ, 2559, 5) สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$r_n = \frac{K}{K-1} \left[ 1 - \frac{\sum pq}{S^2} \right]$$

|       |       |     |                                                                                             |
|-------|-------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| เมื่อ | $r_n$ | คือ | ค่าความเชื่อมั่นของคูเดอร์ – ริชาร์ดสัน                                                     |
|       | $K$   | คือ | จำนวนข้อมูล                                                                                 |
|       | $p$   | คือ | ความยากง่ายของข้อสอบแต่ละข้อ (สัดส่วนที่ตอบถูก)                                             |
|       | $q$   | คือ | สัดส่วนที่ตอบผิด ( $1 - p$ )                                                                |
|       | $S^2$ | คือ | ความแปรปรวนทั้งฉบับ หาได้จาก $S^2 = \frac{\sum x^2}{N} - \left( \frac{\sum x}{N} \right)^2$ |

ค่าความเชื่อมั่นที่ใช้ได้ควรมีค่าตั้งแต่ 0.60 – 1.00

5. การหาสถิติหาค่าเฉลี่ย  $\bar{X}$  และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) การคำนวณค่าเฉลี่ย (ปราณี หล้าเป็นสะ, 2559, 5) สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{N}$$

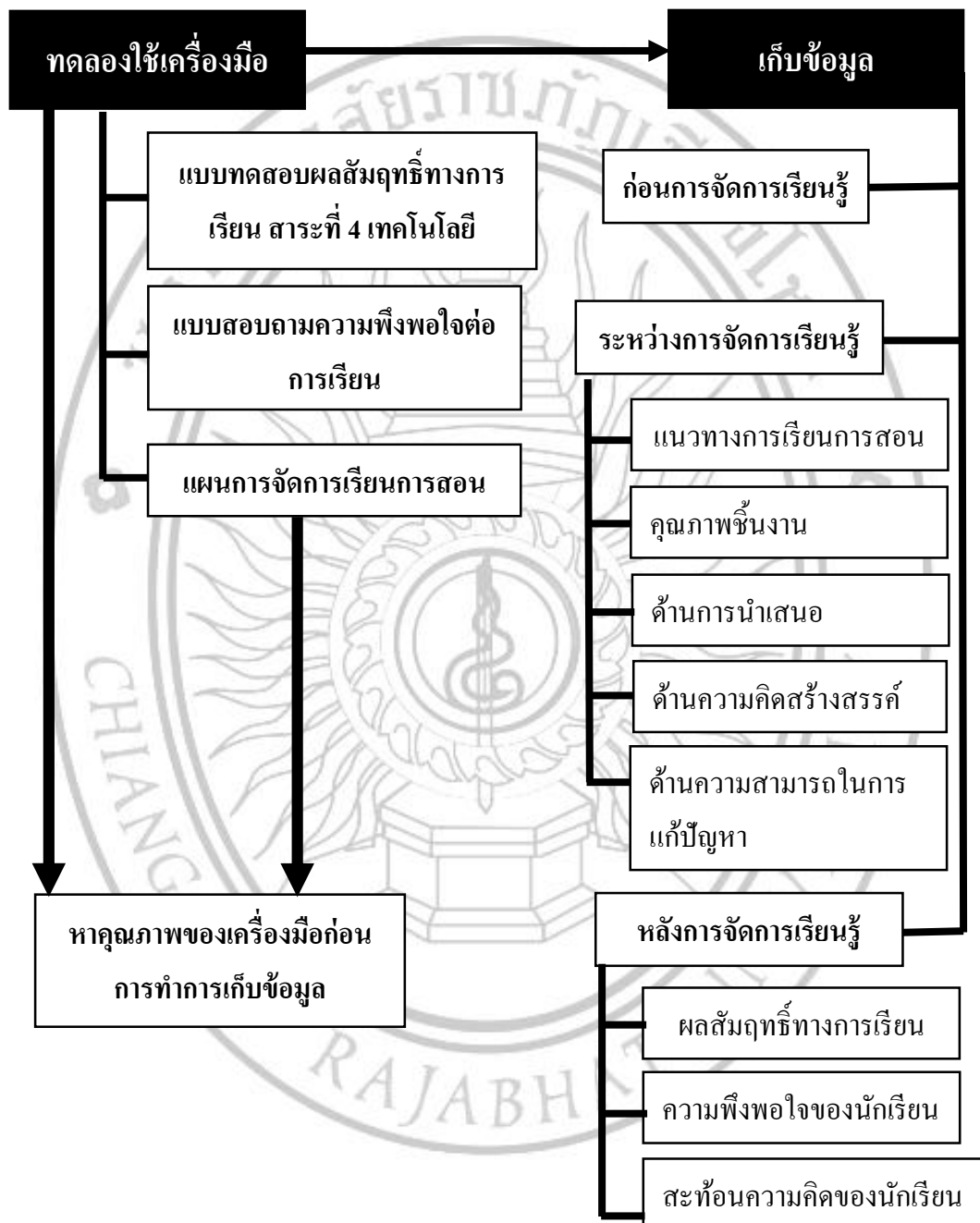
|       |           |     |                       |
|-------|-----------|-----|-----------------------|
| เมื่อ | $\bar{X}$ | คือ | ค่าเฉลี่ยเลขคณิต      |
|       | $\sum x$  | คือ | ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด |
|       | $N$       | คือ | จำนวนผู้เรียน         |

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

|       |      |     |                                 |
|-------|------|-----|---------------------------------|
| เมื่อ | S.D. | คือ | ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน |
|       | $X$  | คือ | ค่าคะแนน                        |

|           |     |                              |
|-----------|-----|------------------------------|
| $\bar{X}$ | คือ | ค่าคะแนนเฉลี่ย               |
| $n$       | คือ | จำนวนผู้เรียนในกลุ่มตัวอย่าง |
| $\Sigma$  | คือ | ผลรวม                        |



ภาพที่ 3.8 แผนภาพวิธีดำเนินการวิจัย

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติโดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ ผู้ศึกษาได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอผลตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลและอภิปรายผลการย้อมสีเส้นด้ายด้วยสีธรรมชาติ

1. การทดสอบสี
2. การทดสอบความคงทนสี

ตอนที่ 2 ผลและอภิปรายผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

1. ผลการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
2. แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการ

ออกแบบเชิงวิศวกรรม

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาผลระหว่างการจัดการเรียนการสอนตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา

1. ผลการประเมินคุณภาพชิ้นงาน
2. ผลการประเมินคุณภาพด้านการนำเสนอผลงาน
3. ผลการประเมินคุณภาพด้านความคิดสร้างสรรค์
4. ผลการประเมินคุณภาพด้านความสามารถในการแก้ปัญหา

ตอนที่ 4 ผลการศึกษาผลหลังการจัดการเรียนการสอนตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา

1. ผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
2. ผลการประเมินความพึงพอใจ
3. ผลการสะท้อนความคิดต่อทักษะการเรียนรู้ของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21

## ตอนที่ 1 ผลและอภิปรายผลการย้อมสีเส้นด้ายด้วยสีธรรมชาติ

### การทดสอบสี

เส้นด้ายฝ้ายจากการย้อมสีธรรมชาติ โดยการย้อมจากการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยม ศึกษาตอนต้น จำนวน 40 คน โรงเรียนบ้านในสอย ตำบลหมอกจำแป่ อำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน จังหวัดแม่ฮ่องสอน จากการทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง Colorful on Cotton Yarns with STEM พบว่า นักเรียนได้มีการออกแบบการทดลองโดยพัฒนาเจดีย์ที่มากที่สุดได้จะมีลักษณะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ในการใช้สารช่วยติด และวิธีการย้อมสี แต่ความเข้มข้นของสารละลายที่เป็นสารละลายช่วยติดนั้น ครูผู้สอนได้ทำการกำหนดไม่เกินความเข้มข้น ร้อยละ 5 มวลต่อปริมาตร จากนั้นผู้ทำการวิจัยได้ทำการศึกษาสภาวะที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการเรียนการสอน

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทดสอบวัดค่าสีของที่เส้นด้ายฝ้ายจากสีธรรมชาติ โดยทำการย้อมสีจากแก่นไม้ฝางและเหง้าของต้นขมิ้น โดยการศึกษาสารช่วยติดและวิธีการย้อมสีเส้นด้ายจากสีธรรมชาติ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวัดสีของการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติ

| ภาพ<br>การทดลอง   | วิธีการย้อมเส้นด้ายฝ้าย |             | การวัดสี     |               |              |
|-------------------|-------------------------|-------------|--------------|---------------|--------------|
|                   | มอร์แดนต์               | วิธีการย้อม | L*           | a*            | b*           |
| <b>ขมิ้นชัน</b>   |                         |             |              |               |              |
| ก                 | สารส้ม                  | ย้อมหลัง    | 41.57 ± 0.72 | 10.18 ± 0.22  | 35.17 ± 1.22 |
| ข                 | คอปเปอร์ซัลเฟต          | ย้อมก่อน    | 44.25 ± 0.52 | - 0.56 ± 0.17 | 30.33 ± 0.47 |
| ค                 | แคลเซียมคลอไรด์         | ย้อมพร้อม   | 42.53 ± 0.58 | 7.25 ± 0.40   | 33.45 ± 0.41 |
| <b>แก่นไม้ฝาง</b> |                         |             |              |               |              |
| ง                 | สารส้ม                  | ย้อมก่อน    | 36.36 ± 0.79 | 16.16 ± 0.58  | 8.28 ± 0.26  |
| จ                 | คอปเปอร์ซัลเฟต          | ย้อมหลัง    | 34.65 ± 0.79 | 3.90 ± 0.28   | 7.11 ± 0.57  |



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)



(จ)

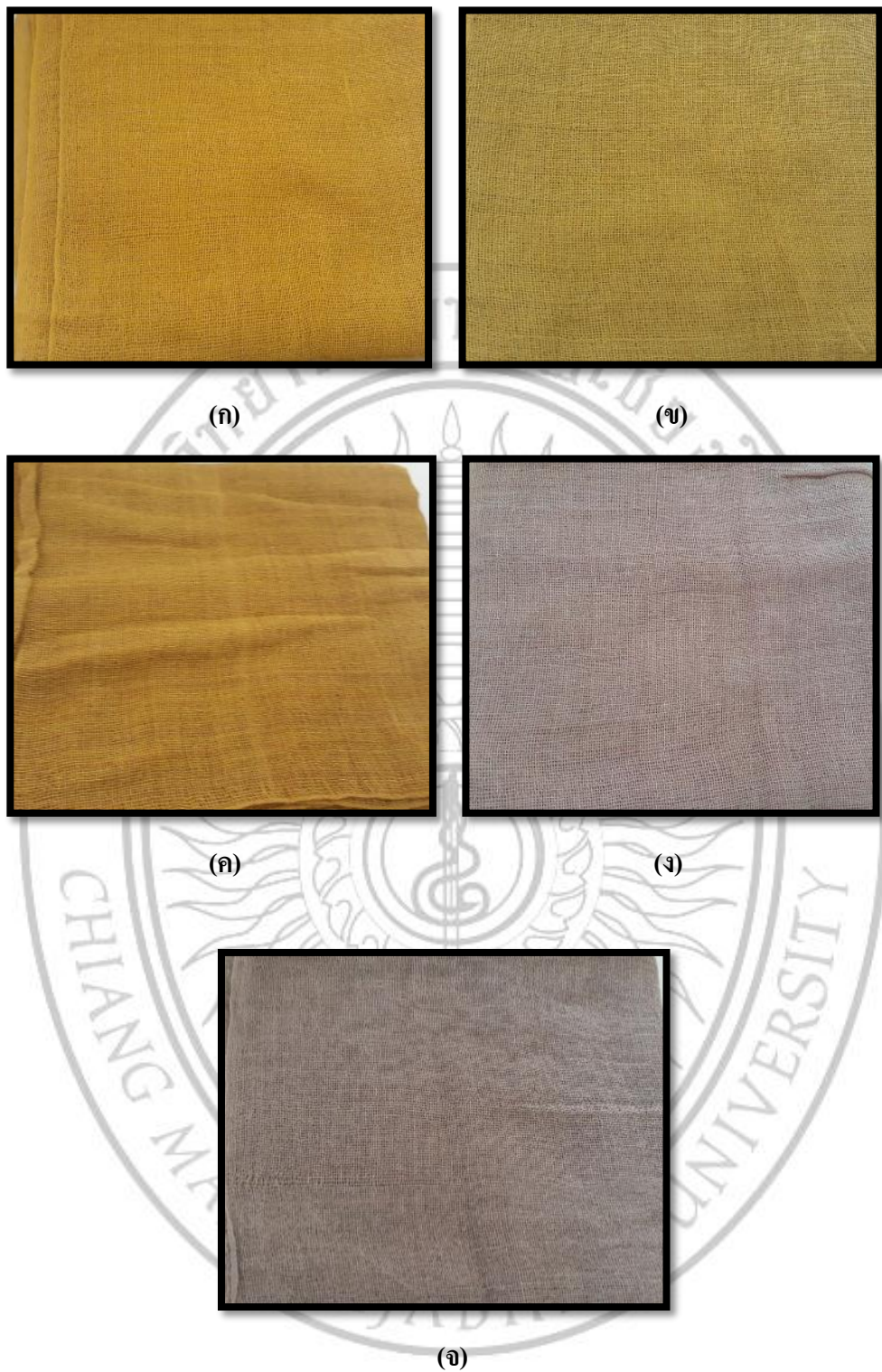
ภาพที่ 4.1 ตัวอย่างเส้นด้ายฝ้ายที่ได้จากการย้อมสีธรรมชาติ

จากการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการทดสอบวัดค่าสีของที่เส้นด้ายฝ้ายจากสีธรรมชาติ โดยนำเส้นด้ายฝ้ายมาทำการทอเป็นผืนผ้า ดังภาพที่ 4.1 เพื่อทดสอบสีในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการวัดสีของการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติที่ทอเป็นผืนผ้า

| การทดลอง          | วิธีการย้อมเส้นด้ายฝ้ายเพื่อทอเป็นผืนผ้า |             | การวัดสี         |                 |                  |
|-------------------|------------------------------------------|-------------|------------------|-----------------|------------------|
|                   | มอร์แดนท์                                | วิธีการย้อม | L*               | a*              | b*               |
| <b>ขมิ้นชัน</b>   |                                          |             |                  |                 |                  |
| ก                 | สารส้ม                                   | ย้อมหลัง    | $46.05 \pm 1.67$ | $7.25 \pm 1.62$ | $36.75 \pm 0.74$ |
| ข                 | คอปเปอร์ซัลเฟต                           | ย้อมก่อน    | $38.57 \pm 0.28$ | $5.94 \pm 0.06$ | $25.31 \pm 0.85$ |
| ค                 | แคลเซียมคลอไรด์                          | ย้อมพร้อม   | $43.14 \pm 0.35$ | $0.46 \pm 0.14$ | $25.98 \pm 0.26$ |
| <b>แก่นไม้ฝาง</b> |                                          |             |                  |                 |                  |
| ง                 | สารส้ม                                   | ย้อมก่อน    | $44.98 \pm 0.25$ | $9.45 \pm 0.30$ | $8.92 \pm 0.09$  |
| จ                 | คอปเปอร์ซัลเฟต                           | ย้อมหลัง    | $34.65 \pm 0.79$ | $3.90 \pm 0.28$ | $7.11 \pm 0.57$  |





ภาพที่ 4.2 ตัวอย่างผ้าทอจากเส้นด้ายฝ้ายที่ได้จากการย้อมสีธรรมชาติ

จากตารางที่ 4.1 และ 4.2 พบว่า เกรดสีที่เกิดจากกิจกรรมการเรียนรู้การสอนขึ้นอยู่กับปัจจัยของชนิดของสารช่วยติด ความเข้มข้นของสารช่วยติด และวิธีการย้อมของสารช่วยติด ซึ่งจากการทดลอง พบว่า การนำเส้นด้ายที่ผ่านกระบวนการย้อมเพื่อทำการทอเป็นผืนผ้าจะมีสีที่อ่อนลงแต่มีสม่ำเสมอของสีมากกว่า

#### การทดสอบความคงทนของสี

ตารางที่ 4.3 ผลการวัดความคงทนของสีของการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีย้อมธรรมชาติที่ทอเป็นผืนผ้า

| การทดลอง          | วิธีการย้อมเส้นด้ายฝ้ายเพื่อทอเป็นผืนผ้า |             | ความคงทนของสี |                  |                 |
|-------------------|------------------------------------------|-------------|---------------|------------------|-----------------|
|                   | มอร์แดนท์                                | วิธีการย้อม | การซัก        | การขัดถู (เปียก) | การขัดถู (แห้ง) |
| <b>ขมิ้นชัน</b>   |                                          |             |               |                  |                 |
| 1                 | สารส้ม                                   | ย้อมหลัง    | 2.5           | 3                | 4               |
| 2                 | คอปเปอร์ซัลเฟต                           | ย้อมก่อน    | 3.5           | 3                | 4               |
| 3                 | แคลเซียมคลอไรด์                          | ย้อมพร้อม   | 3             | 3.5              | 4.5             |
| <b>แก่นไม้ฝาง</b> |                                          |             |               |                  |                 |
| 4                 | สารส้ม                                   | ย้อมก่อน    | 1.5           | 4                | 4.5             |
| 5                 | คอปเปอร์ซัลเฟต                           | ย้อมหลัง    | 3             | 4                | 4.5             |

จากตารางที่ 4.3 พบว่า เกรดสีที่เกิดจากกิจกรรมการเรียนรู้การสอนขึ้น เมื่อทดสอบความคงทนของเกรดสี จากการซักและการขัดถู พบว่า ความคงทนต่อการซักมีความคงทนของสีจากการซักมีความคงทนน้อยมีการเปลี่ยนแปลงเกรดสี แต่ความคงทนของการขัดถูพบว่าผืนผ้าที่ผ่านการทดสอบทั้งสภาวะเปียกและสภาวะแห้งมีความคงทนสีมาก มีการเปลี่ยนแปลงสีเพียงเล็กน้อย

## ตอนที่ 2 ผลและอภิปรายผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

### ผลการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยออกแบบกิจกรรม โดยสร้างแผนการจัดการเรียนรู้จากการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีย้อมธรรมชาติโดยใช้โคลนเป็นสารช่วย เพื่อใช้ในการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนชุมชนบ้านบวกครกน้อย อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลาในการจัดกิจกรรมทั้งหมด 15 ชั่วโมง โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ได้มีวิธีการสอนที่ใช้การสอนแบบ

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการพัฒนาการที่ดีขึ้นและมีทัศนคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยเป็นข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 20 ข้อ เรื่อง การย้อมด้วยฝ้ายจากแก่นไม้ฝาง และนำไปทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ โดยมีลำดับการทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ ดังนี้

1. หาค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหา (IOC: Index of Item Objective Congruence)
2. หาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination, r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
3. หาค่าความยากง่าย (Difficulty, p) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
4. หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ในขั้นตอนแรก คือ การหาค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหา IOC ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ทำการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ได้ผล ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการคำนวณหาค่า IOC ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

| ข้อที่ | ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ |           |           |           | แปลผล     |
|--------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|        | ท่านที่ 1               | ท่านที่ 2 | ท่านที่ 3 | ค่าเฉลี่ย |           |
| 1      | +1                      | +1        | +1        | +1        | ใช้ได้    |
| 2      | +1                      | +1        | 0         | 0.67      | ใช้ได้    |
| 3      | +1                      | +1        | +1        | +1        | ใช้ได้    |
| 4      | 0                       | +1        | -1        | 0.00      | ใช้ไม่ได้ |
| 5      | +1                      | +1        | +1        | +1        | ใช้ได้    |
| 6      | +1                      | +1        | +1        | +1        | ใช้ได้    |
| 7      | +1                      | +1        | +1        | +1        | ใช้ได้    |
| 8      | +1                      | +1        | +1        | +1        | ใช้ได้    |
| 9      | +1                      | +1        | +1        | +1        | ใช้ได้    |
| 10     | +1                      | +1        | +1        | +1        | ใช้ได้    |
| 11     | +1                      | +1        | +1        | +1        | ใช้ได้    |
| 12     | +1                      | +1        | +1        | +1        | ใช้ได้    |
| 13     | +1                      | +1        | +1        | +1        | ใช้ได้    |
| 14     | +1                      | +1        | +1        | +1        | ใช้ได้    |

## ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

| ข้อที่ | ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ |           |           |           | แปลผล  |
|--------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|--------|
|        | ท่านที่ 1               | ท่านที่ 2 | ท่านที่ 3 | ค่าเฉลี่ย |        |
| 15     | +1                      | +1        | +1        | +1        | ใช้ได้ |
| 16     | +1                      | +1        | 0         | 0.67      | ใช้ได้ |
| 17     | +1                      | +1        | +1        | +1        | ใช้ได้ |
| 18     | +1                      | +1        | +1        | +1        | ใช้ได้ |
| 19     | +1                      | +1        | 0         | 0.67      | ใช้ได้ |
| 20     | +1                      | +1        | +1        | +1        | ใช้ได้ |

หมายเหตุ ข้อที่ 4 ได้มีการแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญแล้ว จึงนำมาใช้ได้  
และตัวอย่างการคำนวณแสดงไว้ที่หน้าภาคผนวก ข.1

จากตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าได้ค่า IOC และคำนวณค่า IOC พบว่า ผลการประเมินผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC ที่ยอมรับได้ควรมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2539, 249) จึงสามารถนำข้อสอบที่จัดทำขึ้นไปใช้ทดสอบกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นตอนต้น โรงเรียนชุมชนบ้านบวกรกน้อย อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 31 คน เพื่อนำผลคะแนนที่ได้มาคำนวณทางสถิติหาค่าอำนาจ จำแนกโดยมีเกณฑ์ที่ยอมรับได้ควรอยู่ระหว่าง  $-1.00$  ถึง  $+1.00$  (ปราณี หล้าเป็นสะ, 2559, 7) และค่าความยากง่าย โดยมีเกณฑ์ที่ยอมรับได้ควรอยู่ที่  $0.20 - 0.80$  (ปราณี หล้าเป็นสะ, 2559, 7) ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการคำนวณค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากง่ายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

| ข้อ | จำนวนนักเรียนที่ตอบถูก |                     | จำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ตอบถูก | ความยากง่าย | อำนาจจำแนก | ผลการพิจารณา |
|-----|------------------------|---------------------|-------------------------------|-------------|------------|--------------|
|     | กลุ่มสูง<br>(N = 8)    | กลุ่มต่ำ<br>(N = 8) |                               |             |            |              |
| 1   | 7                      | 2                   | 17                            | 0.56        | 0.63       | ใช้งานได้    |
| 2   | 4                      | 4                   | 11                            | 0.50        | 0.00       | ใช้งานไม่ได้ |
| 3   | 5                      | 1                   | 16                            | 0.38        | 0.50       | ใช้งานได้    |
| 4   | 8                      | 4                   | 24                            | 0.75        | 0.50       | ใช้งานได้    |
| 5   | 7                      | 4                   | 20                            | 0.69        | 0.38       | ใช้งานได้    |
| 6   | 8                      | 3                   | 21                            | 0.69        | 0.63       | ใช้งานได้    |
| 7   | 8                      | 4                   | 19                            | 0.75        | 0.50       | ใช้งานได้    |
| 8   | 7                      | 5                   | 21                            | 0.75        | 0.25       | ใช้งานได้    |
| 9   | 8                      | 6                   | 26                            | 0.88        | 0.25       | ใช้งานได้    |
| 10  | 8                      | 3                   | 21                            | 0.69        | 0.63       | ใช้งานได้    |
| 11  | 8                      | 2                   | 25                            | 0.63        | 0.75       | ใช้งานได้    |
| 12  | 7                      | 2                   | 22                            | 0.56        | 0.63       | ใช้งานได้    |
| 13  | 8                      | 4                   | 23                            | 0.75        | 0.50       | ใช้งานได้    |
| 14  | 6                      | 1                   | 14                            | 0.44        | 0.63       | ใช้งานได้    |
| 15  | 8                      | 2                   | 23                            | 0.63        | 0.75       | ใช้งานได้    |
| 16  | 8                      | 0                   | 16                            | 0.50        | 1.00       | ใช้งานได้    |
| 17  | 8                      | 1                   | 16                            | 0.56        | 0.88       | ใช้งานได้    |
| 18  | 8                      | 4                   | 26                            | 0.75        | 0.50       | ใช้งานได้    |
| 19  | 8                      | 1                   | 20                            | 0.56        | 0.88       | ใช้งานได้    |
| 20  | 8                      | 3                   | 20                            | 0.69        | 0.63       | ใช้งานได้    |

หมายเหตุ ผลการพิจารณาใช้ค่าอำนาจจำแนกเป็นเกณฑ์หลัก และตัวอย่างการคำนวณแสดงไว้ที่ภาคผนวก ข



เมื่อคำนวณหาค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากง่าย นำแบบทดสอบคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบได้ค่าเท่ากับ 0.845 ซึ่งมีเกณฑ์ที่ยอมรับได้อยู่ที่ 0.60 – 1.00 (ปราณี หล้าเป็นสะ, 2559) แสดงว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนี้มีความเชื่อมั่นผ่านเกณฑ์เมื่อทำการทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ

**แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม**

### ขั้นระบุปัญหา

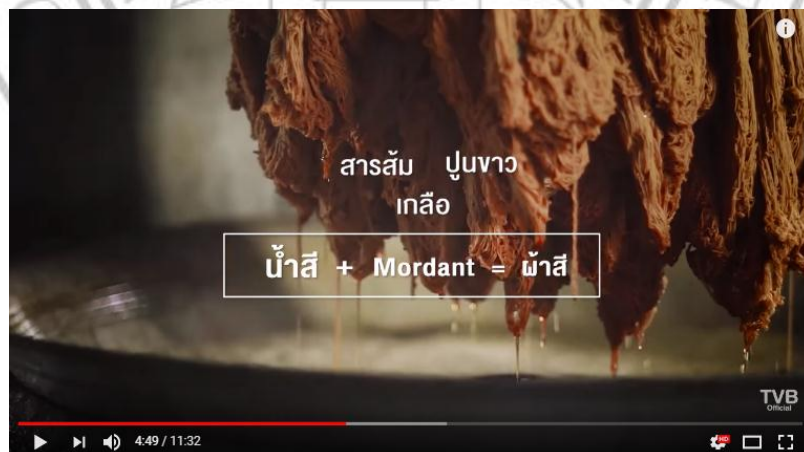
1. ทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนด้วยการใช้คำถามปลายเปิด เพื่อตรวจสอบองค์ความรู้เดิมและแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน และสร้างความสนใจเกี่ยวกับสิ่งที่จะสอนต่อไป

ครู : นักเรียนเรียนรู้อะไรมาบ้างแล้วเกี่ยวกับสารละลาย

นักเรียน : (นักเรียนส่วนใหญ่ตอบไปทางเดียวกัน) สารละลาย คือ ของผสมตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมาผสมรวมกัน ประกอบไปด้วย ตัวทำละลายและตัวถูกละลาย มี 3 สถานะ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ความเข้มข้นของสารละลาย

ครู : นักเรียนคิดว่าความสัมพันธ์ระหว่างสารละลาย ความเข้มข้นของสารละลายกับการย้อมสีผ้าจากธรรมชาติเป็นอย่างไร โดยให้นักเรียนดูคลิปวิดีโอการย้อมสีผ้าจากธรรมชาติ

นักเรียน : น้ำย้อมที่ได้จากการต้มพืช เป็นสารละลายสีที่เกิดขึ้นแตกต่างกันไป ต้องตวงน้ำย้อมในสัดส่วนที่เหมาะสม จึงจะได้เฉดสีเข้มอ่อนต่างกัน (บันทึกภาคสนาม การปฏิบัติการสอน ครั้งที่ 1, วันที่ 22 พฤศจิกายน 2560)



**ภาพที่ 4.3** ตัวอย่างวิดีโอการย้อมสีผ้าจากธรรมชาติ

**ที่มา :** กบนอกกะลา, 2560

จากบทสนทนาข้างต้น พบว่า เมื่อมีการทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนและสร้างความสนใจโดยการเชื่อมโยงองค์ความรู้เดิมกับความรู้ใหม่เรื่องการย้อมด้ายฝ้ายจากสีธรรมชาติ บรรยายภาสในห้องเรียนเป็นไปอย่างสนุกสนานและครึกกับนักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน

2. จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยสร้างสถานการณ์ เพื่อเน้นให้นักเรียนมีทักษะในการแก้ปัญหา มีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และนำไปสู่การสร้างสรรค์ผลงานต่อไป

ครูสมมติสถานการณ์ต่อไปนี้เป็น “ผู้ใหญ่บ้านของชุมชนแห่งหนึ่งในตำบลหนองป่าครั่ง อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ได้มีนโยบายให้จัดการแข่งขันการพัฒนาเจดสีจากการย้อมสีด้ายฝ้ายจากแก่นไม้ฝางขึ้นในชุมชน โดยที่ทุกครัวเรือนต้องส่งเจดสีในการย้อมด้ายฝ้ายจากแก่นไม้ฝาง เพื่อเข้าร่วมการประกวด สมมติว่านักเรียนเป็นหนึ่งในสมาชิกของครัวเรือนในชุมชนนั้น นักเรียนจะมีแนวคิดในการพัฒนาเจดสีที่ได้จากการย้อมสีด้ายฝ้ายจากแก่นไม้ฝางอย่างไร ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า ต้องใช้ต้นทุนการผลิตไม่เกิน 300 บาท และได้เจดสีมากที่สุด” โดยให้นักเรียนช่วยกันระดมความคิดว่าจะพัฒนาเจดสีจากการย้อมสีด้ายฝ้ายจากแก่นไม้ฝางอย่างไรและให้วิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดโดยใช้ประเด็นคำถาม ดังภาพที่ 4.4

คำชี้แจง ปฏิบัติกิจกรรมและบันทึกรายละเอียดการปฏิบัติ ตามประเด็นต่างๆต่อไปนี้

1. จากสถานการณ์ “ปัญหาและเงื่อนไข” คืออะไร

ใช้ต้นทุนไม่เกิน 300 บาท

และได้เจดสีมากที่สุด

2. นักเรียนคิดว่าการพัฒนาเจดสีในการย้อมสีด้ายฝ้ายจากแก่นไม้ฝาง ให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ ต้องอาศัยความรู้และคำนึงถึงปัจจัยอะไรบ้าง (อธิบายเป็นข้อความสั้นๆ เพื่อให้เข้าใจ)

- วัตถุดิบที่เลือกใช้

- การผสมสี

- วัสดุและเครื่องมือ

- วัสดุตกแต่ง

ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างคำถามและคำตอบของนักเรียน

ในใบกิจกรรมที่ 1 Being Colorful on Cotton Yarns with STEM



จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ข้างต้น พบว่า เมื่อมีสถานการณ์หรือปัญหาเกิดขึ้น นักเรียนสามารถวิเคราะห์หรือระบุปัญหาที่เกิดขึ้นได้ สืบเนื่องมาจากการได้รับความรู้จากการทบทวนความรู้เดิมและเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้น

ดังนั้นชี้ให้เห็นว่าในขั้นระบุปัญหาควรมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะในการแก้ปัญหา การทบทวนความรู้เดิม สร้างความสนใจโดยการเชื่อมโยงองค์ความรู้เดิมกับความรู้ใหม่และให้นักเรียนและครูมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน เพื่อนำไปสู่การสร้างสรรค์ผลงานจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

#### ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

1. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการย้อมสีด้วยฝ้ายจากธรรมชาติ โดยเน้นทักษะการทำงานกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีซึ่งกันและกัน และสามารถนำข้อมูลหรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องไปใช้ในการสร้างสรรค์ผลงานต่อไป

ครูให้นักเรียนทำการศึกษาข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องจากคลิปวิดีโอการย้อมสีด้วยฝ้ายจากธรรมชาติที่นักเรียนได้ดูวิดีโอในข้อ 1 และใบความรู้ ดังภาพที่ 4.5 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.5 บรรยากาศการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องจากใบความรู้ที่ 1

Being Colorful on Cotton Yarns with STEM ของนักเรียน

จากการศึกษาข้อมูลข้างต้น พบว่า นักเรียนมีความกระตือรือร้น สนใจใฝ่รู้ ในการรวบรวมข้อมูลหรือแนวคิดที่เกี่ยวข้อง โดย เพื่อนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหาและสร้างสรรค์ ผลงานจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2. จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยให้นักเรียนวิเคราะห์จากสิ่งที่นักเรียนได้รวบรวม ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง โดยเน้นทักษะการทำงานกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนได้มีทักษะการทำงาน ร่วมกันเป็นกลุ่ม การมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีซึ่งกันและกัน การนำเสนอแลกเปลี่ยนเรียนรู้โดยการซักถาม และให้ร่วมแสดงความคิดเห็น และสามารถนำข้อมูลหรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องไปใช้ในการสร้างสรรค์ ผลงาน

ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันระดมความคิดและร่วมกันวิเคราะห์ว่าจากการ รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง นักเรียนสามารถมีวิธีการพัฒนาเจดีย์ เลือกวัสตูปกรณ์ พืช และสารเคมีใดบ้าง และเลือกวิธีการย้อมด้วยฝ้ายวิธีการใดในการสร้างผลงาน พร้อมบอกเหตุผลใน การเลือกใช้เหล่านั้น แนวคิดในการสร้างชิ้นงานภายในกลุ่มโดยใช้ประเด็นคำถาม ดังภาพที่ 4.6

3. จากสถานการณ์ที่กำหนด นักเรียนเลือกพืชและสารเคมีใดบ้าง และเลือกวิธีการย้อมด้วยฝ้ายวิธีการใด ในการสร้างชิ้นงานพัฒนาเจดีย์ในการย้อมสีด้วยฝ้ายจากแก่นไม้ฝาง เพื่อให้สามารถผ่านเกณฑ์ที่ กำหนด เพราะเหตุใด

|              |                                                      |
|--------------|------------------------------------------------------|
| - เกสรตองแดง | - การย้อมร้อน (การย้อมเมล็ด และย้อมทั้งกับการย้อมสี) |
| - โซดา แอช   | เพราะทำให้ผ้าขาว ฝ้ายติดกับสี                        |
| - ลนสี       | และใช้เวลาไม่นาน                                     |
| - แก่นไม้ฝาง |                                                      |
| - สว่านสี    |                                                      |
| - ฝ้ายขาว    |                                                      |

ภาพที่ 4.6 ตัวอย่างคำถามและคำตอบของนักเรียนในใบกิจกรรมที่ 1

Being Colorful on Cotton Yarns with STEM

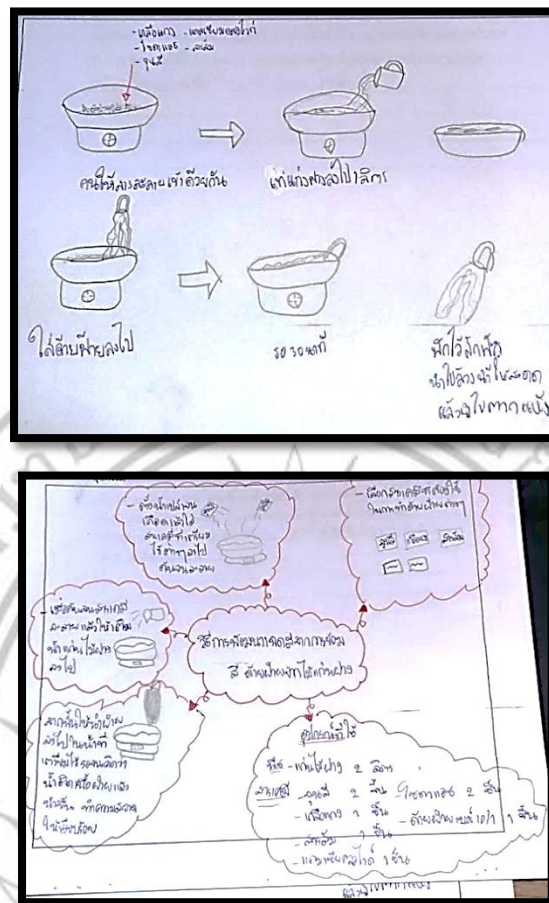
จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ข้างต้น พบว่า เมื่อนักเรียนได้ทำการรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการย้อมสีด้วยฝ้ายจากธรรมชาติ นักเรียนสามารถวิเคราะห์และรวบรวม องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการย้อมสีด้วยฝ้ายจากธรรมชาติได้อย่างสร้างสรรค์

ดังนั้นชี้ให้เห็นว่าในขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ควรมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะการทำงานกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนได้มีทักษะการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม การซักถาม การร่วมกันแสดงความคิดเห็น การมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีซึ่งกันและกัน และสามารถนำข้อมูลหรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องไปใช้ในการสร้างสรรค์ผลงาน

### ขั้นตอนแบบวิธีการแก้ปัญหา

1. จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยให้นักเรียนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยเน้นทักษะการแก้ปัญหาและทักษะการทำงานกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนได้มีทักษะในการแก้ไขปัญหา การออกแบบการเลือกวิธีการในการแก้ปัญหา การมีทักษะในการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม การมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีซึ่งกันและกัน การนำเสนอแลกเปลี่ยนเรียนรู้โดยการซักถามและให้ร่วมแสดงความคิดเห็น และสามารถนำการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ในการสร้างสรรค์ผลงานต่อไป

ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบวิธีการพัฒนาเจตคติจากการข้อมสื่อด้ายฝ้ายจากแก่นไม้ฝาง ตามเงื่อนไขที่กำหนดจากการวิเคราะห์สถานการณ์ในข้อ 1 โดยให้นักเรียนเขียนภาพร่างการออกแบบวิธีการพัฒนาเจตคติจากการข้อมสื่อด้ายฝ้ายจากแก่นไม้ฝางในรูปของผังมโนทัศน์แล้วให้ แต่ละกลุ่มนำเสนอภาพร่างของกลุ่ม พร้อมเหตุผลในการออกแบบ วัสดุที่เลือก และคำนวณต้นทุนในการผลิต แล้วนำไปภาพร่างของกลุ่มไปปรับปรุงครั้งที่ครู ดังภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 ตัวอย่างภาพร่างการออกแบบวิธีการพัฒนาเจตคติจากการเชื่อมโยงสายฝ้ายจากแกนไม้ฝางในใบกิจกรรมที่ 1 Being Colorful on Cotton Yarns with STEM

ดังนั้นชี้ให้เห็นว่าในขั้นตอนการแก้ปัญหาที่เน้นทักษะการแก้ปัญหาและทักษะการทำงานกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนได้ออกแบบและเลือกวิธีการในการแก้ปัญหา จากนั้นมีการนำเสนอแลกเปลี่ยนเรียนรู้โดยการซักถามและให้ร่วมแสดงความคิดเห็นร่วมกันเป็นกลุ่ม เพื่อนำไปสู่การสร้างสรรค์ผลงาน ตามเงื่อนไขที่กำหนดจากการวิเคราะห์สถานการณ์ ซึ่งส่งผลให้นักเรียนมีทักษะในการแก้ปัญหาและทักษะในการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม

#### ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

1. จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยให้นักเรียนวางแผนและลงมือทำผลงาน Colorful on Cotton Yarns with STEM โดยเน้นทักษะการลงมือปฏิบัติและทักษะการทำงานกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนได้มีทักษะในการลงมือปฏิบัติและทักษะการทำงานกลุ่ม การมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีซึ่งกันและกัน จากการปฏิบัติกิจกรรมการเชื่อมโยงสายฝ้ายจากแกนไม้ฝาง เพื่อให้นักเรียนเข้าใจแนวทางและลงมือปฏิบัติกิจกรรมที่เป็นรูปธรรมมากขึ้นต่อไป



ครูให้นักเรียนวางแผนและลงมือย้อมสีด้วยฝ้ายจากแก่นไม้ฝาง จากการออกแบบ  
วิธีการพัฒนาเจดีย์จากการย้อมสีด้วยฝ้ายจากแก่นไม้ฝาง ตามที่นักเรียนได้ออกแบบไว้ ดังภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 บรรยากาศการย้อมสีด้วยฝ้ายจากแก่นไม้ฝาง จากการออกแบบวิธีการ  
พัฒนาเจดีย์จากการย้อมสีด้วยฝ้ายจากแก่นไม้ฝางของนักเรียน

ดังนั้นชี้ให้เห็นว่าในขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ควรมีการจัดกิจกรรมการ  
เรียนรู้ที่เน้น ทักษะการลงมือปฏิบัติและทักษะการทำงานกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนได้มีทักษะในการลง  
มือปฏิบัติและทักษะการทำงานกลุ่ม จากการปฏิบัติการลงมือย้อมสีด้วยฝ้ายจากแก่นไม้ฝางด้วย  
ตัวเอง ซึ่งส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจในการย้อมสีด้วยฝ้ายจากแก่นไม้ฝางมากขึ้นและได้  
สร้างสรรค์ผลงาน ที่เป็นรูปธรรมตามเงื่อนไขที่กำหนด

**ขั้นตอนสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน**

1. ทดสอบและประเมินผลจากการสร้างสรรค์ผลงาน ที่นักเรียนได้ปฏิบัติต่อไป  
ครูทำการทดสอบชิ้นงานของนักเรียนแต่ละกลุ่ม ตามเกณฑ์และเงื่อนไขที่กำหนด ดังภาพที่ 4.9

| ผลการทดสอบชิ้นงาน |                        |                    |  |
|-------------------|------------------------|--------------------|--|
| ผ่านเงื่อนไขที่   |                        | ไม่ผ่านเงื่อนไขที่ |  |
| กำหนด             |                        | กำหนด              |  |
|                   | ✓ ผ่านเงื่อนไขที่กำหนด |                    |  |

**\*\*กรณีที่ยื่นงานไม่ผ่านเงื่อนไขที่กำหนด ให้บันทึกรายละเอียด**

\* กลุ่มของนักเรียนใช้ต้นทุนในการผลิต.....17.0 บาท

\* กลุ่มของนักเรียนใช้เศษสีจำนวน.....1.....เฉลี่ย

ภาพที่ 4.9 ตัวอย่างผลการทดสอบชิ้นงานในใบกิจกรรมที่ 1

Being Colorful on Cotton Yarns with STEM

ครูทำการประเมินผลโดยให้นักเรียนออกมานำเสนอชิ้นงานจากการสร้างสรรค์ผลงานที่นักเรียนได้ปฏิบัติ ดังภาพที่ 4.10 และภาพที่ 4.11 ตามลำดับ

| แบบประเมินคุณภาพชิ้นงาน Colorful on cotton yarns with STEM ที่เกิดจากการออกแบบด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และคุณภาพผลงานจากการบันทึกกิจกรรม |           |             |         |         |               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------|---------|---------|---------------|
| รายการประเมิน                                                                                                                                   | คะแนนเต็ม | คะแนนที่ได้ |         |         | โบนัสเพิ่ม    |
|                                                                                                                                                 |           | กลุ่ม 1     | กลุ่ม 2 | กลุ่ม 3 |               |
| ชิ้นงาน/ผลงาน                                                                                                                                   | 25        | 20          | 20      | 20      | + 5 (กลุ่ม 1) |
| เวลาที่ใช้ในการสร้างสรรค์ผลงานทั้งหมด                                                                                                           | 10        | 8           | 6       | 5       |               |
| ต้นทุนการผลิต                                                                                                                                   | 10        | 8           | 8       | 7       |               |
| การนำเสนอผลงาน                                                                                                                                  | 15        | 10          | 12      | 8       |               |
| การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม                                                                                                               | 15        | 14          | 14      | 14      |               |
| การบูรณาการความรู้ (STEM)                                                                                                                       | 25        | 20          | 18      | 18      |               |
| คิดเป็นร้อยละ                                                                                                                                   |           | 88          | 78      | 72      |               |

ภาพที่ 4.10 การประเมินคุณภาพชิ้นงาน Being Colorful on Cotton Yarns with STEM ที่เกิดจากการออกแบบด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม



ภาพที่ 4.11 บรรยายการนำเสนอชิ้นงานจากการสร้างสรรค์ผลงาน Cotton Design STEM

จากการทดสอบและประเมินผลจากการสร้างสรรค์ผลงานที่นักเรียนได้ปฏิบัติข้างต้น พบว่า นักเรียนทุกกลุ่มผ่านเกณฑ์การทดสอบและผ่านเกณฑ์การประเมินคุณภาพชิ้นงาน นักเรียนสามารถสร้างสรรค์ผลงานออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพและผ่านเกณฑ์ตามเงื่อนไขที่กำหนด

2. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยเน้นการวิเคราะห์และปรับปรุงพัฒนา จากการลงมือทำผลงาน เพื่อให้ นักเรียนหาแนวในการปรับปรุงและพัฒนาผลงานของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ต่อไป

ครูให้นักเรียนทุกกลุ่มวิเคราะห์ผลงานของกลุ่มตนเอง วิเคราะห์จุดเด่น จุดที่ควรปรับปรุง พัฒนา พร้อมเสนอแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาพร้อมเหตุผล โดยใช้ประเด็นคำถาม ดังภาพที่ 4.12 และภาพที่ 4.13 ตามลำดับ

5. เมื่อนักเรียนสร้างชิ้นงานตามแบบร่างที่ออกแบบ กลุ่มของนักเรียนพบปัญหาที่เกิดขึ้นหรือไม่ นักเรียนแก้ปัญหาอย่างไร

ปัญหาที่พบ คือ ถักช้าๆ ไม่ค่อยติดสีบนผืนผ้า เพราะ ใยคอตตอนสีมากเกินไป  
แก้ไขอย่างไร คือ ใยคอตตอนสีมากเกินไป ผิดๆ ครรอกคนเข้ามามากเกินไป

ภาพที่ 4.12 ตัวอย่างคำถามและคำตอบการวิเคราะห์ผลงานของนักเรียน  
 ในใบกิจกรรมที่ 1 Being Colorful on Cotton Yarns with STEM



6. ภายหลังการทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงานที่กลุ่มสร้างขึ้น กลุ่มของนักเรียนมีแนวคิดในการปรับปรุง พัฒนา ให้ชิ้นงานของกลุ่ม มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้นหรือไม่ อย่างไร เพราะเหตุใด

อยากปรับปรุงให้สี สดและ คงทนกว่าเดิม อยากให้สีติดแน่นมากกว่านี้  
อยากให้มีกลิ่นหอม

**ภาพที่ 4.13** ตัวอย่างคำถามและคำตอบการเสนอแนวคิดการปรับปรุงและพัฒนา  
ผลงานของนักเรียน ภายหลังการทดสอบชิ้นงานในใบกิจกรรมที่ 1  
Being Colorful on Cotton Yarns with STEM

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ข้างต้น พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ได้วิเคราะห์ผลงานของกลุ่มตนเองแตกต่างกันออกไป เนื่องจากผลงานที่นักเรียนได้ลงปฏิบัติมีความแตกต่างกัน และเสนอแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาไปทางเดียวกัน คือ อยากปรับปรุงให้สีที่เกิดขึ้นจากการย้อมด้วยฝ้ายสวยงามและได้เฉดสีที่ชัดเจนมากกว่านี้

ดังนั้นชี้ให้เห็นว่าในขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน หลังจากที่ได้ดำเนินการทดสอบและประเมินคุณภาพชิ้นงานของนักเรียน นักเรียนได้ทำการวิเคราะห์ผลงานของกลุ่มตนเอง พร้อมทั้งเสนอแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาเพื่อให้ผลงานมีประสิทธิภาพที่ดีมากยิ่งขึ้น เกิดแนวคิดในการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานที่เป็นนามธรรมมากยิ่งขึ้น เพื่อนำไปสู่ขั้นการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานต่อไป

#### นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

1. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาชิ้นงานจากผลงานที่นักเรียนได้ปฏิบัติต่อไป จากผลการประเมินผลงานให้นักเรียนทุกกลุ่มนำเสนอผลการวิเคราะห์ชิ้นงานของกลุ่มตนเอง โดยการอภิปรายและแสดงความคิดเห็นร่วมกันภายในกลุ่ม ดังภาพที่ 4.14



ภาพที่ 4.14 ตัวอย่างการนำเสนอผลการวิเคราะห์ชิ้นงานของนักเรียน

ดังนั้นชี้ให้เห็นว่าในขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน หลังจากที่นักเรียนได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาชิ้นงานนั้น จะทำให้นักเรียนได้เห็นแนวทางในการแก้ปัญหาที่เป็นนามธรรมมากยิ่งขึ้น และครูผู้สอนควรจัดให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการแก้ปัญหาจากผลงาน เพื่อที่นักเรียนจะได้เห็นผลของการแก้ปัญหาที่นักเรียนได้นำเสนอออกมาได้อย่างเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น สามารถทำให้นักเรียนมีความสุขในการเรียนและได้ลงมือทดลองฝึกฝนในการลงมือทำผลงานและนำไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์อื่น ๆ ต่อไป

### ตอนที่ 3 ผลการศึกษาผลระหว่างการจัดการเรียนการสอนตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา

ผู้วิจัยได้นำแผนการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องการย้อมสีเส้นด้าย ฝ้ายด้วยสีธรรมชาติ โดยใช้สารช่วยติดชนิดต่างๆ เพื่อใช้ในการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนชุมชนบ้านบวกรกน้อย อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ โดยนักเรียนจะได้เรียนรู้และเข้าใจเกี่ยวกับการย้อมด้ายฝ้ายจากสีธรรมชาติและได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรม ซึ่งจากการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ได้ผล ดังนี้

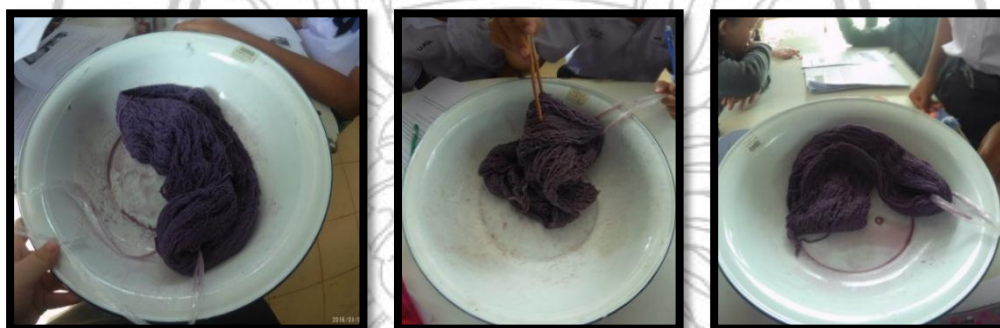
#### ผลการประเมินคุณภาพชิ้นงาน

ผู้วิจัยได้ทำการประเมินคุณภาพชิ้นงานที่เกิดจากการออกแบบด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และคุณภาพผลงานจากการบันทึกกิจกรรม ซึ่งจากการประเมินคุณภาพชิ้นงาน ดังตารางที่ 4.6, 4.7 และ 4.8 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.6 ผลคะแนนจากการประเมินคุณภาพชิ้นงาน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 Being

Colorful on Cotton Yarns with STEM

| ชื่อ-<br>กลุ่ม | รายการประเมิน            |                                           |                    |                        |                                               |                                   | รวมคะแนน | คิดเป็นร้อยละ |
|----------------|--------------------------|-------------------------------------------|--------------------|------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------|----------|---------------|
|                | ชิ้นงานหรือผลงาน<br>(25) | เวลาที่ใช้ในการสร้าง<br>ผลงานทั้งหมด (10) | ต้นทุนการผลิต (10) | การนำเสนอผลงาน<br>(15) | การใช้กระบวนการ<br>ออกแบบเชิงวิศวกรรม<br>(15) | การบูรณาการความรู้<br>(STEM) (25) |          |               |
| 1              | 25                       | 8                                         | 8                  | 13                     | 14                                            | 20                                | 88       | 88            |
| 2              | 20                       | 6                                         | 8                  | 12                     | 14                                            | 18                                | 78       | 78            |
| 3              | 20                       | 5                                         | 7                  | 8                      | 14                                            | 18                                | 72       | 72            |



ภาพที่ 4.15 ชิ้นงานที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้ ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

Being Colorful on Cotton Yarns with STEM

ของนักเรียนกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.7 ผลคะแนนจากการประเมินคุณภาพชิ้นงาน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 Cotton Design STEM

| ชื่อกลุ่ม | รายการประเมิน         |                                       |                     |                                        |                                | รวมคะแนน | คิดเป็นร้อยละ |
|-----------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------|----------------------------------------|--------------------------------|----------|---------------|
|           | ชิ้นงานหรือผลงาน (25) | เวลาที่ใช้ในการสร้างผลงานทั้งหมด (15) | การนำเสนอผลงาน (15) | การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (20) | การบูรณาการความรู้ (STEM) (25) |          |               |
| 1         | 25                    | 4                                     | 13                  | 17                                     | 20                             | 79       | 79            |
| 2         | 25                    | 12                                    | 13                  | 17                                     | 20                             | 87       | 87            |
| 3         | 25                    | 7                                     | 10                  | 17                                     | 18                             | 77       | 77            |



ภาพที่ 4.16 ภาพชิ้นงานที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้ ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 Cotton design STEM ของนักเรียนกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ 3 ตามลำดับ



ตารางที่ 4.8 ผลคะแนนจากการประเมินคุณภาพชิ้นงานแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 Handmade Cotton Products with STEM

| ชื่อ-<br>ชากลุ่ม | รายการประเมิน         |                                           |                     |                                               |                                   | รวมคะแนน | คิดเป็นร้อยละ |
|------------------|-----------------------|-------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------|----------|---------------|
|                  | ชิ้นงานหรือผลงาน (25) | เวลาที่ใช้ในการสร้าง<br>ผลงานทั้งหมด (15) | การนำเสนอผลงาน (15) | การใช้กระบวนการ<br>ออกแบบเชิงวิศวกรรม<br>(20) | การบูรณาการความรู้<br>(STEM) (25) |          |               |
| 1                | 23                    | 5                                         | 10                  | 18                                            | 20                                | 76       | 76            |
| 2                | 20                    | 13                                        | 13                  | 18                                            | 20                                | 84       | 84            |
| 3                | 17                    | 13                                        | 8                   | 15                                            | 17                                | 70       | 70            |



ภาพที่ 4.17 ภาพชิ้นงานที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 Handmade Cotton Products with STEM ของนักเรียน กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ 3 ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.8, 4.9 และ 4.10 ตามลำดับ พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานที่มีคุณภาพผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70 ซึ่งมีร้อยละสูงสุด ร้อยละ 88 และร้อยละต่ำสุด คือ ร้อยละ 70

### ผลการประเมินคุณภาพด้านการนำเสนอผลงาน

ผู้วิจัยได้ทำการประเมินการนำเสนอผลงานที่เกิดจากการออกแบบด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจากการจัดการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 Being Colorful on Cotton Yarns with STEM แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 Cotton Design STEM และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 Handmade Cotton Products with STEM ซึ่งจากการประเมินการนำเสนอผลงาน ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.9 ผลคะแนนจากการประเมินด้านการนำเสนอผลงาน

| กลุ่มที่                                                           | พฤติกรรม / ระดับคะแนน |   |   |                       |   |   |            |   |   |      |   |   |                                          |   |   | รวม<br>คะแนน<br>(15) |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------------|---|---|-----------------------|---|---|------------|---|---|------|---|---|------------------------------------------|---|---|----------------------|
|                                                                    | เนื้อหา<br>ครบถ้วน    |   |   | ความคิด<br>สร้างสรรค์ |   |   | ตรงต่อเวลา |   |   | ภาษา |   |   | ความพร้อมใน<br>การอภิปรายและ<br>ตอบคำถาม |   |   |                      |
|                                                                    | 3                     | 2 | 1 | 3                     | 2 | 1 | 3          | 2 | 1 | 3    | 2 | 1 | 3                                        | 2 | 1 |                      |
| แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 Being Colorful on Cotton Yarns with STEM |                       |   |   |                       |   |   |            |   |   |      |   |   |                                          |   |   |                      |
| 1                                                                  | ✓                     |   |   | ✓                     |   |   | ✓          |   |   | ✓    |   |   | ✓                                        |   |   | 15                   |
| 2                                                                  | ✓                     |   |   | ✓                     |   |   | ✓          |   |   |      | ✓ |   |                                          | ✓ |   | 13                   |
| 3                                                                  |                       | ✓ |   |                       | ✓ |   | ✓          |   |   |      | ✓ |   |                                          |   | ✓ | 10                   |
| แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 Cotton Design STEM                       |                       |   |   |                       |   |   |            |   |   |      |   |   |                                          |   |   |                      |
| 1                                                                  | ✓                     |   |   | ✓                     |   |   | ✓          |   |   | ✓    |   |   | ✓                                        |   |   | 15                   |
| 2                                                                  | ✓                     |   |   | ✓                     |   |   | ✓          |   |   |      | ✓ |   |                                          | ✓ |   | 13                   |
| 3                                                                  |                       | ✓ |   |                       | ✓ |   | ✓          |   |   |      | ✓ |   |                                          |   | ✓ | 10                   |
| แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 Handmade Cotton Products with STEM       |                       |   |   |                       |   |   |            |   |   |      |   |   |                                          |   |   |                      |
| 1                                                                  | ✓                     |   |   | ✓                     |   |   |            | ✓ |   | ✓    |   |   | ✓                                        |   |   | 14                   |
| 2                                                                  | ✓                     |   |   | ✓                     |   |   | ✓          |   |   | ✓    |   |   | ✓                                        |   |   | 15                   |
| 3                                                                  |                       | ✓ |   |                       | ✓ |   |            | ✓ |   | ✓    |   |   |                                          |   | ✓ | 9                    |

จากตารางที่ 4.9 พบว่านักเรียนมีความสามารถในการนำเสนอผลงาน ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 60 (9 คะแนน) ซึ่งมีร้อยละสูงสุดอยู่ที่ ร้อยละ 100 (15 คะแนน) และร้อยละต่ำสุดอยู่ที่ ร้อยละ 60 (9 คะแนน)

### ผลการประเมินคุณภาพด้านความคิดสร้างสรรค์

ผู้วิจัยได้ทำการประเมินด้านความคิดสร้างสรรค์จากการจัดการเรียนรู้ที่เกิดจากการออกแบบด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้ผลดังตารางที่ 4.10

**ตารางที่ 4.10** ผลการประเมินด้านความคิดสร้างสรรค์จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติโดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ

| รายการประเมิน     | ผลการประเมิน            |                             |       |
|-------------------|-------------------------|-----------------------------|-------|
|                   | ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) | ระดับ |
| ความคิดริเริ่ม    | 2.40                    | 0.89                        | ดี    |
| ความคิดคล่องแคล่ว | 1.80                    | 0.45                        | ดี    |
| ความคิดยืดหยุ่น   | 1.80                    | 0.84                        | ดี    |
| ความคิดละเอียดลออ | 2.60                    | 0.89                        | ดีมาก |
| เฉลี่ย            | 2.15                    | 0.77                        | ดี    |

จากตารางที่ 4.10 พบว่า มีการประเมินพฤติกรรมทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนทั้งหมด 4 ด้าน ดังนี้ 1) ความคิดริเริ่ม 2) ความคิดคล่องแคล่ว 3) ความคิดยืดหยุ่น และ 4) ความคิดละเอียดลออ โดยผลคะแนนภาพรวมพบว่าพฤติกรรมทั้ง 3 ด้าน ดังนี้ 1) ความคิดริเริ่ม 2) ความคิดคล่องแคล่ว และ 3) ความคิดยืดหยุ่น มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.80 – 2.40 อยู่ในระดับดี และในด้าน 4) ความคิดละเอียดลออ มีคะแนนเฉลี่ย 2.60 อยู่ในระดับดีมาก และผลคะแนนภาพรวมของความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ มีคะแนน 2.15 อยู่ในระดับดี

### ผลการประเมินคุณภาพด้านความสามารถในการแก้ไขปัญหา

ผู้วิจัยได้ทำการประเมินด้านความสามารถในการคิดแก้ปัญหาที่เกิดจากการออกแบบด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้ผลดังตารางที่ 4.11



ตารางที่ 4.11 ผลการประเมินความสามารถในการคิดแก้ปัญหาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติโดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ

| รายการประเมิน                                  | ผลการประเมิน            |                             |       |
|------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------|
|                                                | ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) | ระดับ |
| การตัดสินใจเลือกวัสดุในการแก้ไข้ปัญหา          | 2.00                    | 0.00                        | ดี    |
| วิธีการใช้วัสดุและการออกแบบในการคิดแก้ไข้ปัญหา | 2.20                    | 0.45                        | ดี    |
| ขั้นตอนในการแก้ไข้ปัญหา                        | 2.20                    | 0.84                        | ดี    |
| สามารถแก้ไข้ปัญหาได้ตามเวลาที่กำหนด            | 2.40                    | 0.89                        | ดี    |
| เฉลี่ย                                         | 2.20                    | 0.545                       | ดี    |

จากตารางที่ 4.11 พบว่า มีการประเมินพฤติกรรมความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนระหว่างเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ ทั้งหมด 4 ด้าน ดังนี้ 1) การตัดสินใจเลือกวัสดุในการแก้ไข้ปัญหา 2) วิธีการใช้วัสดุและการออกแบบในการคิดแก้ไข้ปัญหา 3) ขั้นตอนในการแก้ไข้ปัญหา 4) สามารถแก้ไข้ปัญหาได้ตามเวลาที่กำหนด โดยผลคะแนนภาพรวม พบว่า พฤติกรรมทั้ง 4 ด้าน มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.00 – 2.40 อยู่ในระดับดี และผลคะแนนภาพรวมของความสามารถในการคิดสร้างสรรค์มีคะแนนเฉลี่ย 2.20 อยู่ในระดับดี

#### ตอนที่ 4 ผลการศึกษาผลหลังการจัดการเรียนการสอนตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา

##### ผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผู้วิจัยประเมินด้านความสามารถในการคิดแก้ปัญหาที่เกิดจากการออกแบบด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ได้ผลดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ผลการทดสอบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้แบบทดสอบสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

N = 32

| ผลคะแนน                                  | ก่อนเรียน | หลังเรียน |
|------------------------------------------|-----------|-----------|
| ค่าเฉลี่ย                                | 9.52      | 17.30     |
| ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน                     | 4.05      | 2.60      |
| ค่า t จากตาราง ( $t_{\text{Critical}}$ ) | 1.310     |           |
| ค่า t จากการคำนวณ ( $t_{\text{stat}}$ )  | 12.257    |           |

\* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 4.12 พบว่า การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การซ่อมแซมฝ้ายจากสีธรรมชาติ จำนวน 32 คน ตามการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา พบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังการจัดการเรียนการสอนสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนการสอน และพบว่า  $t_{\text{Critical}} < t_{\text{stat}}$  หมายความว่า ผลจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ผลคะแนนหลังเรียนมากกว่าผลคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

##### ผลการประเมินความพึงพอใจ

หลังจากผู้วิจัยได้ทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การซ่อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติโดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนชุมชนบ้านบวกรกน้อย อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ทางผู้วิจัยได้สำรวจความพึงพอใจของนักเรียนที่ร่วมกิจกรรมแสดงผลดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ผลการสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิด  
สะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติโดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ

| ที่                                     | รายการประเมิน                                                                   | ผลการประเมิน               |                                 |       |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|-------|
|                                         |                                                                                 | ค่าเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | ส่วนเบี่ยงเบน<br>มาตรฐาน (S.D.) | ระดับ |
| ความพึงพอใจด้านกระบวนการในการเรียน      |                                                                                 |                            |                                 |       |
| 1                                       | ผู้เรียนได้วิเคราะห์ปัญหาและวิธีการแสวงหาคำตอบที่จะศึกษาตามความสนใจ             | 3.97                       | 0.75                            | ดีมาก |
| 2                                       | ผู้เรียนมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างเพื่อนร่วมชั้นเรียนและผู้สอน        | 3.84                       | 0.86                            | ดีมาก |
| 3                                       | ผู้เรียนนำองค์ความรู้มาเชื่อมโยงและวิเคราะห์ในรายวิชาที่เกี่ยวข้องได้           | 4.03                       | 0.84                            | ดีมาก |
| 4                                       | ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการนำเสนอความรู้ที่ได้จากการศึกษา                           | 4.03                       | 0.80                            | ดีมาก |
| 5                                       | ผู้เรียนมีความช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการทำงานกลุ่ม                             | 3.74                       | 0.96                            | ดีมาก |
| 6                                       | ผู้เรียนมีอิสระในการแสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น               | 4.26                       | 0.73                            | ดีมาก |
| 7                                       | ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ                       | 4.10                       | 0.70                            | ดีมาก |
| 8                                       | ผู้เรียนมีการวางแผนค้นคว้าหาคำตอบและแหล่งการเรียนรู้ด้วยตนเอง                   | 4.26                       | 0.82                            | ดีมาก |
| ความพึงพอใจด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ |                                                                                 |                            |                                 |       |
| 1                                       | การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้รอบตัว                 | 4.39                       | 0.72                            | ดีมาก |
| 2                                       | การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เริ่มจากสิ่งที่อยู่รอบ ๆ ตัว ในชีวิตประจำวันของผู้เรียน | 4.26                       | 0.63                            | ดีมาก |

ตารางที่ 4.13 (ต่อ)

| ที่                                                                  | รายการประเมิน                                                                                                                 | ผลการประเมิน               |                                 |                  |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|------------------|
|                                                                      |                                                                                                                               | ค่าเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | ส่วนเบี่ยงเบน<br>มาตรฐาน (S.D.) | ระดับ            |
| 3                                                                    | การจัดกิจกรรมการเรียนรู้กระตุ้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ                                                                     | 4.26                       | 0.68                            | ดีมาก            |
| 4                                                                    | การจัดการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนเกิดการบูรณาการความรู้วิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์                    | 4.35                       | 0.71                            | ดีมาก            |
| <b>ความพึงพอใจด้านการพัฒนาศักยภาพของผู้เรียน</b>                     |                                                                                                                               |                            |                                 |                  |
| 1                                                                    | การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มุ่งส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการแก้ปัญหา                                                         | 4.20                       | 0.75                            | ดีมาก            |
| 2                                                                    | การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการแก้ปัญหาร่วมกันกับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์                                   | 4.10                       | 0.70                            | ดีมาก            |
| 3                                                                    | กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีพัฒนาการที่ดีขึ้น                                                                  | 4.32                       | 0.74                            | ดีมาก            |
| 4                                                                    | เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบตนเองและปรับปรุงผลงานให้ดีขึ้น                                                                  | 4.16                       | 1.07                            | ดีมาก            |
| <b>ความพึงพอใจด้านด้านภูมิปัญญาท้องถิ่นที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้</b> |                                                                                                                               |                            |                                 |                  |
| 1                                                                    | ผู้เรียนมีเจตคติต่อภูมิปัญญาท้องถิ่นเป็นสิ่งที่มีความค่าในการดำรงชีวิตในอนาคต                                                 | 4.32                       | 0.75                            | ดีมาก            |
| 2                                                                    | ผู้เรียนสามารถนำภูมิปัญญาท้องถิ่น เรื่องการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายจากธรรมชาติมาให้เกิดความตระหนักและเห็นคุณค่าของภูมิปัญญาท้องถิ่น | 4.30                       | 0.70                            | ดีมาก            |
| 3                                                                    | ผู้เรียนสามารถนำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ในการแก้ปัญหาสังคมและพัฒนาประเทศชาติได้                             | 4.39                       | 0.75                            | ดีมาก            |
|                                                                      | <b>เฉลี่ยรวม</b>                                                                                                              | $\bar{X} = 4.17$           | <b>เฉลี่ยรวม</b>                | $\bar{X} = 4.17$ |

จากตารางที่ 4.13 พบว่า นักเรียนที่ร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติโดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ มีความพึงพอใจในการจัดกิจกรรมนี้ โดยมีค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจอยู่ที่ 4.17 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก และเมื่อพิจารณารายการประเมินเป็นรายข้อ พบว่า รายการประเมินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้รอบตัว และรายการประเมิน ผู้เรียนสามารถนำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ในการแก้ปัญหาสังคมและพัฒนาประเทศชาติได้ นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด คือ มีค่าความพึงพอใจเท่ากับ 4.39 อยู่ในระดับดีมาก

#### **ผลการสะท้อนความคิดต่อทักษะการเรียนรู้ของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21**

หลังจากผู้วิจัยได้ทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติโดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนชุมชนบ้านบวกรกน้อย อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ทางผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลการสะท้อนความคิดของผู้เรียนผ่านการจัดการเรียนการสอนดังตารางที่ 4.14



ตารางที่ 4.14 ผลการการสะท้อนคิดของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติโดยใช้สารช่วยติดชนิดต่าง ๆ

| ข้อที่ | ผลสะท้อนคิดจากนักเรียน                                                                        | สอดคล้องกับทักษะในศตวรรษที่ 21                        |                                    |                                             |                                                   |                                                |                                                        |                                |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------|
|        |                                                                                               | ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และทักษะในการแก้ปัญหา | ทักษะด้านการสร้างสรรค์ และนวัตกรรม | ทักษะด้านความเข้าใจวัฒนธรรม ต่างกระบวนทัศน์ | ทักษะด้านความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ | ทักษะด้านการสื่อสาร สารสนเทศ และรู้เท่าทันสื่อ | ทักษะด้านคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร | ทักษะอาชีพ และทักษะการเรียนรู้ |
| 1.     | นักเรียนได้ทำให้รู้จักการล้างด้ายฝ้ายและหลักการที่เกี่ยวข้องกับการทำความสะอาดด้ายฝ้าย         |                                                       |                                    |                                             |                                                   |                                                |                                                        | ✓                              |
| 2.     | นักเรียนได้รู้จักจำลองราคา และได้จำลองการพัฒนาอาชีพจากงานศิลปะที่ตนเองพัฒนาขึ้น               | ✓                                                     |                                    |                                             |                                                   |                                                |                                                        | ✓                              |
| 3.     | นักเรียนเกิดความรับผิดชอบ รู้หน้าที่ วางแผนการทำงาน การใช้เวลาที่มีประโยชน์ ภายในเวลาที่จำกัด | ✓                                                     |                                    |                                             | ✓                                                 |                                                |                                                        | ✓                              |

ตารางที่ 4.14 (ต่อ)

| ข้อที่ | ผลสะท้อนคิดจากนักเรียน                                                                                                           | สอดคล้องกับทักษะในศตวรรษที่ 21                        |                                    |                                      |                                          |                                            |                                                        |                                |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------|
|        |                                                                                                                                  | ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และทักษะในการแก้ปัญหา | ทักษะด้านการสร้างสรรค์ และนวัตกรรม | ทักษะด้านความเข้าใจต่างวัฒนธรรม ต่าง | ทักษะด้านความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และ | ทักษะด้านการสื่อสาร สารสนเทศ และรู้เท่าทัน | ทักษะด้านคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร | ทักษะอาชีพ และทักษะการเรียนรู้ |
| 4.     | นักเรียนได้กระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม และได้พัฒนาการวางแผน การระดมความคิดเพื่อแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ครูกำหนดให้                     | ✓                                                     | ✓                                  | ✓                                    | ✓                                        | ✓                                          |                                                        | ✓                              |
| 5.     | นักเรียนได้ศึกษาสารต่าง ๆ ที่เรียนได้เอามาใช้ได้จริงและมีประโยชน์ด้วย                                                            |                                                       | ✓                                  |                                      | ✓                                        | ✓                                          |                                                        | ✓                              |
| 6.     | นักเรียนเกิดการรับรู้และเข้าใจตนเอง มีเป้าหมายการเรียนรู้                                                                        | ✓                                                     |                                    | ✓                                    | ✓                                        |                                            |                                                        | ✓                              |
| 7.     | นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และได้ช่วยเหลือกันและกัน ซึ่งส่งผลให้เกิดความสามัคคีกันอย่างไม่เคยได้เรียนรู้ในวิชาอื่นๆ มาก่อน |                                                       |                                    |                                      | ✓                                        | ✓                                          |                                                        | ✓                              |



ตารางที่ 4.14 (ต่อ)

| ข้อที่ | ผลสะท้อนคิดจากนักเรียน                                                                                                | สอดคล้องกับทักษะในศตวรรษที่ 21                        |                                    |                                 |                                   |                                  |                                                       |                                |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------|
|        |                                                                                                                       | ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และทักษะในการแก้ปัญหา | ทักษะด้านการสร้างสรรค์ และนวัตกรรม | ทักษะด้านความเข้าใจต่างวัฒนธรรม | ทักษะด้านความร่วมมือ การทำงานเป็น | ทักษะด้านการสื่อสาร สารสนเทศ และ | ทักษะด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร | ทักษะอาชีพ และทักษะการเรียนรู้ |
| 8.     | นักเรียนได้ร่วมมือกัน ออกแบบและร่วมกันวิพากษ์ ผลงาน                                                                   | ✓                                                     | ✓                                  | ✓                               | ✓                                 | ✓                                |                                                       |                                |
| 9.     | นักเรียนเกิดการเรียนรู้การนำ ผลงานสู่วิธีการนำเสนอทาง อินเทอร์เน็ตด้วยวิธีการที่ เหมาะสม                              |                                                       |                                    |                                 |                                   | ✓                                | ✓                                                     |                                |
| 10.    | นักเรียนเกิดการเรียนรู้ในการ พัฒนางาน การ ปรับปรุงงาน ให้ดีขึ้น เกิดการทำงานอย่างมี เป้าหมาย                          | ✓                                                     | ✓                                  |                                 | ✓                                 | ✓                                |                                                       | ✓                              |
| 11.    | นักเรียนได้ฝึกการแสดงความคิดเห็นภายใต้เหตุผลและผลทั้ง ในกลุ่มและร่วมมือกัน ทั้งห้อง ซึ่งนักเรียนไม่ได้ทำ ในวิชาอื่น ๆ | ✓                                                     |                                    |                                 | ✓                                 |                                  |                                                       | ✓                              |

ตารางที่ 4.14 (ต่อ)

| ข้อที่ | ผลสะท้อนคิดจากนักเรียน                                                                                                                         | สอดคล้องกับทักษะในศตวรรษที่ 21                        |                                    |                                 |                                   |                                  |                                                         |                                |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------|
|        |                                                                                                                                                | ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และทักษะในการแก้ปัญหา | ทักษะด้านการสร้างสรรค์ และนวัตกรรม | ทักษะด้านความเข้าใจต่างวัฒนธรรม | ทักษะด้านความร่วมมือ การทำงานเป็น | ทักษะด้านการสื่อสาร สารสนเทศ และ | ทักษะด้านคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยี สารสนเทศและการสื่อสาร | ทักษะอาชีพ และทักษะการเรียนรู้ |
| 12.    | นักเรียนเกิดความประทับใจในทุก ๆ ด้านถึงแม้บางเรื่องนักเรียนจะทำไม่สมบูรณ์แบบและปรับปรุงหลายๆครั้งแต่ทุกคนทำด้วยใจกับเทคนิควิธีการใหม่ ๆ ของครู |                                                       | ✓                                  | ✓                               | ✓                                 | ✓                                |                                                         | ✓                              |
| 13.    | นักเรียนได้ฝึกกิจกรรมที่ไม่เคยทำมาก่อนพร้อมทั้งวิธีคิดตลอดเวลาส่งผลให้ไม่เบื่อการเรียนและการทำงาน                                              | ✓                                                     | ✓                                  |                                 | ✓                                 |                                  | ✓                                                       | ✓                              |
| 14.    | นักเรียนรู้จักวิธีการสืบค้นข้อมูลในห้องเรียนด้วยอินเทอร์เน็ต เห็นทันทีทันใดพร้อมพูดคุยกันในกลุ่ม และ                                           |                                                       |                                    | ✓                               | ✓                                 | ✓                                | ✓                                                       | ✓                              |
| 15     | นักเรียนชอบวิธีการเรียนแบบนี้ ทำให้นักเรียนได้ออกแบบเองจากการร่วมกัน<br>วิพากษ์วิจารณ์ได้ฝึกการคิดตลอดเวลา                                     |                                                       | ✓                                  | ✓                               | ✓                                 |                                  |                                                         | ✓                              |

ตารางที่ 4.14 (ต่อ)

| ข้อที่ | ผลสะท้อนคิดจากนักเรียน                      | สอดคล้องกับทักษะในศตวรรษที่ 21                        |                                    |                                                 |                                                   |                                                |                                                        |                                |
|--------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------|
|        |                                             | ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และทักษะในการแก้ปัญหา | ทักษะด้านการสร้างสรรค์ และนวัตกรรม | ทักษะด้านความเข้าใจต่างวัฒนธรรม ต่างกระบวนทัศน์ | ทักษะด้านความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ | ทักษะด้านการสื่อสาร สารสนเทศ และรู้เท่าทันสื่อ | ทักษะด้านคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร | ทักษะอาชีพ และทักษะการเรียนรู้ |
| 16     | กิจกรรมทำให้นักเรียนได้สนิทกับเพื่อนมากขึ้น |                                                       |                                    |                                                 | ✓                                                 | ✓                                              |                                                        |                                |
| รวม    |                                             | 8                                                     | 7                                  | 5                                               | 12                                                | 9                                              | 3                                                      | 13                             |

จากตารางที่ 4.14 พบว่า ผลสะท้อนคิดของนักเรียนส่งผลให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ตามแบบทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ทุกทักษะ และไม่พบผลสะท้อนคิดเชิงลบ จากผลการสะท้อนคิด พบว่า ทักษะที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของนักเรียนที่มีกิจกรรมการเรียนการสอน ได้แก่ ทักษะอาชีพและทักษะการเรียนรู้ ทักษะด้านความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ เป็นทักษะที่มีมากเป็นอันดับ 2 ทักษะการสื่อสาร สารสนเทศและรู้เท่าทันสื่อมีมากเป็นอันดับ 3 ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และทักษะการแก้ปัญหาเป็นอันดับ 4 ทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรมเป็นอันดับ 5 อันดับ 6 ทักษะความเข้าใจต่างวัฒนธรรม ต่างกระบวนทัศน์ ส่วนทักษะที่นักเรียนสะท้อนคติน้อยที่สุด ได้แก่ ทักษะคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีและการสื่อสาร ซึ่งจากการสะท้อนคิดของนักเรียนเขียนภายใต้เงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอน เรื่อง การข่มขืนด้วยฝ้ายด้วยสีจากขมิ้นร่วมกับกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ไม่ได้เกิดมาก่อนในการเรียนรายวิชาอื่น ๆ แสดงว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้และกระบวนการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา สามารถเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ของนักเรียนเพื่อเตรียมพร้อมการเป็นคนในศตวรรษที่ 21 ได้จริง

## บทที่ 5

### สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ผลการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติโดยใช้โคลนเป็นสารช่วยติด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนชุมชนบ้านบวกรกน้อย อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2560 จำนวน 31 คน โดยผู้วิจัยได้ทำการสรุปผลการวิจัยเป็น 4 ตอน คือ

1. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบสภาวะที่เหมาะสมในการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายจากแก่นไม้ฝางและเหง้าของขมิ้นชัน

2. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

3. เพื่อศึกษาผลระหว่างการจัดการเรียนการสอนตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติโดยใช้โคลนเป็นสารช่วยติดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

- 3.1 คุณภาพชิ้นงาน

- 3.2 การนำเสนอผลงาน

- 3.3 ความคิดสร้างสรรค์

- 3.4 ความสามารถในการแก้ปัญหา

4. เพื่อศึกษาผลหลังการจัดการเรียนการสอนตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสี เส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติโดยใช้โคลนเป็นสารช่วยติดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

- 4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

- 4.2 ความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้

การเก็บรวบรวมข้อมูลใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 9 ชั่วโมงและวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งสรุปผลได้ ดังนี้

## สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการดังกล่าวข้างต้น ปรากฏผลสรุป ดังนี้

1. การทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้การสอนเส้นด้ายฝ้ายจากการย้อมสีธรรมชาติ โดยการย้อมจากการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนโรงเรียนบ้านในสอย ตำบลหมอกจำแป่ อำเภอเมือง แม่ฮ่องสอน จังหวัดแม่ฮ่องสอน จากการทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง Being Colorful on Cotton Yarns with STEM พบว่า นักเรียนมีออกแบบกิจกรรมการทำการทดลองโดยออกแบบวิธีการย้อมสี และสารช่วยติดของเส้นด้ายเพื่อทำการย้อมสีธรรมชาติ โดยนักเรียนได้มีการออกแบบการทดลองโดยพัฒนาเจตคติที่มากที่สุดได้ ซึ่งมีลักษณะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ในการใช้สารช่วยติดและวิธีการย้อมสี แต่ความเข้มข้นของสารละลายที่เป็นสารละลายช่วยติดนั้น ครูผู้สอนได้ทำการกำหนดไม่เกินความเข้มข้นร้อยละ 5 มวลต่อปริมาตร จากนั้นผู้ทำการวิจัยได้ทำการศึกษาสถานะที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการเรียนรู้การสอนดังกล่าว จากการทดสอบ พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายจากธรรมชาติ ได้แก่ ชนิดของพืช ชนิดของสารช่วยติด ความเข้มข้นของสารช่วยติด และกระบวนการย้อมสีของสารช่วยติด

2. ผลการสร้างชุดกิจกรรมและแบบทดสอบการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สาระที่ 4 เทคโนโลยี หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) เพื่อใช้ในการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติโดยใช้โคลนเป็นสารช่วยติดสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนชุมชนบ้านบวกรกน้อย อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 3 แผน ใช้เวลาในการสอนทั้งหมด 9 ชั่วโมง โดยมีวิธีการสอนที่ใช้การสอนแบบกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประเมินและตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน มีความคิดเห็นที่สอดคล้องกันว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีความเหมาะสม ทั้งด้านมาตรฐานการเรียนรู้ ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ ด้านความเหมาะสมของเนื้อหา ด้านการนำเสนอกิจกรรมการเรียนรู้ และด้านการวัดผลและประเมินผล รวมถึงผลการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยเป็นข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติโดยใช้โคลนเป็นสารช่วยติด และนำไปทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ คือ ประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน หาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น พบว่า มีความสอดคล้องและค่าที่หาได้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ เป็นผลให้ทางผู้วิจัยเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 20 ข้อ ซึ่งมีความครบถ้วนของเนื้อหา เพื่อใช้ทดสอบผลสัมฤทธิ์กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง และผลของการวิเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายจากแก่นไม้ฝาง มีผลการจัดการเรียนรู้ในขั้นระบุปัญหา ควรมีการจัด

กิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะในการแก้ปัญหา ในขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ควรมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะการทำงานกลุ่มในขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ควรมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะการแก้ปัญหาและทักษะการทำงาน ในขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ควรมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะการลงมือปฏิบัติและทักษะการทำงานกลุ่ม ในขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ควรมีการจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ทำการวิเคราะห์ผลงานของกลุ่มตนเอง พร้อมทั้งเสนอแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนา เกิดแนวคิดในการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ในขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ควรมีการจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาชิ้นงาน ผลที่เกิดขึ้นจากการแก้ปัญหาก็จะให้นักเรียนได้เห็นแนวทางในการแก้ปัญหา และครูผู้สอนควรจัดให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการแก้ปัญหาจากผลงาน เพื่อที่นักเรียนจะได้นำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

3. ผลการจัดการเรียนรู้ สาระที่ 4 เทคโนโลยี หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) จากการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมผ้าฝ้ายจากแก่นไม้ฝางสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนชุมชนบ้านบวกรกน้อย อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งจากการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ได้ผล ดังนี้

3.1 ผลของการประเมินคุณภาพชิ้นงานจากการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมผ้าฝ้ายจากแก่นไม้ฝางสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนชุมชน บ้านบวกรกน้อย อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานที่มีคุณภาพผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70 ซึ่งมีร้อยละสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 88 และร้อยละต่ำสุดอยู่ที่ร้อยละ 70

3.2 ผลของการประเมินด้านการนำเสนอผลงานจากการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมผ้าฝ้ายจากแก่นไม้ฝางสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนชุมชนบ้านบวกรกน้อย อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการนำเสนอผลงาน ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 60 (9 คะแนน) ซึ่งมีร้อยละสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 100 (15 คะแนน) และร้อยละต่ำสุดอยู่ที่ร้อยละ 60 (9 คะแนน)

3.3 ผลการประเมินนักเรียนมีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์อยู่ในระดับดี ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.50 และเมื่อพิจารณารายการประเมินเป็นรายชื่อ พบว่า รายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ความคิดริเริ่ม (Originality) อยู่ในระดับดีมาก ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.75

3.4 ผลการประเมินนักเรียนมีความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอยู่ในระดับดี ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.31 และเมื่อพิจารณารายการประเมินเป็นรายชื่อ พบว่า รายการประเมินที่มี

ค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ วิธีการใช้วัสดุและออกแบบในการคิดแก้ปัญหา อยู่ในระดับดีมาก ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.75

4. ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีย้อมผ้าจากแก่นไม้ฝางสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนชุมชนบ้านบวกรกน้อย อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจในการจัดกิจกรรมนี้ โดยมีค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจอยู่ที่ 4.17 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก และเมื่อพิจารณารายการประเมินเป็นรายข้อ พบว่า รายการประเมิน “การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้รอบตัว” และรายการประเมิน “ผู้เรียนสามารถนำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ในการแก้ปัญหาสังคมและพัฒนาประเทศชาติได้” นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด คือ มีค่าความพึงพอใจเท่ากับ 4.39 อยู่ในระดับดีมาก และการจัดการเรียนการสอนตามแนวสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ของผู้เรียนได้

#### อภิปรายผล

จากการที่ได้สร้างและศึกษาผลการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติโดยใช้โคลนเป็นสารช่วยติด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนชุมชนบ้านบวกรกน้อย อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2560 จำนวน 31 คน การสำรวจภูมิปัญญาท้องถิ่นการย้อมสีย้อมผ้าจากสีธรรมชาติใน อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ และอำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา เพื่อทำการวิเคราะห์หาความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาเชื่อมโยงกับกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับภูมิปัญญาท้องถิ่น เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายจากธรรมชาติ โดยการศึกษาภูมิปัญญาท้องถิ่น เรื่อง การย้อมสีย้อมผ้าจากสีธรรมชาติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ อรุณา ไชยชนะ (2554) ที่สามารถพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมในการเรียนการสอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สามารถทำให้นักเรียนตระหนักในคุณค่าภูมิปัญญาท้องถิ่น และผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยในการศึกษาผู้วิจัยได้นำภูมิปัญญาท้องถิ่น เรื่อง การย้อมสีย้อมผ้าจากสีธรรมชาติ มาวิเคราะห์องค์ความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทำการวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางวิทยาศาสตร์ พ.ศ. 2551 เพื่อการจัดการเรียนการสอนตามแนวสะเต็ม ศึกษาเป็นจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการความรู้และทักษะในรายวิชาวิทยาศาสตร์ วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี วิชาวิศวกรรมศาสตร์ และวิชาคณิตศาสตร์ จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาร่วมกับภูมิปัญญาท้องถิ่น เรื่อง การย้อมสีย้อมผ้าจากสีธรรมชาติ และออกแบบ



หลักสูตรการอบรมระยะสั้นสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เรื่อง การย้อมด้ายฝ้ายจาก สีธรรมชาติ โดยผู้วิจัยได้ศึกษาและวิเคราะห์ผลทั้งหมด 4 ตอน พบว่า

1. จากการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อเจดสี พบว่า นักเรียนมีกระบวนการ เชื่อมโยงความรู้ที่นักเรียนได้เคยเรียนรู้มาเชื่อมโยงความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้นผ่านกระบวนการจัดการ เรียนการสอนทำให้นักเรียนมีกระบวนการ เพื่อพัฒนาเจดสีของแต่ละกลุ่มและการแข่งขัน เพื่อแก้ปัญหาของนักเรียนแต่ละกลุ่ม พบว่า นักเรียนมีการออกแบบกิจกรรมการทดลองออกมา โดยนักเรียนมีการออกแบบเพื่อพัฒนาเจดสีของเหง้าขมิ้นทั้งหมด 3 สีภาวะ และแก่นฝางทั้งหมด 2 สีภาวะ จากนั้น ผู้วิจัยจึงมาทำการศึกษาสีและความคงทนของสีที่เกิดขึ้นโดยการซักและการขัดถู

2. แบบทดสอบการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สาระที่ 4 เทคโนโลยี หลักสูตร แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) เพื่อใช้ในการศึกษา แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมด้ายฝ้ายจากแก่นไม้ฝาง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนชุมชนบ้านบวกรกน้อย อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่เป็นแบบทดสอบการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีความเหมาะสม และนำไปใช้ งานได้ เนื่องจากได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ผลการประเมินอยู่ในระดับที่ผ่านเกณฑ์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นได้มาตรฐานและมีความเหมาะสม โดยผ่าน การประเมินประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ซึ่งข้อสอบที่ได้อยู่ใน เกณฑ์ที่ยอมรับได้ คือ มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2539, 249) ผ่านการประเมินโดยการคำนวณทางสถิติ คือ หาค่าอำนาจจำแนก ความยากง่ายและค่าความ เชื่อมั่น ซึ่งข้อสอบที่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ คือ - 1.00 ถึง + 1.00 (ปราณี หล้าเป็นสะ, 2559, 7), 0.20 - 0.80 (ปราณี หล้าเป็นสะ, 2559, 7), 0.60 - 1.00 (ปราณี หล้าเป็นสะ, 2559, 5) ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ พลศักดิ์ แสงพรหมศรี ประสาท เมืองเฉลิม และปิยะเนตร จันทร์ธิระติกุล (2558) จากผลการวิเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมด้ายฝ้าย จากแก่นไม้ฝางสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนชุมชนบ้านบวกรกน้อย อำเภอ เมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ มีผลการจัดการเรียนรู้ในชั้นระบุนปัญหา ควรมีการจัดกิจกรรมการ เรียนรู้ที่เน้นทักษะในการแก้ปัญหา การทบทวนความรู้เดิม สร้างความสนใจโดยการเชื่อมโยงองค์ ความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ และให้นักเรียนและครูมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน เพื่อนำไปสู่การ สร้างสรรค์ผลงานจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับ ปัญหา ควรมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะการทำงานกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนได้มีทักษะการ ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม การซักถาม การร่วมกันแสดงความคิดเห็น การมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีซึ่งกันและ กัน และสามารถนำข้อมูลหรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องไปใช้ในการสร้างสรรค์ผลงาน ในขั้นออกแบบ

วิธีการแก้ปัญหาที่เน้นทักษะการแก้ปัญหาและทักษะการทำงานกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนได้ออกแบบและเลือกวิธีการในการแก้ปัญหา จากนั้นมีการนำเสนอแลกเปลี่ยนเรียนรู้โดยการซักถามและให้ร่วมแสดงความคิดเห็นร่วมกันเป็นกลุ่ม เพื่อนำไปสู่การสร้างสรรค์ผลงาน ตามเงื่อนไขที่กำหนดจากการวิเคราะห์สถานการณ์ ซึ่งส่งผลให้นักเรียนมีทักษะในการแก้ไขปัญหและทักษะในการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ในขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ควรมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้น ทักษะการลงมือปฏิบัติและทักษะการทำงานกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนได้มีทักษะในการลงมือปฏิบัติและทักษะการทำงานกลุ่ม จากการปฏิบัติการลงมือย้อมสีด้วยฝ้ายจากแก่นไม้ฝางด้วยตัวเอง ซึ่งส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจในการย้อมสีด้วยฝ้ายจากแก่นไม้ฝางมากขึ้นและได้สร้างสรรค์ผลงานที่เป็นรูปธรรมตามเงื่อนไขที่กำหนด ในขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน หลังจากที่ได้ดำเนินการทดสอบและประเมินคุณภาพชิ้นงานของนักเรียน นักเรียนได้ทำการวิเคราะห์ผลงานของกลุ่มตนเอง พร้อมทั้งเสนอแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนา เพื่อให้ผลงานมีประสิทธิภาพที่ดีมากยิ่งขึ้น เกิดแนวคิดในการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานที่เป็นนามธรรมมากยิ่งขึ้น เพื่อนำสู่ขั้นการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานต่อไปในขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน หลังจากนี้นักเรียนได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาชิ้นงานนั้น จะทำให้นักเรียนได้เห็นแนวทางในการแก้ปัญหาที่เป็นนามธรรมมากยิ่งขึ้น และครูผู้สอนควรจัดให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการแก้ปัญหาจากผลงาน เพื่อที่นักเรียนจะได้เห็นผลของ การแก้ปัญหาที่นักเรียนได้นำเสนอออกมาได้อย่างเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น สามารถทำให้นักเรียนมีความสนุกในการเรียนและได้ลองฝึกทดลองถูกในการลงมือทำผลงานและนำไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์อื่น ๆ ต่อไปซึ่งผลการจัดการเรียนรู้ สาระที่ 4 เทคโนโลยี หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) จากการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีด้วยฝ้ายจากแก่นไม้ฝาง มีความสอดคล้องกับ Corbett, Krystal et al. (2013) ศึกษาการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ STEM EDA (STEM Explore, Discover, Apply) ในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สำหรับนักเรียนที่เรียน STEM ใน Middle School โดยการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยใช้สะเต็มศึกษา ทำให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้และแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ

3. ผลการศึกษาผลระหว่างการจัดการเรียนการสอนตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติโดยใช้โคลนเป็นสารช่วยติดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ดังนี้

3.1 จากการประเมินคุณภาพชิ้นงานจากการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีด้วยฝ้ายจากแก่นไม้ฝางสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนชุมชน

บ้านบวกรกน้อย อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ มีผลคะแนนจากกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านเกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ คือ ร้อยละ 70 โดยประเมินจากผลงานของนักเรียน ใบกิจกรรมที่ 1 – 3 ผลคะแนนเฉลี่ยรวมที่นักเรียนทำได้ คือ ร้อยละ 79.00 ซึ่งผลที่ได้เกิดมาจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้มีคุณภาพและมาตรฐาน ครูผู้สอนมีความเข้าใจในเนื้อหาและมีเทคนิคการสอนที่ดี นักเรียนมีความตั้งใจและพร้อมที่จะเรียนรู้ จึงทำให้ผลคะแนนของนักเรียนผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้

3.2 จากการประเมินด้านการนำเสนอผลงานจากการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมผ้าฝ้ายจากแก่นไม้ฝางสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนชุมชนบ้านบวกรกน้อย อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ มีผลคะแนนจากกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านเกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ คือ ร้อยละ 60 โดยประเมินจากการนำเสนอผลงานของนักเรียนในรายการประเมินเนื้อหา ความคิดสร้างสรรค์ การตรงต่อเวลา ภาษา ความพร้อมในการอภิปรายและตอบคำถาม ผลคะแนนเฉลี่ยรวมที่นักเรียนทำได้ คือ ร้อยละ 84.44 ซึ่งผลที่ได้เกิดมาจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ มีคุณภาพและมาตรฐาน ครูผู้สอนมีความเข้าใจในเนื้อหาและมีเทคนิคการสอนที่ดี นักเรียนมีความสนใจใฝ่รู้ มีความกล้าแสดงออก และพร้อมที่จะนำเสนอผลการสร้างสรรค์ จึงทำให้ผลคะแนนของนักเรียนผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้

3.3 ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างอยู่ในระดับอยู่ในระดับดี ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.5 แสดงให้เห็นว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ในระดับที่สูงและผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (ระดับดีขึ้นไป) ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถในการคิดสร้างสรรค์เป็นการสร้างสิ่งใหม่ ๆ ให้เกิดขึ้นในกระบวนการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาออกแบบให้ผู้เรียนคิด เพื่อแก้ปัญหาและสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ในการเรียนรู้ การคิดสร้างสรรค์เป็นคุณลักษณะหนึ่งของคนในศตวรรษที่ 21 ผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์จะสามารถสร้างและพัฒนาสิ่งใหม่ ๆ ในโลกคิดนอกกรอบ เพื่อให้โลกได้มีนวัตกรรมหรือสิ่งประดิษฐ์ มีแนวคิดใหม่ ๆ เกิดขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากกิจกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีการสอนโดยการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์จากการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา ต้องประกอบไปด้วยการใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการเรียนเพื่อให้เกิดสิ่งใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหาและการเรียนรู้ การสอนสะเต็มศึกษาที่เน้นการแก้ปัญหาและสร้างชิ้นงานและให้เกิดกระบวนการทางวิศวกรรม ผลของงานจึงเน้นการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

3.4 ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างอยู่ในระดับดี ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.31 แสดงให้เห็นว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีความสามารถในการคิดแก้ปัญหาในระดับที่สูงและผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (ระดับดีขึ้นไป) ซึ่งเป็นจุดมุ่งหมายที่สำคัญ การสอนให้

ผู้เรียนให้มีทักษะในการแก้ปัญหา เพราะโลกในศตวรรษที่ 21 เป็นโลกแห่งวิวัฒนาการที่มีการเปลี่ยนแปลงทางนวัตกรรมและเทคโนโลยีอยู่ตลอดเวลา ครูควรสอนเด็กให้รู้จักการแก้ปัญหา เพื่อจะได้รู้จักการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน แก้ปัญหาเพื่อสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ขึ้นมา โดยการใช้การบูรณาการความรู้สาขาต่าง ๆ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับกรอบแนวคิดความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีการสอนที่มีการใช้เทคนิค เพื่อเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยการใช้สถานการณ์จากนั้นให้นักเรียนแก้ไขปัญหา โดยมีพื้นฐานมาจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเองมีการวางแผน การออกแบบเพื่อนำมาแก้ไขปัญหา การสรุปความคิดผ่านการระดมสมอง และความสามารถในการคิดเพื่อแก้ปัญหา จะทำให้ผู้เรียนสามารถแก้ไขปัญหาและเกิดการเรียนรู้ได้ หลังจากการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการคิดแก้ไขปัญหาโดยการสังเกตจากพฤติกรรมของผู้เรียน ซึ่งการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเป็นการมุ่งเพื่อเตรียมความพร้อมให้นักเรียนมาช่วยการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันและสามารถประกอบอาชีพได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ อโนดาญ์ รัชเวทย์ (2560) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เพื่อเพิ่มความสามารถในการคิดแก้ปัญหาและความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ได้รับการสอนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีความสามารถในการคิดแก้ปัญหาดีขึ้นสามารถนำความรู้ไปเชื่อมโยงกับปัญหาที่สามารถพบได้ในชีวิตประจำวัน

4. ผลการศึกษาผลหลังการจัดการเรียนการสอนตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติโดยใช้โคลนเป็นสารช่วยติดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนชุมชนบ้านบวกรกรน้อย อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ดังนี้

4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้ เนื่องจากการบูรณาการความรู้ของกระบวนการ 4 สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์โดยการจัดการเรียนการสอนตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา ผู้เรียนจะสร้างองค์ความรู้จากการลงมือทำกิจกรรมต่าง ๆ และสามารถพัฒนาปฏิสัมพันธ์กับบุคคล ความคิดและสถานการณ์ จนผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยผู้เรียนเองสอดคล้องกับทฤษฎีของเพียเจต์ เมื่อเด็กได้รับข้อมูลโดยการเรียนรู้ด้วยประสาทสัมผัสทั้งห้าจากคนหรือสิ่งของโดยผ่านประสบการณ์เดิม และความประทับใจหรือการซึมซับ (Assimilation) ร่วมกับกระบวนการที่เด็กเปลี่ยนความคิดพฤติกรรม ซึ่งเป็นการเปลี่ยนความคิดใหม่ (Accommodation) และเกิดความสมดุลทั้ง 2 อย่างที่เกิดขึ้นเป็นข้อมูล หรือความรู้ที่มีอยู่ในตอนนี้ (Equilibrium) สำหรับเพียเจต์แล้วการสร้างองค์ความรู้เป็นการกระทำที่เกิดขึ้นภายในบุคคล กระบวนการสร้างการกระทำด้วยเหตุผล และการ

กระทำเกิดขึ้นระหว่างประสบการณ์ ความคิด และพื้นฐานที่ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ จากกิจกรรม การเรียนการสอนที่เน้นการลงมือปฏิบัติของผู้เรียนเน้นการลงมือปฏิบัติจริง และจัดการเรียนการสอนที่มีการเชื่อมโยงความรู้และทักษะทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ยุทธนา ชัยเจริญ (2560) จัดการเรียนการสอนตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.01

4.2 จากผลการสะท้อนคิดของนักเรียน พบว่า การสะท้อนคิดของนักเรียนและ สอดคล้องกับทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ทุกทักษะ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็ม ศึกษาเป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้ง การพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงาน ช่วย นักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง 4 สหวิทยาการกับชีวิตจริงและการทำงาน การจัดการเรียนรู้ แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์และ คณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้น ผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับ การพัฒนาทักษะการคิด ตั้งคำถาม แก้ปัญหาและการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ พร้อมทั้ง สามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้ ช่วยนักเรียนสร้างความ เชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 กับชีวิตประจำวันและการทำอาชีพ เน้นการพัฒนาทักษะใน ศตวรรษที่ 21 ทำทลายความคิดของนักเรียน และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น และ ความเข้าใจที่สอดคล้องกับเนื้อหาทั้ง 4 วิชา (วิจารณ์ พานิช, 2555, 55 – 59) ซึ่งการออกแบบการ จัดการเรียนรู้ของผู้ศึกษาได้จัดให้สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา และมีชุด กิจกรรมการเรียนรู้เป็นสื่อช่วยในการจัดการเรียนรู้และนักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมด้วยตัวเอง ทุกหน่วยการเรียนรู้ เป็นระบบกลุ่มที่ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ผ่านการออกแบบแนวคิดที่ถูก กลั่นกรองอย่างเป็นระบบจากคำถาม การวิพากษ์งาน จนได้ผลลัพธ์ที่นักเรียนภาคภูมิใจ จึงส่งผลให้ นักเรียนเกิดแนวสะท้อนคิดเชิงบวกที่เกิดการเปลี่ยนแปลงกับตัวนักเรียนที่สอดคล้องกับเด็กใน ศตวรรษที่ 21

## ข้อเสนอแนะ

### ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ผลจากการวิจัย พบว่า แบบทดสอบการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สาระที่ 4 เทคโนโลยี หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) เพื่อใช้ในการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้าย ด้วยสีธรรมชาติโดยใช้โคลนเป็นสารช่วยติดมีความสอดคล้องตามเกณฑ์ที่กำหนด ดังนั้น ผู้สอนสามารถนำแบบทดสอบการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปใช้ในการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้

2. ในการจัดกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา ครูควรจัดเตรียมอุปกรณ์ให้พอต่อความต้องการสำหรับนักเรียน จัดสถานที่ที่เหมาะสมในการทำกิจกรรม โดยเลือกสถานที่ที่กำลังไฟฟ้าเพียงพอ เนื่องจากในการทำกิจกรรมมีการใช้เครื่องให้ความร้อนจำนวนมาก

3. การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการคิด การวิเคราะห์ การแก้ปัญหา โดยการทำกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเอง ตั้งแต่เริ่มจนถึงสิ้นสุดการทำกิจกรรม โดยมีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือเมื่อนักเรียนต้องการ ทำให้นักเรียนมีความตื่นตัวอยู่เสมอ ซึ่งในบางครั้ง อาจทำให้ใช้เวลาในการทำกิจกรรมมากขึ้น แต่นักเรียนจะเกิดการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี

### ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ร่วมกิจกรรมให้มากขึ้น ทั้งในการควบคุม ดูแลการทำกิจกรรมต่าง ๆ การใช้อุปกรณ์ที่อาจเกิดอันตรายต่อผู้ร่วมกิจกรรมได้ ผู้วิจัยควรดูแลอย่างใกล้ชิด และระมัดระวังเป็นพิเศษ รวมทั้งการเลือกสถานที่ในการจัดกิจกรรม ถ้าเป็นไปได้หรือทางโรงเรียนมีความพร้อมในเรื่องของสถานที่ ควรเลือกสถานที่ที่เหมาะสมแก่การใช้เครื่องให้ความร้อนเป็นห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ไว้โดยเฉพาะ เพื่อป้องกันอันตรายและการรบกวนต่อนักเรียน ครูผู้สอน และบุคลากรอื่นที่ดำเนินการต่าง ๆ ภายในโรงเรียน

2. ควรมีการศึกษาผลที่เกิดขึ้นจากการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา เช่น การสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ ความสามารถในการแก้ไขปัญหา การรู้แนวทาง การแก้ไขปัญหาหรือจัดกิจกรรมที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับเคมี ซึ่งเป็นเนื้อหาวิชาในสาขาที่คณะผู้วิจัยเชี่ยวชาญ ตรงตามสาขาวิชาที่คณะผู้วิจัยศึกษา เพื่อกิจกรรมที่จัดมีความพร้อม ทั้งด้านเนื้อหา การสอน การสื่อสารต่าง ๆ เนื่องจากคณะผู้วิจัยมีความเชี่ยวชาญในเรื่องเกี่ยวกับวิชาเคมี

### บรรณานุกรม

- กบนอกกะลา. (2560). *ย้อมผ้า สร้างสีส้นใส่ผืนผ้าช่วงที่ 1*. สืบค้นจาก <https://www.youtube.com/watch?v=qvb28dtb74A>
- กบนอกกะลา. (2560). *ย้อมผ้า สร้างสีส้นใส่ผืนผ้าช่วงที่ 3*. สืบค้นจาก <https://www.youtube.com/watch?v=Rpv79jNjoe0>
- กชกร สกุลบริสุทธิ์, สุธิลักษณ์ ไกรสุวรรณ และขจิรัฐ ภิรมย์ธรรมศิริ. (2559). ผลของสารช่วยติดที่มีต่อความคงทนของสีผ้าฝ้ายสีธรรมชาติสีน้ำตาล. *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 8(15), 1 – 11.
- กระทรวงศึกษาธิการ กรมวิชาการ. (2560). *หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)*. กรุงเทพฯ: ครูสภา.
- กมลฉัตร กล่อมอิม. (2559). การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา สำหรับนักศึกษาทางวิชาชีพครู. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 18(4), 334 – 348.
- กองวิจัยทางการศึกษา กรมวิชาการ. (2539). *ภูมิปัญญาท้องถิ่นกับการจัดการเรียนการสอนในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา*. กรุงเทพฯ: ครูสภา.
- กองวิจัยทางการศึกษา กรมวิชาการ. (2542). *รายงานวิจัย เรื่อง ภูมิปัญญาท้องถิ่นกับการพัฒนาหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอน*. กรุงเทพฯ: ครูสภา.
- เกียรติสุดา ศรีสุข. (2552). *ระเบียบวิจัย*. เชียงใหม่: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- เกศินี อินตา, ภาณุพัฒน์ ชัยวร และอโนดาญ์ รัชเวทย์. (2558). การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง “มหัศจรรย์ยางพารา” โดยใช้แนวการสอน STEM กับการพัฒนาการศึกษาในศตวรรษที่ 21 ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารครุพิบูล*, 1(ฉบับพิเศษ), 132 – 141.
- กุลธวัช ศรีจรรยา และกุลรัฐญา พรหมเมืองยอง. (2542). *การศึกษาสมบัติการย้อมของสีธรรมชาติที่แยกได้จากพืชพื้นบ้านบางชนิด โดยใช้สารช่วยติดจากธรรมชาติ*. เชียงใหม่: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่และโครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- ศึกษาธิการ, กระทรวง. (2559). *ผลการประเมิน PISA 2015 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- จันทร์จิรา ทิพย์วงศ์. (2552). *การนำภูมิปัญญาท้องถิ่นทางด้านวิทยาศาสตร์มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม เรื่อง นาข้าวเหนียวสันป่าตอง*. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.



ชมพูนุช แพงวงศ์. (2549). ผลการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นตามรูปแบบการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) .

ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ชลธิชา เดียวไพรัช. (2550). การย้อมสีเส้นยาด้วยสีย้อมธรรมชาติจากคราม.

เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ชนาธิป อภิวงค์งาม. (2550). การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม เรื่อง ลำไย สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3. เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ชนิดา พงษ์ลิมาพันธ์. (2547). เคมิอินทรีย์เบื้องต้น. สงขลา: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ชลธิป สมานิติ. (2557). เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ การจัดกิจกรรมบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์สำหรับปฐมวัย. วันที่ 18 มกราคม และ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557 ณ สมาคมอนุบาลแห่งประเทศไทย.

ชัยวัฒน์ แก้วคล้ายจรัสศิริ และประทับใจ ลิกขา. (2555). การศึกษากระบวนการฝ้าย้อมครามโดยใช้ยางกล้วยน้ำว้าดิบเป็นสารช่วยติด. วารสารวิชาการ ศิลปะ สถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 3(1), 105 – 113.

ณัฐภัตสร เหล่าเนตร. (2559). ความรู้เบื้องต้นและการจัดการเรียนการสอนตามแนวสะเต็มศึกษา. พิษณุโลก: โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย พิษณุโลก.

ดร.ชนิ พัทธวรกรรม. (2555). เอกสารประกอบการสอนเทคโนโลยีสิ่งทอ.

เชียงใหม่: ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

คารารัตน์ ชัยพิลา. (2559). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคิด STEM Education เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วารสารศึกษาศาสตร์, 27(2), 98 – 109.

นันท์นภัส พื กทอง. (2553). ผลการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ในภูมิปัญญาท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องกับเครื่องปั้นดินเผาหมู่บ้านเหมืองกุงของนักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 3.

(วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษา (วิทยาศาสตร์ศึกษา) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่).

นัสรินทร์ บือชา. (2558). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)

ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.

(วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์).

นิคม ชมพุลอง. (2548). *ภูมิปัญญาท้องถิ่นสู่การเรียนรู้*. มหาสารคาม: อภิชาติการพิมพ์.

ปณิธาน สุระยศ. (2552). *ผลของมอร์แคนท์ต่อความคงทนของสีและการดูดซับสีย้อมธรรมชาติ ที่สกัดจากผลมะกอกัดบนเส้นด้ายฝ้าย*. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่).

ปราณี หล้าเป็นสะ. (2559). *การหาคุณภาพเครื่องมือวัดและประเมินผล*.

ยะลา: สาขาวิชาการวัดและประเมินผล คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

ปรเมศวร์ วงศ์ชาชม และกัญญารัตน์ โคจร. (2559). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับโครงงานเป็นฐาน. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 27(2), 463 – 474.

พลศักดิ์ แสงพรมศรี, ประสาท เนืองเฉลิม และปิยะเนตร จันทร์ธีระติกุล. (2558). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 9 (ฉบับพิเศษ), 401 – 418.

พรทิพย์ ศิริภักตราชัย. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21.

*วารสารนักบริหาร*, 33(2), 49 – 56.

พรเพ็ญ โชชัย, ระมัด โชชัย และเมทินี ทวีผล. (2017). การพัฒนาการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายจากสีย้อมธรรมชาติ: กรณีศึกษาการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายจากสีย้อมเปลือกมะพร้าวและเปลือกประดู่ของชุมชนใน เขตตำบลนาบ่อคำ อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร.

*วารสารลัทธิของ มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*, 23(3), 7 – 10.

ไพศาล คงฉาย. (2538). *เทคนิคการย้อมสีเส้นไหมไทยด้วยสีจากครั่ง*.

ขอนแก่น: ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ไพพรรณ เกียรติโชคชัย. (2541). *กิจกรรมการศึกษาเพื่อพัฒนาท้องถิ่น*.

กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ศรีอนันต์การพิมพ์.

ภาวดี เกตุก. (2541). *ผลการสอนโดยใช้ชุดการเรียนรู้ภูมิปัญญาไทยทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการนำเสนอผลงานทางวิทยาศาสตร์และค่านิยมต่อภูมิปัญญาไทยทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. (ปริญาญการศึกษามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ).

- ภัสสร ดิธมา. (2558). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร).
- มณฑา จันทร์เกตุเลียด. (2538). วิทยาศาสตร์สิ่งทอเบื้องต้น. ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสารมิตร. กรุงเทพฯ: หอรัตนชัยการพิมพ์.
- มนตรี จุฬวัฒน์ทล. (2556). การศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและ คณิตศาสตร์ หรือ “สะเต็ม”. สมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 19, 3 – 14.
- ยุทธ ไกยวรรณ. (2550). การสร้างเครื่องมือวิจัย. กรุงเทพฯ: ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.
- ยุทธนา ชัยเจริญ, วรางคณา เขาคี และอโนดาญ์ รัชเวทย์. (2560, พฤศจิกายน). การสร้างสรรค์และผลการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับภูมิปัญญาท้องถิ่น เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายจากสีธรรมชาติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. การประชุมสวนสุนันทาวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระดับชาติ ครั้งที่ 1, 1301 – 1314.
- รุ่ง แก้วแดง. (2541). ระบบการศึกษากับชุมชน: กรอบความคิดและข้อเสนอเพื่อการศึกษาวิจัย. กรุงเทพฯ: บริษัท แปลน ฟรันทดิ่ง จำกัด.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2538). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- วศินีส อิศรเสนา ณ อยุธยา. (2559). เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับ STEM Education สะเต็มศึกษา. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิจารณ์ พานิช. (2555). วิธีสร้างการเรียนรู้ครูเพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21. กระทรวงศึกษาธิการ, 55(4), 55 – 59.
- วีระพงษ์ แสงชูโต. (2544). การวิเคราะห์ภูมิปัญญาท้องถิ่นและเทคโนโลยีพื้นบ้านในทางวิทยาศาสตร์ในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย. (วิทยานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ).
- ศุภวัณห์ ต้นวรรณรักษ์. (2558). การจัดการเรียนรู้ STEM ระดับปฐมวัย. กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คส์พับลิเคชั่น.
- ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ. (2558). คู่มือเครือข่ายสะเต็มศึกษา. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ.

- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). *แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579*. กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา.
- สามารถ จันทร์สุรย์. (2534). *ภูมิปัญญาชาวบ้านคืออะไร อย่างไรในสัมมนาวิชาการ เรียนรู้ ภูมิปัญญาชาวบ้าน*. กรุงเทพฯ: ศูนย์ลาดพร้าว.
- สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์. (2549). สีส้มธรรมชาติ. *คัลเลอร์เวย์*, 12(69), 39 – 41.
- สิรินภา กิจเอื้อกูล. (2558). สะเต็มศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 17(2), 201 – 207.
- สุทธิดา จำรัส. (2016). นิยามของสะเต็มและลักษณะสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช*, 10(2), 13 – 34.
- สุธีระ ประเสริฐสรพ์. (2558). *สะเต็มศึกษา: ความท้าทายใหม่ของวงการศึกษา*. สงขลา: บริษัท นำศิลป์ โฆษณา จำกัด.
- สุธีระ ประเสริฐสรพ์. (2559). *สะเต็มศึกษา: ปัญหาจากการออกแบบเชิงวิศวกรรม*. สงขลา: บริษัท นำศิลป์ โฆษณา จำกัด.
- สุธีระ ประเสริฐสรพ์. (2559). *ถอดรหัสการสอนสะเต็มศึกษา*. สงขลา: บริษัท นำศิลป์ โฆษณา จำกัด.
- สุพรรณิชา ชาญประเสริฐ. (2557). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)*, 42(186), 3 – 5.
- อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2556). สะเต็มศึกษากับพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในประเทศสหรัฐอเมริกา. *สมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย*, 19, 15 – 18.
- อโนทัย รัชเวทย์, จูจินิปรณ์ สมแก้ว และปภาวี อุธิ. (2560). การพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 โดยชุดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การแยกสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 2. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัย ฟาร์อีสเทอร์น*, 11(3), 226 – 238.
- อโนทัย รัชเวทย์, นันทิกร ปราบปารม, มหโชค พงศ์เจริญ และบุษนา ชัยเจริญ. (2560). *การพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการคิดแก้ปัญหา โดยกิจกรรมการเรียนรู้ “การเคลื่อนที่มหาสนุก” ตามแนวทางสตีม*. เชียงใหม่: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.
- อรอุมา ไชยชนะ. (2554). *ผลการจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม เรื่อง ผ้าฝ้ายย้อมสีครามธรรมชาติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่).

- อำพร พึ่งกุล. (2551). การปรับปรุงความคงทนต่อแสงของสีย้อมจากครั้งบนเส้นไหมและด้ายฝ้าย. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่).
- อุทัย คลยเกษม. (2540). ภูมิปัญญาพื้นบ้าน. *วารสารรัฐสมิแล*, 18(1 – 2 ), 60 – 69.
- Breiner, J. M., Carla, C. J., Harkness, S., S. & Koehler. C.M. (2012). What is STEM?: A Discussion about Conceptions of STEM in Education and Partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3 – 11.
- Carley, W. (2012). *What is STEM and Why Do I Need to Know?*. Retrieved from <http://issuu.com/carleygroup/docs/stem12online>
- Chuang, M. (2014). Creativity in Advertising Design Education: An Experimental Study. *Instructional Science*, 39(6), 843 – 864.
- Corbett, K. & Coriell. J. (2013, October). STEM Explore, Discover, Apply – Elective Courses that Use the Engineering Design Process to Foster Excitement for STEM in Middle School Students in Fortier in Education Conference, 2013 IEEE (pp. 1108 – 1110).
- Cronbach, L.J. (1990). Essentials of Psychological Testing. (5th ed.). *Instructional Science*, 39(6), 843 – 864.
- Reeve, M. E. (2013). *Implementing Science, Technology, Mathematics, and Engineering (STEM) Education in Thailand and in ASEAN*. A Report Prepared for The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST).
- Nabati, M., Mahkam, M., & Heidari, H. (2014). Isolation and Characterization of Curcumin from Powdered Rhizomes of Turmeric Plant Marketed in Maragheh City of Iran with Soxhlet Technique. *Iranian Chemical Communication*, 2, 236 – 243.
- Nirmal, N. P., Rajput, M. S., Prasad, R. G., & Ahmad, M. (2015). Brazilin from Caesalpinia Sappan Heartwood and Its Pharmacological Activities: A review. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 8(6), 421 – 430.
- Revathy, S., Elumalai, S., & Antony, M. B. (2011). Isolation, Purification and Identification of Curcuminoids from Turmeric (*Curcuma longa* L.) by Column Chromatography. *Journal of Experimental Sciences*, 2(7).
- Roberts, A. (2013). STEM is Here. Now What? *Technology and Engineering Teacher*, 73(1), 22 – 27.
- Robin, L.S., Wen, Z., Heinze, T.M., Chen, H. & Carl, E.C. (2010). Metabolism of Azo Dyes by Human Skin Microbiota. *Journal of Medical Microbiology*, 59, 108 – 114.

Zhao, M.B., Li, J., Shi, S.P., Cai, C.Q., Tu, P.F., Tang, L., Zeng, K.W. & Jiang, Y. (2014).

Two New Phenolic Compounds from the Heartwood of *Caesalpinia Sappan*

*L. Molecules*, 19(1), 1 – 8.



## ประวัติผู้วิจัย

|                    |                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อ – นามสกุล     | นายยุทธนา ชัยเจริญ                                                                                                                                                                                                                                                         |
| วัน เดือน ปี เกิด  | 29 สิงหาคม 2535                                                                                                                                                                                                                                                            |
| ที่อยู่ปัจจุบัน    | 222/253 หมู่ที่ 4 ตำบลคอนแก้ว อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่                                                                                                                                                                                                                  |
| ประวัติการศึกษา    | <p>พ.ศ. 2557 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี<br/>มหาวิทยาลัยพะเยา</p> <p>พ.ศ. 2558 การศึกษาดัชนี สาขาวิชาการศึกษา<br/>มหาวิทยาลัยพะเยา</p> <p>พ.ศ. 2558 ประกาศนียบัตรวิชาชีพครู<br/>โรงเรียนพะเยาพิทยาคม จังหวัดพะเยา</p>                                                    |
| ประสบการณ์การทำงาน | <p>พ.ศ. 2559 – พ.ศ. 2560 ผู้ช่วยนักวิจัย<br/>โครงการ Thailand Partnership Initiative<br/>“Enjoy Science สนุกวิทย์ พลังคิด เพื่ออนาคต”<br/>คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่<br/>ร่วมกับสถาบัน คีนัน แห่งเอเชีย<br/>และบริษัท เซฟรอน ประเทศไทย<br/>สำรวจและผลิต จำกัด</p> |





ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก

## รายนามผู้เชี่ยวชาญที่ตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย เรื่อง ผลการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การซ่อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติโดยใช้โคลนเป็นสารช่วยติด ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้จากการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การซ่อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติ โดยใช้โคลนเป็นสารช่วยติด จัดทำขึ้นทั้งหมด 3 แผน 2) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสาระ 4 เทคโนโลยี 3) แบบประเมินการสังเกตพฤติกรรมด้านความคิดสร้างสรรค์ 4) แบบประเมินการสังเกตพฤติกรรมด้านความสามารถในการแก้ปัญหา และ 5) แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การซ่อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติโดยใช้โคลนเป็นสารช่วยติด มีรายนามดังนี้

- |                           |                                                                                                                  |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. นางณัฐภัตสร เหล่าเนตร์ | ครูเชี่ยวชาญ<br>กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์<br>โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย จังหวัดพิษณุโลก                    |
| 2. นางสมพิศ ภูเพ็ชร       | ครูชำนาญการพิเศษ<br>กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์<br>โรงเรียนจ่านกร้อง จังหวัดพิษณุโลก                         |
| 3. นางวิมลรัตน์ หาญณรงค์  | ครูชำนาญการพิเศษ<br>กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์<br>โรงเรียนเฉลิมขวัญสตรี จังหวัดพิษณุโลก                     |
| 4. นางอิสญาภา ธรรมรังสี   | ครูชำนาญการ<br>กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์<br>โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย จังหวัดพิษณุโลก                     |
| 5. นางสาวครุณี อภัยกาวิ   | อาจารย์ประจำสาขาวิชาการศึกษา<br>(วัดผลและประเมินผลการศึกษา)<br>วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา<br>จังหวัดพะเยา |



ที่ ศธ ๐๕๓๓.๑๓/ว.๒๔๓

บัณฑิตวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่  
๓๐๒ ถนนศรีเมือง อ.เมือง  
จ.เชียงใหม่ ๕๐๓๐๐

๑๕ มีนาคม ๒๕๖๑

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์

เรียน นางณัฐกมล เสถาเนตร

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์ จำนวน ๑ ชุด

ด้วยบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ได้ขออนุมัติให้ นายอนุทอนา ชัยเจริญ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ การทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านวิทยาศาสตร์มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่องการย่อยสลายเส้นด้ายฝ้ายจากธรรมชาติโดยใช้โคกเป็นสารช่วยติด” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ วัชรเทย์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย เห็นว่าท่านเป็นผู้มีประสบการณ์เกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี โดยนักศึกษาได้ประสานกับท่านแล้ว บัณฑิตวิทยาลัยจึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจและให้ความเห็นเกี่ยวกับเครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์ ดังเอกสารที่แนบมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลณัฐ พลวัน)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

บัณฑิตวิทยาลัย

โทรศัพท์. ๐๕๓-๘๘๕๕๕๕

โทรสาร. ๐๕๓-๘๘๕๕๕๕

ที่ ศธ ๐๕๓๓ ๒๗/ ๖๓๘๓



บัณฑิตวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่  
อาคาร ๓ ถนนเชียงใหม่-ฝาง เชียงใหม่  
จ.เชียงใหม่ ๕๗๐๐๐

๑๕ มีนาคม ๒๕๖๑

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์

เรียน นางสมพิศ ภูพันธ์

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์ จำนวน ๑ ชุด

ด้วยบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ได้อนุมัติให้ นพคุณธนา ชัยเจริญ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ การทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านวิทยาศาสตร์มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายจากธรรมชาติโดยใช้โคลนเป็นสารช่วยติด” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนดา รัชเวทย์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย เห็นว่าท่านเป็นผู้มีประสบการณ์เกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี โดยนักศึกษาได้บะสานกับท่านแล้ว บัณฑิตวิทยาลัยจึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจและให้ความเห็นเกี่ยวกับเครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์ ดังเอกสารที่แนบมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลนง พลวัน)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

บัณฑิตวิทยาลัย

โทรศัพท์. ๐๕๓-๘๘๕๙๙๙

โทรสาร. ๐๕๓-๘๘๕๙๙๙



ที่ ศธ ๐๕๓๓.๑๓/ ๖.๒๕๓

บัณฑิตวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่  
๒๐๒ ถนนช้างเผือก อ.เมือง  
จ.เชียงใหม่ ๕๐๑๐๐

๑๕ มีนาคม ๒๕๖๑

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์

เรียน นางวิมลรัตน์ หาญณรงค์

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์ จำนวน ๑ ชุด

ด้วยบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ได้อนุมัติให้ นายบุญทาทา ชัยเจริญ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ การทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านวิทยาศาสตร์มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายจากธรรมชาติโดยใช้โคลนเป็นสารช่วยติด" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อโนดาธ รัสเวทย์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย เห็นว่าท่านเป็นผู้มีประสบการณ์เกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี โดยนักศึกษาได้ประสานกับท่านแล้ว บัณฑิตวิทยาลัยจึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจและให้ความเห็นเกี่ยวกับเครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์ ดังเอกสารที่แนบมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลนัง พลวัน)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

บัณฑิตวิทยาลัย

โทรศัพท์. ๐๕๓-๘๘๕๙๙๙

โทรสาร. ๐๕๓-๘๘๕๙๙๙



ที่ ศธ ๐๕๓๓.๑๑/ว.๒๔๓

บัณฑิตวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่  
๒๐๒ ถนนช้างเผือก ข เมือง  
จ.เชียงใหม่ ๕๐๓๐๐

๓๕ มีนาคม ๒๕๖๑

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์

เรียน นางสาวศุภาณี อภัยการวี

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์ จำนวน ๑ ชุด

ด้วยบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ได้ขออนุมัติให้ นายบุญหนา ชัยเจริญ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ การทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านวิทยาศาสตร์มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายจากธรรมชาติโดยใช้โคลนเป็นสารช่วยติด" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ วัฒนะ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย เห็นว่าท่านเป็นผู้มีประสบการณ์เกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี โดยนักศึกษาได้ประสานกับท่านแล้ว บัณฑิตวิทยาลัยจึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบและให้ความเห็นเกี่ยวกับเครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์ ดังเอกสารที่แนบมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลณัฐ นวลวัน)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

บัณฑิตวิทยาลัย

โทรศัพท์ ๐๕๓-๔๔๕๕๙๙

โทรสาร ๐๕๓-๔๔๕๕๙๙



ที่ ศธ ๐๕๓๓.๑๗/ว.๒๔๓

บัณฑิตวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่  
๒๐๒ ถนนช้างเผือก ซ.เมือง  
จ.เชียงใหม่ ๕๐๓๐๐

๑๕ มีนาคม ๒๕๖๑

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์

เรียน นางอริสฎาภา ชรรมรังสี

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์ จำนวน ๑ ชุด

ด้วยบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ได้ยืมให้ นายบุญทอน ชัยเจริญ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ การทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านวิทยาศาสตร์มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การบ่มสีเส้นด้ายฝ้ายจากธรรมชาติโดยใช้โคลนเป็นสารช่วยติด" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ วัชรพล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย เห็นว่าท่านเป็นผู้มีประสบการณ์เกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี โดยนักศึกษาได้ประสานกับท่านแล้ว บัณฑิตวิทยาลัยจึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจและให้ความเห็นเกี่ยวกับเครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์ ดังเอกสารที่แนบมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลนัง พลวัน)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

บัณฑิตวิทยาลัย

โทรศัพท์. ๐๕๓-๘๔๕๕๕๙

โทรสาร. ๐๕๓-๘๔๕๕๕๙



## ภาคผนวก ข

## การหาคุณภาพของเครื่องมือ

ตัวอย่าง การคำนวณหาประสิทธิภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข.1 การตรวจสอบความเที่ยงตรงหรือสอดคล้องกับเนื้อหาด้วยวิธีหาค่า IOC (Index of Congruence) (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2539, 249)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหา  
 $\sum R$  คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ  
 $N$  คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

เมื่อสมมติค่าการประเมินความสอดคล้องของเนื้อหา ดังตาราง ข.1

ตาราง ข.1 ค่าความสอดคล้องของเนื้อหาของผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

| จุดประสงค์                                                                 | ข้อที่ | ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ |           |           |
|----------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------|-----------|-----------|
|                                                                            |        | ท่านที่ 1               | ท่านที่ 2 | ท่านที่ 3 |
| เลือกใช้วัสดุในการสร้างชิ้นงานได้อย่างเหมาะสมพร้อมทั้งอธิบายเหตุผลสนับสนุน | 1      | +1                      | +1        | +1        |
|                                                                            | 2      | +1                      | +1        | +1        |
|                                                                            | 3      | +1                      | +1        | +1        |
|                                                                            | 4      | +1                      | +1        | +1        |

การคำนวณการสอดคล้องของเนื้อหา ข้อที่ 1

$$IOC = \frac{1 + 1 + 1}{3} = 1.00$$

จากการคำนวณค่าเฉลี่ย เท่ากับ 1.00 แสดงว่าแบบทดสอบข้อที่ 1 นำไปใช้ทดสอบได้

## ข.2 การตรวจสอบอำนาจจำแนก (Discrimination Power) (ปราณี หล้าเป็นสะ, 2559, 8)

$$r = \frac{R_H - R_L}{N_H \text{ or } N_L}$$

|       |       |     |                                       |
|-------|-------|-----|---------------------------------------|
| เมื่อ | r     | คือ | ค่าอำนาจจำแนก                         |
|       | $R_H$ | คือ | จำนวนนักเรียนในกลุ่มคะแนนสูงที่ตอบถูก |
|       | $R_L$ | คือ | จำนวนนักเรียนในกลุ่มคะแนนต่ำที่ตอบถูก |
|       | $N_H$ | คือ | จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มคะแนนสูง   |
|       | $N_L$ | คือ | จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มคะแนนต่ำ   |

เกณฑ์ในการพิจารณาอำนาจการจำแนก (r) พิจารณาจากค่า r ที่มีค่าตั้งแต่ -1.00 ถึง +1.00 เครื่องมือวัดที่ดีต้องมี r ตั้งแต่ +0.20 ถึง +1.00 ส่วนค่า r ที่ติดลบ แสดงว่า ข้อสอบนั้น ไม่มีอำนาจจำแนก

### จากข้อ 1 ในแบบทดสอบ

$$\text{จำนวนนักเรียนในกลุ่มคะแนนสูงที่ตอบถูก } (R_H) = 7$$

$$\text{จำนวนนักเรียนในกลุ่มคะแนนต่ำที่ตอบถูก } (R_L) = 2$$

$$\text{จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ} = 8$$

$$r = \frac{7 - 2}{8} = 0.63$$

ดังนั้น ข้อสอบมีอำนาจจำแนก เท่ากับ 0.63 อยู่ในช่วงระหว่าง 0.20 – 1.00 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้จึงใช้งานได้

**ข.3 การหาค่าความยากง่าย (Difficulty)** ข้อสอบที่ใช้ได้ควรมีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.20 – 0.80 โดยมีสูตรดังนี้ (ปราณี หล้าเป็นสะ, 2559, 8)

$$P = \frac{R_H + R_L}{N_H + N_L}$$

|       |       |     |                                     |
|-------|-------|-----|-------------------------------------|
| เมื่อ | P     | คือ | ค่าความยากง่ายของข้อคำถาม           |
|       | $R_H$ | คือ | จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงที่ตอบถูก    |
|       | $R_L$ | คือ | จำนวนนักเรียนในกลุ่มต่ำที่ตอบถูก    |
|       | $N_H$ | คือ | จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มคะแนนสูง |
|       | $N_L$ | คือ | จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มคะแนนต่ำ |

**จากข้อ 1 ในแบบทดสอบ**

จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงที่ตอบถูก ( $R_H$ ) = 7

จำนวนนักเรียนในกลุ่มต่ำที่ตอบถูก ( $R_L$ ) = 2

จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มคะแนนสูง ( $N_H$ ) = 8

จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มคะแนนต่ำ ( $N_L$ ) = 8

$$P = \frac{7 + 2}{8 + 8} = 0.56$$

ดังนั้น ข้อสอบ มีความยากง่าย เท่ากับ 0.56 ซึ่งอยู่ในช่วง 0.20 – 0.80 มีความยากง่ายที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้จึงใช้งานได้

**ข.4 การหาความเชื่อมั่น** โดยวิธีการของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder – Licharson) KR – 20 (ปราณี หล้าเป็นสะ, 2559, 5)

$$\text{KR - 20 หรือ } r_n = \frac{K}{K - 1} \left[ 1 - \frac{\sum pq}{S^2} \right]$$

เมื่อ KR – 20 หรือ  $r_n$  คือ ค่าความเชื่อมั่นของคูเดอร์ – ริชาร์ดสัน

K คือ จำนวนข้อมูล

p คือ สัดส่วนของผู้ตอบถูกในข้อหนึ่งๆ

q คือ สัดส่วนผู้ตอบผิดในข้อหนึ่งๆ

$S^2$  คือ ความแปรปรวนทั้งฉบับ

$$\text{เมื่อ } S^2 \text{ หาได้จาก } S^2 = \frac{\sum x^2}{N} - \left( \frac{\sum x}{N} \right)^2$$

และ  $\sum x$  คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมดที่นักเรียนตอบถูก

N คือ จำนวนนักเรียน

ค่าความเชื่อมั่นที่ใช้ได้ควรมีค่าตั้งแต่ 0.60 – 1.00

จากข้อมูลของผลคะแนนของแบบทดสอบพบว่า

ผลรวมของคะแนนทั้งหมดที่นักเรียนตอบถูก = 401

จำนวนนักเรียน = 31

$$S^2 = \frac{5822}{31} - \left( \frac{401}{31} \right)^2$$

$$S^2 = \frac{5822}{31} - 167.32$$

$$S^2 = 20.49$$

นำ  $S^2$  ที่ได้คำนวณหา  $r_n = \frac{K}{K-1} \left[ 1 - \frac{\sum pq}{S^2} \right]$

$$r_n = \frac{20}{20-1} \left[ 1 - \frac{4.24}{40.49} \right] = 0.845$$

ข้อสอบชุดนี้มีความเชื่อมั่นอยู่ที่ 0.845 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้เป็นข้อสอบที่มีความเชื่อมั่นสูงเพราะมีค่าใกล้ 1.00

## ภาคผนวก ค

## เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

## แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 Being Colorful on Cotton Yarns with STEM

## 1. มาตรฐานการเรียนรู้ / ตัวชี้วัด

## 1.1 วิทยาศาสตร์

## สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐานการเรียนรู้ ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ตัวชี้วัด ว 2.1 ม.2/5 ระบุปริมาณตัวละลายในสารละลายในหน่วยความเข้มข้นเป็น ร้อยละ ปริมาตรต่อปริมาตร มวลต่อมวล และมวลต่อปริมาตร

## สาระที่ 8 เทคโนโลยี

มาตรฐานการเรียนรู้ ว 8.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะด้านทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่นๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

ตัวชี้วัด ว 8.1 ม. 1/1 อธิบายแนวคิดหลักของเทคโนโลยีในชีวิตประจำวันและวิเคราะห์สาเหตุหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี

ตัวชี้วัด ว 8.1 ม. 1/2 ระบุปัญหาหรือความต้องการในชีวิตประจำวัน รวบรวม วิเคราะห์ ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ตัวชี้วัด ว 8.1 ม. 1/3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจ เลือกข้อมูลที่เป็น นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจ วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ตัวชี้วัด ว 8.1 ม. 1/4 ทดสอบ ประเมินผล และระบุข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขและนำเสนอผลการแก้ปัญหา

ตัวชี้วัด ว 8.1 ม. 1/5 ใช้ความรู้และทักษะเกี่ยวกับวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ กลไกไฟฟ้า หรือ อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสมและปลอดภัย

## 1.2 คณิตศาสตร์

### สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

มาตรฐานการเรียนรู้ ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด และนำไปใช้

ตัวชี้วัด ค 2.1 ม.2/2 ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องปริมาตรของปริซึมและทรงกระบอกในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง

## 1.3 วิศวกรรมศาสตร์

ระบุปัญหา ออกแบบและพัฒนาชิ้นงานจากวัสดุที่กำหนด เพื่อให้ผ่านเงื่อนไข โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

## 2. สาระสำคัญ

สารละลาย คือ ของผสมที่มีองค์ประกอบตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ซึ่งรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneous) องค์ประกอบที่มีปริมาณมากที่สุด เรียกว่า ตัวทำละลาย (Solvent) ส่วนองค์ประกอบอื่น ๆ ที่มีปริมาณน้อยกว่า เรียกว่า ตัวถูกละลาย (Solute)

ความเข้มข้นของสารละลาย เป็นค่าที่บอกให้ทราบถึงปริมาณตัวละลายที่มีในสารละลายว่ามีจำนวนมากน้อยเพียงใด สารละลายที่ระบุความเข้มข้นเป็นร้อยละ หมายถึง สารละลายที่มีอัตราส่วนของปริมาณตัวละลายละลายอยู่ในสารละลายร้อยละ ความเข้มข้นของสารละลายหน่วยต่าง ๆ เช่น ร้อยละ ส่วนในพันส่วน ล้านในล้านส่วน โดยเทียบอัตราส่วนโดยมวล ปริมาตรต่อปริมาตรหรือหน่วยมวลต่อปริมาตรของตัวละลายกับสารละลาย

## 3. สาระการเรียนรู้

### วิทยาศาสตร์

#### สารละลาย

### 1. ความหมายสารละลายและองค์ประกอบของสารละลาย

สารละลาย (Solution) เป็นของผสมที่ประกอบด้วย สารตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปผสมรวมกันเป็นเนื้อเดียวกัน มีขนาดอนุภาคน้อยกว่า  $10^{-7}$  เซนติเมตร สารละลายแบ่งส่วนประกอบได้ 2 ส่วนคือ

1. ตัวทำละลาย (Solvent) หมายถึง สารที่ให้อนุภาคของสารอื่นสามารถแพร่กระจายตัวอยู่ได้ และเป็นสารที่มีปริมาณมากกว่าตัวถูกละลาย ซึ่งเป็นได้ทั้งของแข็ง ของเหลว และก๊าซ แต่ที่พบ และถูกใช้ประโยชน์มากจะเป็นของเหลว โดยเฉพาะน้ำสำหรับทำละลาย และของแข็งจากการทำโลหะผสม

2. ตัวละลาย (Solute) หมายถึง สารที่ถูกตัวทำละลายละลายให้กระจายออกไปทั่วในตัวทำละลาย เป็นได้ทั้งของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ที่ละลายกระจายตัวอยู่ได้ทั้งในสารทั้ง 3 ชนิด แต่ตัว

ถูกละลายมีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 10 – 7 เซนติเมตร หรือเล็กกว่า 0.001 ไมครอน จึงสามารถกระจายตัวแทรกอยู่กัตัวทำละลายเป็นเนื้อเดียวกันอย่างสมบูรณ์

สารละลายมีทั้ง 3 สถานะ คือ สารละลายของแข็ง สารละลายของเหลว และสารละลายแก๊ส สารละลายของแข็ง หมายถึง สารละลายที่มีสถานะเป็นของแข็ง เช่น ทองเหลือง นาก โลหะบัดกรี สัมฤทธิ์ เป็นต้น

สารละลายของเหลว หมายถึง สารละลายที่มีสถานะเป็นของเหลว เช่น น้ำเชื่อม น้ำหวาน น้ำเกลือ น้ำปลา น้ำส้มสายชู น้ำอัดลม เป็นต้น

สารละลายแก๊ส หมายถึง สารละลายที่มีสถานะเป็นแก๊ส เช่น อากาศ แก๊สหุงต้ม ไอ้ในอากาศ เป็นต้น

ตัวละลายแต่ละชนิดจะใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างตัวทำละลายและตัวถูกละลาย ซึ่งสารทั้ง 2 ชนิดนั้นจะต้องรวมเป็นเนื้อเดียวกันและไม่ทำปฏิกิริยาเคมีต่อกัน ตัวอย่างเช่น

- เกลือ น้ำตาลทราย สีส้มอาหาร จุนลี สารส้ม กรดเกลือ กรดกำมะถัน ใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย
- โฟม ขางพารา พลาสติก ใช้น้ำมันเบนซินเป็นตัวทำละลาย
- สีนํ้ามัน โฟม พลาสติก แล็กเกอร์ ใช้น้ำมันเป็นตัวทำละลาย
- สีนํ้ามัน ใช้นํ้ามันสนเป็นตัวทำละลาย

## 2. ความเข้มข้นของสารละลาย

ความเข้มข้นของสารละลาย หมายถึง เป็นค่าที่แสดงปริมาณของตัวละลายที่ละลายอยู่ในตัวทำละลายหรือในสารละลายนั้น

สารละลายเข้มข้น (Concentrated Solution) คือ สารละลายที่มีปริมาณตัวละลายอยู่มาก

สารละลายเจือจาง (Dilute Solution) คือ สารละลายที่มีปริมาณตัวทำละลายอยู่น้อย

การบอกหน่วยความเข้มข้น (Unit of Solution Concentration) บอกได้หลายวิธี ดังนี้

### 1. ร้อยละหรือส่วนใน 100 ส่วน (Part per Hundred ใช้อักษรย่อ pph) จำแนกได้เป็น

**1.1 ร้อยละโดยมวล (มวล/มวล) (Percentage by Weight, % w/w)** หมายถึง มวลของตัวละลายที่ละลายในสารละลาย 100 หน่วยมวลเดียวกัน

เช่น สารละลายน้ำเชื่อมเข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวล คือ ในสารละลายน้ำเชื่อม 100 กรัม ประกอบด้วยน้ำตาล 10 กรัม

**1.2 ร้อยละโดยปริมาตร (ปริมาตร/ปริมาตร) (Percentage by Volume, % v/v)** หมายถึง ปริมาตรของตัวละลายที่ละลายในสารละลาย 100 หน่วยปริมาตรเดียวกัน



เช่น สารละลายเอทานอล ( $C_2H_5OH$ ) เข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตร หมายความว่า สารละลายเอทานอล 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีเอทานอลบริสุทธิ์ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร (หน่วยปริมาตรอาจเป็นลูกบาศก์เดซิเมตร ( $dm^3$ ) หรือ หน่วยลิตร (L) ก็ได้)

**1.3 ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร (มวล/ปริมาตร) (Percentage of Weight by Volume, % w/v)** หมายถึง มวลของตัวละลายที่ละลายในสารละลาย 100 หน่วยปริมาตร โดยที่หน่วยของมวลและปริมาตรต้องสอดคล้องกัน

เช่น สารละลายไอโอดีนในเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร หมายความว่า สารละลายไอโอดีนในเอทานอล 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีไอโอดีนละลายอยู่ 10 กรัม (ตัวทำละลาย คือ เอทานอล) \*\*ในบางกรณีที่ไม่มีการบ่งบอกสารละลายนั้นๆ ว่ามีความเข้มข้นเป็นร้อยละของตัวละลายอย่างไร จะหมายถึง ร้อยละของตัวละลายโดยน้ำหนักต่อปริมาตร

**2. ส่วนในล้านส่วน (ppm) (Part per Million) หรือ ส่วนในพันล้านส่วน (ppb) (Part per Billion)** เป็นหน่วยที่บอกปริมาณตัวละลายเป็นมวลหรือปริมาตรที่ละลายในสารละลาย 1 ล้านส่วน และ 1 พันล้านส่วน ตามลำดับ

เช่น ในแหล่งน้ำแห่งหนึ่งมีสารตะกั่วปนเปื้อนอยู่ 0.1 ppm หมายความว่า ในแหล่งน้ำแห่งนั้น 1 ล้านส่วน มีตะกั่วละลายอยู่ 0.1 ส่วน หรือ ในเนื้อปลาที่มีสารปรอทปนเปื้อนอยู่ 1 ppb หมายความว่า ในเนื้อปลานั้น 1 พันล้านส่วน มีสารปรอทปนเปื้อนอยู่ 1 ส่วน

### คณิตศาสตร์

**การวัด** วัดและเลือกใช้หน่วยการวัดได้อย่างเหมาะสม ความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ (ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการออกแบบชิ้นงาน Being Colorful on cotton yarns with STEM) 10<sup>6</sup>

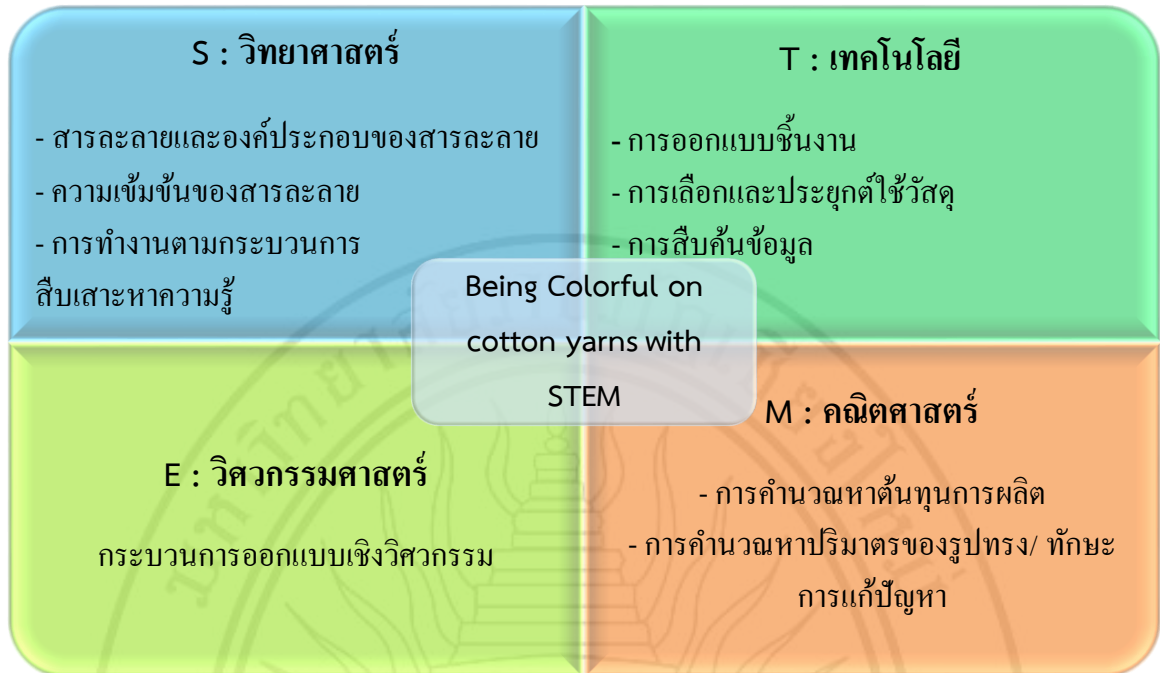
### เทคโนโลยี

การเลือกวัสดุให้มีความเหมาะสมกับการใช้งาน และการคำนึงถึงปัจจัยในด้านต่าง ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของชิ้นงาน การสร้างชิ้นงานตามกระบวนการเทคโนโลยีที่ต้องอาศัยความคิดริเริ่มสร้างสรรค์การจัดการสารสนเทศ ซึ่งประกอบด้วย การเตรียมข้อมูล การประมวลข้อมูล การเก็บข้อมูล และแสดงผล

### วิศวกรรมศาสตร์

การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

#### 4. แผนผังความคิด



#### 5. จุดประสงค์การเรียนรู้

##### ด้านความรู้

1. อธิบายหลักการทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับองค์ประกอบของสารละลายและความเข้มข้นของสารละลาย ที่นำมาใช้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน Being Colorful on cotton yarns with STEM

2. อธิบายและยกตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องได้

##### ด้านทักษะและกระบวนการ

1. สังเกต ทำนายและทดลองเพื่อหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ออกแบบและสร้างชิ้นงาน Being Colorful on Cotton Yarns with STEM ที่มีประสิทธิภาพ

2. เลือกใช้วัสดุในการสร้างชิ้นงาน Being Colorful on Cotton Yarns with STEM อย่างเหมาะสม พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลสนับสนุน

3. สร้างและทดสอบชิ้นงานโดยใช้ทักษะการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

4. เชื่อมโยง วิเคราะห์ สังเคราะห์ คำอธิบายหรือคำตอบของคำถามต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล เพื่อไปสู่องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจอยู่ในรูปของแนวความคิดหลัก หลักการ กฎหรือทฤษฎี

และประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ในการสร้างชิ้นงาน Being Colorful on Cotton Yarns with STEM

5. นำเสนอ เพื่อสื่อสารองค์ความรู้ไปยังผู้อื่นอย่างมีเหตุผลด้วยความรอบรู้เกี่ยวกับหลักวิชาการที่เกี่ยวข้องอย่างรอบด้าน มีความรอบคอบที่จะนำความรู้ในสาขาต่าง ๆ มาพิจารณาให้เชื่อมโยงกัน นำเสนอข้อมูลด้วยความเป็นจริง ด้วยวิธีการต่าง ๆ ได้อย่างน่าสนใจและเหมาะสม

#### ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์

1. มีความรับผิดชอบ มีเหตุผล
2. การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น
3. การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์

#### 6. การวัดผลและประเมินผล

##### ด้านความรู้

| ภาระงาน / ชิ้นงาน                                             | วิธีการวัด                                           | เครื่องมือ                             | เกณฑ์การประเมิน    | ผู้ประเมิน |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------|------------|
| อธิบายเกี่ยวกับองค์ประกอบของสารละลายและความเข้มข้นของสารละลาย | การอธิบายความรู้/ใบกิจกรรม/การเขียนอธิบายบนกระดาษ A4 | - แบบประเมินคุณภาพผลงาน<br>- การสังเกต | ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 | ครู        |
| อธิบายและยกตัวอย่างเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน                   | เป็นการประเมินเพื่อการปรับปรุง                       |                                        |                    |            |

ด้านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

| ภาระงาน / ชิ้นงาน                                                                             | วิธีการวัด                                                                                                                                                                                                                            | เครื่องมือ                                                                                                              | เกณฑ์การประเมิน                                                                                                                                                                | ผู้ประเมิน |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| การระดมสมองเพื่อตอบคำถาม การร่วมแสดงความคิดเห็นและทดสอบความรู้เดิม                            | เป็นการประเมินเพื่อการปรับปรุงและให้โบนัสเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) เป็น 3 ระดับ คือ ดีมาก ดี และปานกลาง                                                                                                                   |                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                |            |
| การทดลองเพื่อวัดปริมาตรรูปทรงต่างๆ                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ตรวจใบกิจกรรม</li> <li>- สังเกตพฤติกรรมด้านทักษะและกระบวนการ</li> </ul>                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- แบบประเมินคุณภาพผลงาน</li> <li>- แบบประเมินทักษะการสืบเสาะหาความรู้</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70</li> <li>- กำหนดเกณฑ์เป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) เป็น 4 ระดับ คือ ดีมาก ดี ปานกลางและปรับปรุง</li> </ul> | ครู        |
| การออกแบบ การเลือกใช้วัสดุ การวิเคราะห์ผลการทดสอบ ประสิทธิภาพผลงานและแนวทางในการปรับปรุงพัฒนา | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ตรวจใบกิจกรรม</li> <li>- ประสิทธิภาพของชิ้นงาน / คุณภาพผลงาน</li> </ul> <p>หมายเหตุ มีการให้โบนัสเพิ่มเติมกรณีที่นักเรียนสามารถออกแบบและสร้างชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- แบบประเมินคุณภาพผลงาน</li> </ul>                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70</li> </ul>                                                                                                         | ครู        |

|                                                                                                                                 |                                                                                                                        |                                                              |                                                                                                                                     |                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| ประยุกต์ใช้ความรู้<br>ด้านวิทยาศาสตร์<br>คณิตศาสตร์<br>เทคโนโลยี ในการ<br>สร้างชิ้นงาน Being<br>Colorful on Fabric<br>with STEM | - การเขียนอธิบาย<br>ความรู้ในใบ<br>กิจกรรม (แบบ<br>บันทึก) และการ<br>เขียนอธิบายบน<br>กระดาษ A4 ในรูป<br>แผนผังความคิด | - แบบประเมิน<br>คุณภาพผลงาน<br>- แบบประเมิน<br>แผนผังความคิด | - ผ่านเกณฑ์<br>ร้อยละ 70                                                                                                            | ครู               |
| การนำเสนอและ<br>การสื่อสาร                                                                                                      | การใช้สำนวน<br>ภาษาดีถูกต้อง<br>สะกดคำและ<br>ไวยากรณ์ถูกต้อง<br>รูปแบบน่าสนใจ<br>และความสวยงาม                         | - แบบประเมิน<br>การนำเสนอ<br>ผลงาน                           | - ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60<br>- กำหนดเกณฑ์<br>เป็นมาตราส่วน<br>ประมาณค่า<br>(Rating Scale)<br>เป็น 3 ระดับ คือ<br>ดี พอใช้และ<br>ปรับปรุง | ครู /<br>นักเรียน |

**ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์**

| ภาระงาน / ชิ้นงาน<br>/ พฤติกรรม                                                                                                                          | วิธีการวัด                                           | เครื่องมือ               | เกณฑ์การ<br>ประเมิน                                                                                                                    | ผู้ประเมิน        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| กิจกรรมระดม<br>สมอง/กิจกรรม<br>การทดลอง/<br>กิจกรรมการ<br>ออกแบบและการ<br>ทดสอบชิ้นงาน/<br>การตอบคำถาม/<br>การร่วมแสดง<br>ความคิดเห็น/การ<br>นำเสนอผลงาน | - สังเกตพฤติกรรม<br>ขณะที่นักเรียน<br>ปฏิบัติกิจกรรม | - แบบประเมิน<br>พฤติกรรม | - ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60<br>- กำหนดเกณฑ์<br>เป็นมาตราส่วน<br>ประมาณค่า<br>(Rating Scale)<br>เป็น 3<br>ระดับ คือ ดี<br>พอใช้และ<br>ปรับปรุง | ครู /<br>นักเรียน |

## 7. กิจกรรมการเรียนรู้ (กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม)

แบ่งกลุ่มนักเรียน กลุ่มละ 4 – 5 คน โดยคณะนักเรียนชาย – หญิงและความสามารถ

### 7.1 ขั้นระบุปัญหา

7.1.1 ทบทวนความรู้เดิมของนักเรียน ด้วยการตั้งคำถาม นักเรียนรู้อะไรมาบ้างแล้วเกี่ยวกับสารละลาย

7.1.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมสมองเขียนบนกระดาษ A4 ของกลุ่ม

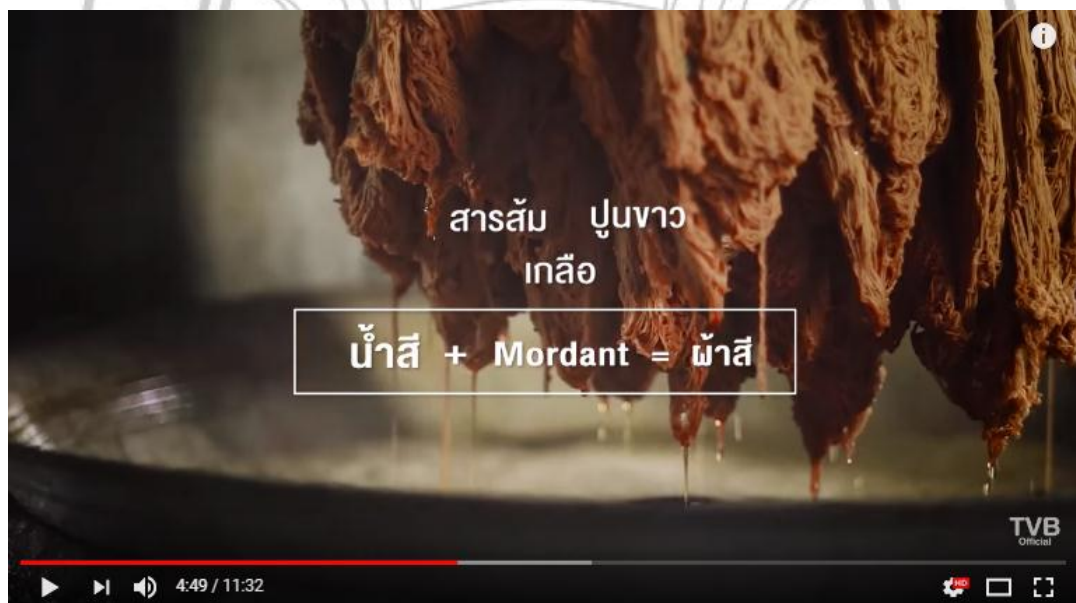
7.1.3 นักเรียนนำเสนอแลกเปลี่ยนเรียนรู้โดยการจับสลากประมาณ 1 – 2 กลุ่ม

7.1.4 เปิดโอกาสให้กลุ่มอื่น ๆ ร่วมแสดงความคิดเห็นในประเด็นที่แตกต่าง

7.1.5 ครูให้โบนัสนักเรียนที่นำเสนอและร่วมแสดงความคิดเห็น

7.1.6 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกันและแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (ถ้ามี)

7.1.7 นักเรียนทุกกลุ่มดูคลิปวิดีโอ การย้อมสีด้วยฝ้ายจากธรรมชาติ จากเว็บไซต์ <https://www.youtube.com/watch?v=Rpv79jNjoe0> (นาทีที่ 1.12 – 5.35 น.)



7.1.8 ครูให้นักเรียนร่วมกันอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสารละลาย ความเข้มข้นของสารละลายกับการย้อมสีด้วยฝ้ายจากธรรมชาติ “การย้อมสีด้วยฝ้าย น้ำย้อมที่ได้ ได้มาจากการนำพืชธรรมชาติ มาต้มกับน้ำ และเกิดสีเป็นน้ำย้อม น้ำที่นำมาต้มกับพืช ต้องดวงในปริมาณสัดส่วนที่เหมาะสม จึงจะได้เจดสีที่ชัดเจนหรือเจดสีที่เข้มและอ่อนแตกต่างกันไป”



### 7.1.9 ครูสมมติสถานการณ์ต่อไปนี้

“ผู้ใหญ่บ้านของชุมชนแห่งหนึ่ง ในตำบลหนองป่าครั่ง อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ได้มีนโยบายให้จัดการแข่งขันการพัฒนาเจดสีจากการย้อมสีด้วยฝ้ายจากแก่นไม้ฝางขึ้นในชุมชน โดยที่ทุกครัวเรือน ต้องส่งเจดสีในการย้อมสีด้วยฝ้ายจากแก่นไม้ฝาง เพื่อเข้าร่วมการประกวด สมมติว่านักเรียนเป็นหนึ่งในสมาชิกของครัวเรือนในชุมชนนั้น นักเรียนจะมีแนวคิดในการพัฒนาเจดสีที่ได้จากการย้อมสีด้วยฝ้ายจากแก่นไม้ฝางอย่างไร ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า ต้องใช้ต้นทุนการผลิตไม่เกิน 300 บาท และได้เจดสีมากที่สุด”

7.1.11 ให้นักเรียนช่วยกันระดมความคิดว่าจะพัฒนาเจดสีจากการย้อมสีด้วยฝ้ายจากแก่นไม้ฝางอย่างไร ให้ได้เจดสีที่มากที่สุด

7.1.12 นักเรียนและครูร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้โดยใช้ประเด็นคำถามต่อไปนี้

- (1) จากสถานการณ์ที่กำหนดให้มีปัญหาหรือความต้องการในเรื่องใด
- (2) จากสถานการณ์นักเรียนควรมีความรู้ในเรื่องใดบ้าง

### 7.2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

7.2.1 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาใบความรู้ที่ 1 เรื่อง Being Colorful on Cotton Yarns with STEM

7.2.2 ครูให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ว่าจากใบความรู้และคลิปวิดีโอ การย้อมสีด้วยฝ้ายจากธรรมชาติที่นักเรียนได้ดูวิดีโอในข้อ 7.1.7 นักเรียนสามารถมีวิธีการพัฒนาเจดสี และวิธีการย้อมสีด้วยฝ้ายได้อย่างไร และนำเสนอแลกเปลี่ยนเรียนรู้โดยการซักถามและให้ร่วมแสดงความคิดเห็น

### 7.3 ขั้นตอนการแก้ปัญหา

7.3.1 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบวิธีการพัฒนาเจดสีจากการย้อมสีด้วยฝ้ายจากแก่นไม้ฝาง ตามเงื่อนไขที่กำหนดจากการวิเคราะห์สถานการณ์ในข้อ 7.1.9 โดยเลือกวัสดุอุปกรณ์พืชและสารเคมีใดบ้าง และเลือกวิธีการย้อมสีด้วยฝ้ายวิธีการใด ในการสร้างชิ้นงานพัฒนาเจดสีในการย้อมสีด้วยฝ้ายจากแก่นไม้ฝาง บอกเหตุผลในการเลือกใช้เหล่านั้น แนวคิดในการสร้างชิ้นงานภายในกลุ่ม แล้วเขียนขั้นตอนในการย้อมสีด้วยฝ้าย ในใบบันทึกกิจกรรม

7.3.2 นักเรียนเขียนภาพร่างการออกแบบวิธีการพัฒนาเจดสีจากการย้อมสีด้วยฝ้ายจากแก่นไม้ฝาง บนกระดาษ A4 ของกลุ่ม ในรูปของผังมโนทัศน์

7.3.4 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอภาพร่างของกลุ่ม พร้อมเหตุผลในการออกแบบวัสดุที่เลือก และคำนวณต้นทุนในการผลิต



## 7.4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

7.4.1 ครูให้นักเรียนวางแผนและลงมือย้อมสีด้วยฝ้ายจากผลงานการวิธีการพัฒนาเจดสีจากการย้อมสีด้วยฝ้ายจากแก่นไม้ฝางตามที่นักเรียนได้ออกแบบไว้

## 7.5 ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

7.5.1 ครูทดสอบชิ้นงานของนักเรียนแต่ละกลุ่มตามเกณฑ์และเงื่อนไขที่กำหนด

7.5.2 ครูประเมินผลโดยให้นักเรียนออกมานำเสนอชิ้นงานและจำนวนเจดสีที่ได้จากการพัฒนาเจดสีจากการย้อมสีด้วยฝ้ายจากแก่นไม้ฝาง ด้วยเทคนิคแบบ Gallery Walk โดยให้นักเรียนเดินดูผลงานของเพื่อนทุกกลุ่ม

7.5.3 ครูให้โบนัสนักเรียนกลุ่มที่ได้เจดสีมากที่สุด

7.5.4 นักเรียนทุกกลุ่มวิเคราะห์ผลงานของกลุ่มตนเอง วิเคราะห์จุดเด่น จุดที่ควรปรับปรุง พัฒนา พร้อมเสนอแนวทางในการปรับปรุงพัฒนาพร้อมเหตุผล พร้อมบันทึกในใบกิจกรรม

## 7.6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

7.6.1 จากผลการประเมินผลงานการพัฒนาเจดสีจากการย้อมสีด้วยฝ้ายจากแก่นไม้ฝาง ให้นักเรียนทุกกลุ่มนำเสนอผลการวิเคราะห์ชิ้นงานของกลุ่มตนเองลงในกระดานบรื๊ฟท์

7.6.2 ปิดบทเรียนโดยให้นักเรียนสะท้อนคิดเกี่ยวกับกิจกรรมในประเด็นต่อไปนี้

- (1) ประเด็นที่นักเรียนได้เรียนรู้จากกิจกรรมนี้
- (2) ประเด็นที่นักเรียนอยากปรับปรุง
- (3) ประเด็นที่นักเรียนประทับใจ
- (4) ประเด็นที่นักเรียนมีข้อสงสัยจากการเรียนรู้กิจกรรมนี้

## 8. สื่อและแหล่งเรียนรู้

### 8.1 วัสดุอุปกรณ์

8.1.1 กระดาษ A4

8.1.2 กระดาษบรื๊ฟท์

8.1.3 สี ดินสอ ปากกา ยางลบ ไม้บรรทัด กรรไกร กาวหรือเทปกาวสองหน้า

### 8.2 สื่อและแหล่งเรียนรู้

8.2.1 ใบความรู้

8.2.2 ใบกิจกรรม

8.2.3 สื่อมัลติมีเดีย

8.2.4 วิดีโอ จากเว็บไซต์ <https://www.youtube.com/watch?v=Rpv79jNjoe0>

8.2.5 โสตทัศนูปกรณ์ Computer และ LCD projector

แบบประเมินคุณภาพชิ้นงาน Being Colorful on Cotton Yarns with STEM ที่เกิดจากการ  
ออกแบบด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และคุณภาพผลงานจากการบันทึกกิจกรรม

| รายการประเมิน                             | คะแนน<br>เต็ม | คะแนนที่ได้ |         |         | โบนัส<br>เพิ่ม |
|-------------------------------------------|---------------|-------------|---------|---------|----------------|
|                                           |               | กลุ่ม 1     | กลุ่ม 2 | กลุ่ม 3 |                |
| ชิ้นงาน / ผลงาน                           | 25            |             |         |         |                |
| เวลาที่ใช้ในการสร้างสรรค์ผลงาน<br>ทั้งหมด | 10            |             |         |         |                |
| ต้นทุนการผลิต                             | 10            |             |         |         |                |
| การนำเสนอผลงาน                            | 15            |             |         |         |                |
| การใช้กระบวนการออกแบบเชิง<br>วิศวกรรม     | 15            |             |         |         |                |
| การบูรณาการความรู้ (STEM)                 | 25            |             |         |         |                |
| คิดเป็นร้อยละ                             |               |             |         |         |                |

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน  
(.....)  
...../...../.....

**เกณฑ์การให้คะแนนชิ้นงาน Being Colorful on Cotton Yarns with STEM ที่สร้างสรรค์ด้วย  
กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม**

| ดีมาก<br>(4 คะแนน)                                                                                                                          | ดี<br>(3 คะแนน)                                                                                                            | พอใช้<br>(2 คะแนน)                                                                                 | ควรปรับปรุง<br>(1คะแนน)                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| <b>ชิ้นงาน/ผลงาน (25 คะแนน)</b>                                                                                                             |                                                                                                                            |                                                                                                    |                                                                     |
| สร้างชิ้นงานตรงตาม<br>เงื่อนไขที่กำหนด<br>ครบถ้วนทุกข้อ                                                                                     | สร้างชิ้นงานไม่ตรง<br>ตามเงื่อนไขที่กำหนด<br>1 ข้อ                                                                         | สร้างชิ้นงานไม่ตรง<br>ตามเงื่อนไขที่กำหนด<br>2 ข้อ                                                 | สร้างชิ้นงานไม่<br>ตรงตามเงื่อนไขที่<br>มากกว่า 2 ข้อ               |
| <b>เวลาที่ใช้ในการสร้างสรรค์ผลงานทั้งหมด (10 คะแนน)</b>                                                                                     |                                                                                                                            |                                                                                                    |                                                                     |
| ไม่เกิน 30 นาที                                                                                                                             | เกินเวลา 3 นาที                                                                                                            | เกินเวลา 5 นาที                                                                                    | เกินเวลามากกว่า 5<br>นาที                                           |
| <b>ต้นทุนการผลิต (10 คะแนน) *ต่ำกว่าที่กำหนดมากเป็นอันดับ1 จะได้โบนัสเพิ่ม</b>                                                              |                                                                                                                            |                                                                                                    |                                                                     |
| ไม่เกิน 100 บาท                                                                                                                             | ระหว่าง 100-200 บาท                                                                                                        | ระหว่าง 201-250 บาท                                                                                | มากกว่า 250 บาท                                                     |
| <b>การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (15 คะแนน)</b>                                                                                         |                                                                                                                            |                                                                                                    |                                                                     |
| มีการใช้กระบวนการ<br>ออกแบบเชิงวิศวกรรม<br>มีการสืบค้นข้อมูลและ<br>แสดงถึงการใช้ข้อมูลมา<br>เป็นพื้นฐานการ<br>ตัดสินใจในการ<br>ออกแบบ       | มีการใช้กระบวนการ<br>ออกแบบเชิงวิศวกรรม<br>มีการสืบค้นข้อมูล แต่<br>ไม่ได้นำมาใช้เป็น<br>พื้นฐานการตัดสินใจ<br>ในการออกแบบ | มีการใช้กระบวนการ<br>ออกแบบเชิงวิศวกรรม<br>แต่ขาดการสืบค้น<br>ข้อมูล                               | ขาดการใช้<br>กระบวนการ<br>ออกแบบเชิง<br>วิศวกรรม                    |
| <b>การบูรณาการความรู้ (STEM) (25 คะแนน)</b>                                                                                                 |                                                                                                                            |                                                                                                    |                                                                     |
| สามารถอธิบายความรู้<br>ทางด้านวิทยาศาสตร์<br>คณิตศาสตร์และ<br>เทคโนโลยี ที่นำมาใช้<br>ในการออกแบบผลงาน<br>ได้ชัดเจนและถูกต้องทั้ง<br>3 ด้าน | สามารถอธิบายความรู้<br>ที่เกี่ยวข้องกับการ<br>ออกแบบผลงานได้<br>ชัดเจนและถูกต้องทั้ง<br>2 ด้าน                             | สามารถอธิบายความรู้<br>ที่เกี่ยวข้องกับการ<br>ออกแบบผลงานได้<br>ชัดเจนและถูกต้อง<br>เพียงด้านเดียว | ไม่สามารถอธิบาย<br>ความรู้ที่เกี่ยวข้อง<br>กับการออกแบบ<br>ผลงานได้ |
| <b>การนำเสนอผลงาน (15 คะแนน)</b>                                                                                                            |                                                                                                                            |                                                                                                    |                                                                     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| สามารถนำเสนอผลงานได้อย่างน่าสนใจ มีภาพร่างของชิ้นงานที่ชัดเจน สมบูรณ์ อธิบายขั้นตอนการสร้างชิ้นงานและอธิบายเหตุผลในการเลือกใช้วัสดุต่างๆ ได้ชัดเจน อธิบายถึงการทดสอบประสิทธิภาพและการปรับปรุงชิ้นงาน การบูรณาการความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีได้อย่างชัดเจน | สามารถนำเสนอผลงานได้อย่างน่าสนใจ แต่มีภาพร่างของชิ้นงานที่ไม่ค่อยชัดเจน สมบูรณ์ อธิบายขั้นตอนการสร้างชิ้นงานและอธิบายเหตุผลในการเลือกใช้วัสดุต่างๆ ได้ไม่ชัดเจน อธิบายถึงการทดสอบประสิทธิภาพและการปรับปรุงชิ้นงาน การบูรณาการความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีได้ไม่ค่อยชัดเจน | สามารถนำเสนอผลงานได้แต่ไม่ค่อยน่าสนใจ มีภาพร่างของชิ้นงาน แต่ไม่สมบูรณ์ อธิบายขั้นตอนการสร้างชิ้นงานและอธิบายเหตุผลในการเลือกใช้วัสดุต่างๆ ไม่ชัดเจน ไม่มีการอธิบายถึงการทดสอบประสิทธิภาพและการปรับปรุงชิ้นงาน การบูรณาการความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีได้ไม่ชัดเจน | สามารถนำเสนอผลงานได้แต่ไม่น่าสนใจ ไม่มีภาพร่างของชิ้นงาน อธิบายขั้นตอนการสร้างชิ้นงานและอธิบายเหตุผลในการเลือกใช้วัสดุต่างๆ ไม่ชัดเจน เข้าใจยาก ไม่มีการอธิบายถึงการทดสอบประสิทธิภาพและการปรับปรุงชิ้นงาน ขาดการเสนอ การบูรณาการความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**\*\*หมายเหตุ** การประเมินในส่วนของ “การใช้กระบวนการเชิงวิศวกรรม” จะประเมินจากข้อมูลที่นักเรียนตอบในใบกิจกรรม ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานที่เป็นไปตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและการนำเสนอด้วยวาจา การประเมินในส่วนของ “การบูรณาการความรู้ (STEM)” จะประเมินจากข้อมูลการตอบคำถามในใบกิจกรรม และจากการอธิบายเหตุผลในการออกแบบและเลือกวัสดุอุปกรณ์ก่อนนำเสนอด้วย

แบบประเมินการนำเสนอชิ้นงาน Being Colorful on cotton yarns with STEM

| กลุ่มที่ | ชื่อกลุ่ม | พฤติกรรม / ระดับคะแนน |   |   |                       |   |   |            |   |   |      |   |   |                                              |   |   | รวม<br>คะแนน<br>(15) |
|----------|-----------|-----------------------|---|---|-----------------------|---|---|------------|---|---|------|---|---|----------------------------------------------|---|---|----------------------|
|          |           | เนื้อหา<br>ครบถ้วน    |   |   | ความคิด<br>สร้างสรรค์ |   |   | ตรงต่อเวลา |   |   | ภาษา |   |   | ความพร้อม<br>ในการ<br>อภิปรายและ<br>ตอบคำถาม |   |   |                      |
|          |           | 3                     | 2 | 1 | 3                     | 2 | 1 | 3          | 2 | 1 | 3    | 2 | 1 | 3                                            | 2 | 1 |                      |
| 1        |           |                       |   |   |                       |   |   |            |   |   |      |   |   |                                              |   |   |                      |
| 2        |           |                       |   |   |                       |   |   |            |   |   |      |   |   |                                              |   |   |                      |
| 3        |           |                       |   |   |                       |   |   |            |   |   |      |   |   |                                              |   |   |                      |
| 4        |           |                       |   |   |                       |   |   |            |   |   |      |   |   |                                              |   |   |                      |
| 5        |           |                       |   |   |                       |   |   |            |   |   |      |   |   |                                              |   |   |                      |

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

เกณฑ์การประเมิน มีดังนี้

| ช่วงคะแนน | ระดับคุณภาพ |
|-----------|-------------|
| 13 - 15   | ดี          |
| 9 - 12    | พอใช้       |
| 5 - 8     | ปรับปรุง    |

เกณฑ์การผ่าน ร้อยละ 60 ( 9 คะแนน )

มีเกณฑ์ให้คะแนนจากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้  
คือ

- เกณฑ์การให้คะแนน 3 คะแนน เมื่อนักเรียนแสดงพฤติกรรมตามที่ต้องการเป็นประจำสม่ำเสมอ
- เกณฑ์การให้คะแนน 2 คะแนน เมื่อนักเรียนแสดงพฤติกรรมตามที่ต้องการค่อนข้างจะสม่ำเสมอ
- เกณฑ์การให้คะแนน 1 คะแนน เมื่อนักเรียนแสดงพฤติกรรมตามที่ต้องการน้อย

## เกณฑ์การประเมินการนำเสนอ Being Colorful on cotton yarns with STEM

| รายการ<br>ประเมิน                              | พฤติกรรม                                                                                                                              |                                                                                                                                                     |                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                | ดี(3)                                                                                                                                 | พอใช้(2)                                                                                                                                            | ควรปรับปรุง(1)                                                                                                                         |
| 1.เนื้อหา<br>ครบถ้วน                           | เนื้อหาครบถ้วนสมบูรณ์<br>ถูกต้อง ตรงตามหัวข้อเรื่อง<br>เนื้อหาเป็นไปตามที่<br>กำหนด รายละเอียด<br>ครอบคลุม เนื้อหา<br>สอดคล้อง        | เนื้อหาครบถ้วนแต่ยังไม่<br>สมบูรณ์ ตรงตามหัวข้อ<br>เรื่อง แต่เนื้อหายังไม่เป็นไป<br>ตามที่กำหนด รายละเอียด<br>ครอบคลุม แต่เนื้อหายังไม่<br>สอดคล้อง | เนื้อหาไม่ครบถ้วนสมบูรณ์<br>ตรงตามหัวข้อเรื่อง แต่<br>เนื้อหาไม่เป็นไปตามที่<br>กำหนด รายละเอียดไม่<br>ครอบคลุม เนื้อหาไม่<br>สอดคล้อง |
| 2.ความคิด<br>สร้างสรรค์                        | ทุกครั้งจะมีความคิดริเริ่ม<br>สร้างสรรค์ในการทำงานที่<br>ได้รับมอบหมาย มีแนวคิด/<br>วิธีการแปลกใหม่ที่สามารถ<br>นำไปปฏิบัติได้ถูกต้อง | มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์<br>ในงานที่ได้รับมอบหมาย<br>เป็นส่วนใหญ่ มีแนวคิด/<br>วิธีการแปลกใหม่แต่นำไป<br>ปฏิบัติแล้วไม่สมบูรณ์                    | มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์<br>ในงานที่ได้รับมอบหมายใน<br>บางครั้ง มีแนวคิด/วิธีการ<br>แปลกใหม่แต่นำไปปฏิบัติ<br>แล้วไม่สมบูรณ์         |
| 3.ตรงต่อ<br>เวลา                               | งานที่ได้รับมอบหมาย<br>เสร็จตามเวลาที่กำหนด                                                                                           | งานที่ได้รับมอบหมาย<br>เสร็จตามเวลาแต่ช้ากว่าเวลา<br>ที่กำหนด                                                                                       | งานที่ได้รับมอบหมายไม่<br>เสร็จตามเวลาที่กำหนด                                                                                         |
| 4.ภาษา                                         | ใช้ภาษาอย่างถูกต้อง<br>ประโยค สอดคล้องกับ<br>เนื้อหา สะกดคำถูกต้อง มี<br>การเว้นวรรค โดยไม่ฉีกคำ<br>มีการใช้ภาษา อย่าง<br>สร้างสรรค์  | ใช้ภาษาอย่างถูกต้อง<br>ประโยค สอดคล้องกับ<br>เนื้อหา แต่สะกดคำยังไม่<br>ถูกต้อง มีการใช้ภาษาอย่าง<br>สร้างสรรค์                                     | ใช้ภาษาอย่างถูกต้อง<br>ประโยคไม่สอดคล้องกับ<br>เนื้อหา สะกดคำไม่ถูกต้อง<br>ไม่มีการใช้ภาษาอย่าง<br>สร้างสรรค์                          |
| 5.ความ<br>พร้อมในการ<br>อภิปรายและ<br>ตอบคำถาม | แสดงความพร้อมในการ<br>อภิปรายและตอบคำถาม<br>ทุกครั้ง                                                                                  | แสดงความพร้อมในการ<br>อภิปรายและตอบคำถามเป็น<br>ส่วนใหญ่                                                                                            | แสดงความพร้อมในการ<br>อภิปรายและตอบคำถามใน<br>บางครั้ง                                                                                 |

แบบประเมินการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนจากการสร้างชิ้นงาน

| กลุ่มที่ | พฤติกรรม / ระดับคะแนน    |   |   |                              |   |   |                          |   |   |                      |   |   |                                 |   |   |               |
|----------|--------------------------|---|---|------------------------------|---|---|--------------------------|---|---|----------------------|---|---|---------------------------------|---|---|---------------|
|          | ความสนใจตั้งใจในการเรียน |   |   | ความสนใจในการซักถาม/ตอบคำถาม |   |   | รับผิดชอบต่องานที่ได้รับ |   |   | ทำงานทันตามกำหนดเวลา |   |   | การมีส่วนร่วมในกิจกรรม/งานกลุ่ม |   |   | รวมคะแนน (15) |
|          | 3                        | 2 | 1 | 3                            | 2 | 1 | 3                        | 2 | 1 | 3                    | 2 | 1 | 3                               | 2 | 1 |               |
| 1        |                          |   |   |                              |   |   |                          |   |   |                      |   |   |                                 |   |   |               |
| 2        |                          |   |   |                              |   |   |                          |   |   |                      |   |   |                                 |   |   |               |
| 3        |                          |   |   |                              |   |   |                          |   |   |                      |   |   |                                 |   |   |               |
| 4        |                          |   |   |                              |   |   |                          |   |   |                      |   |   |                                 |   |   |               |
| 5        |                          |   |   |                              |   |   |                          |   |   |                      |   |   |                                 |   |   |               |

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

เกณฑ์การประเมินในการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ มีดังนี้

| ช่วงคะแนน | ระดับคุณภาพ |
|-----------|-------------|
| 13 - 15   | ดี          |
| 9 - 12    | พอใช้       |
| 5 - 8     | ปรับปรุง    |

เกณฑ์การผ่าน ร้อยละ 60 ( 9 คะแนน )

มีเกณฑ์ให้คะแนนจากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้  
คือ

- เกณฑ์การให้คะแนน 3 คะแนน เมื่อนักเรียนแสดงพฤติกรรมตามที่ต้องการเป็นประจำสม่ำเสมอ
- เกณฑ์การให้คะแนน 2 คะแนน เมื่อนักเรียนแสดงพฤติกรรมตามที่ต้องการค่อนข้างจะสม่ำเสมอ
- เกณฑ์การให้คะแนน 1 คะแนน เมื่อนักเรียนแสดงพฤติกรรมตามที่ต้องการน้อย



## เกณฑ์การประเมินการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนจากการสร้างชิ้นงาน

## Being Colorful on cotton yarns with STEM

| รายการประเมิน                     | พฤติกรรม                                                                            |                                                                                       |                                                                                   |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
|                                   | ดีมาก(3)                                                                            | ดี(2)                                                                                 | ควรปรับปรุง(1)                                                                    |
| 1.ความสนใจตั้งใจในการเรียน        | มีความสนใจตั้งใจในการเรียนไม่คุยหรือเล่นกันในขณะเรียน                               | สนใจในการเรียนคุยกันเล็กน้อยและเล่นกันในขณะเรียน                                      | ไม่สนใจในการเรียนคุยและเล่นกันในขณะเรียน                                          |
| 2.ความสนใจในการซักถาม/ตอบคำถาม    | มีการถามในหัวข้อที่ตนไม่เข้าใจทุกเรื่อง มีส่วนร่วมในการตอบคำถามของครูและกล้าแสดงออก | มีการถามในหัวข้อที่ตนไม่เข้าใจเป็นส่วนมาก มีส่วนร่วมในการตอบคำถามของครูและกล้าแสดงออก | ไม่ถามในหัวข้อที่ตนไม่เข้าใจไม่ให้ความร่วมมือในการตอบคำถามของครูและไม่กล้าแสดงออก |
| 3.รับผิดชอบต่องานที่ได้รับ        | มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับ ทำงานได้สำเร็จ                                       | มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับค่อนข้างน้อย แต่ทำงานได้สำเร็จ                          | ไม่มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับและทำงานไม่สำเร็จ                                |
| 4.ทำงานทันตามกำหนดเวลา            | ทำงานส่งตามเวลาที่กำหนดและถูกต้องชัดเจน                                             | ทำงานส่งตามเวลาที่กำหนดและส่วนใหญ่ถูกต้อง                                             | ส่งงานช้าและไม่ถูกต้อง                                                            |
| 5.การมีส่วนร่วมในกิจกรรม/งานกลุ่ม | สมาชิกทุกคนร่วมมือและช่วยเหลือเพื่อนในการทำกิจกรรม                                  | สมาชิก 1 - 2 คนไม่ให้ความร่วมมือและช่วยเหลือเพื่อนในการทำกิจกรรม                      | สมาชิกมากกว่า 2 คนไม่ให้ความร่วมมือและช่วยเหลือเพื่อนในการทำกิจกรรม               |

## ใบกิจกรรมที่ 1

### Being Colorful on cotton yarns with STEM

เรียบเรียงโดย นายยุทธนา ชัยเจริญ

#### จุดประสงค์กิจกรรม

1. เพื่อสร้างสรรค์และออกแบบชิ้นงานให้ได้เจดสีในการย้อมสีด้ายฝ้ายจากแก่นไม้ฝางให้ได้มากที่สุด
2. อธิบายและเชื่อมโยงองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์กับการสร้างชิ้นงาน

#### สถานการณ์

“ผู้ใหญ่บ้านของชุมชนแห่งหนึ่ง ในตำบลหนองป่าครั่ง อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ได้มีนโยบายให้จัดการแข่งขันการพัฒนาเจดสีจากการย้อมสีด้ายฝ้ายจากแก่นไม้ฝางขึ้นในชุมชน โดยที่ทุกครัวเรือน ต้องส่งเจดสีในการย้อมสีด้ายฝ้ายจากแก่นไม้ฝาง เพื่อเข้าร่วมการประกวด สมมติว่านักเรียนเป็นหนึ่งในสมาชิกของครัวเรือนในชุมชนนั้น นักเรียนจะมีแนวคิดในการพัฒนาเจดสีที่ได้จากการย้อมสีด้ายฝ้ายจากแก่นไม้ฝางอย่างไร ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า ต้องใช้ต้นทุนการผลิตไม่เกิน 300 บาท และได้เจดสีมากที่สุด”

คำชี้แจง ปฏิบัติกิจกรรมและบันทึกรายละเอียดการปฏิบัติ ตามประเด็นต่างๆต่อไปนี้

1. จากสถานการณ์ “ปัญหาและเงื่อนไข” คืออะไร

.....

.....

2. นักเรียนคิดว่าการพัฒนาเจดสีในการย้อมสีด้ายฝ้ายจากแก่นไม้ฝาง ให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ ต้องอาศัยความรู้และคำนึงถึงปัจจัยอะไรบ้าง (อธิบายเป็นข้อความสั้นๆ เพื่อให้เข้าใจ)

.....

.....

.....

[illegible]

4. ภาพร่างการออกแบบวิธีการพัฒนาเจตคติจากการย้อมสีด้วยฝ้ายจากแก่นไม้ฝาง “ชิ้นงาน Being Colorful on cotton yarns with STEM ” พร้อมระบุส่วนประกอบที่ใช้ในการสร้างให้ละเอียดที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ (ให้ทุกกลุ่มนำภาพร่างที่ออกแบบแล้วไปซื้อวัสดุที่จะใช้ในการสร้างชิ้นงานตามรายละเอียดในใบสั่งซื้ออุปกรณ์)

[illegible]

5. เมื่อนักเรียนสร้างชิ้นงานตามแบบร่างที่ออกแบบ กลุ่มของนักเรียนพบปัญหาที่เกิดขึ้นหรือไม่ นักเรียนแก้ปัญหานั้นอย่างไร

.....

|                      |       |                         |       |
|----------------------|-------|-------------------------|-------|
| ผ่านเงื่อนไขที่กำหนด | ..... | ไม่ผ่านเงื่อนไขที่กำหนด | ..... |
|----------------------|-------|-------------------------|-------|

**\*\*กรณีที่ยังงานไม่ผ่านเงื่อนไขที่กำหนด ให้บันทึกรายละเอียด**

\* กลุ่มของนักเรียนใช้ต้นทุนในการผลิต.....บาท

\* กลุ่มของนักเรียนใช้เฉลี่ยจำนวน.....เฉลี่ย

6. ภายหลังการทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงานที่กลุ่มสร้างขึ้น กลุ่มของนักเรียนมีแนวคิดในการปรับปรุง พัฒนา ให้ชิ้นงานของกลุ่ม มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้นหรือไม่ อย่างไร เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

#### คำถามท้ายกิจกรรม

1. จากกิจกรรม นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากกิจกรรมนี้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างไร
- .....
- .....
- .....
- .....
2. นักเรียนได้บูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ในเรื่องใดบ้าง ในการออกแบบและสร้าง “ชิ้นงาน Being Colorful on cotton yarns with STEM ” สร้างคำอธิบายพร้อมให้เหตุผลประกอบให้ชัดเจนในรูปแบบของผังความคิด

ชื่อกลุ่ม..... ชื่อ-สกุล..... เลขที่.....

**ใบสั่งซื้อวัสดุในการออกแบบ “ชิ้นงาน Being Colorful on cotton yarns with STEM ”**

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนเลือกซื้อวัสดุที่ใช้ในการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียน ตามที่นักเรียนต้องการ

| ลำดับที่                    | รายการ                               | ราคาต่อชิ้น<br>(บาท) | จำนวน | รวมราคา(บาท) |
|-----------------------------|--------------------------------------|----------------------|-------|--------------|
| <b>วัตถุดิบในการย้อมผ้า</b> |                                      |                      |       |              |
| 1.                          | แก่นฝาง 1 ลิตร                       | 30                   |       |              |
| 2.                          | เกลือแกง (NaCl)                      | 20                   |       |              |
| 3.                          | โซดาแอช ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) | 10                   |       |              |
| 4.                          | จุนสี ( $\text{CuSO}_4$ )            | 10                   |       |              |
| 5.                          | แคลเซียมคลอไรด์ ( $\text{CaCl}_2$ )  | 20                   |       |              |
| 6.                          | สารส้ม                               | 10                   |       |              |
| 7.                          | สบู่อลาย                             | 30                   |       |              |
| 8.                          | ด้ายฝ้ายเบอร์ 10/1                   | 20                   |       |              |
| รวมทั้งสิ้น                 |                                      |                      |       |              |

## ใบความรู้ เรื่อง การย้อมสีด้วยฝ้ายจากธรรมชาติ

เรียบเรียงโดย นายยุทธนา ชัยเจริญ

### การทำความสะอาดฝ้าย

ก่อนที่จะนำเส้นด้ายฝ้ายไปย้อมสีนั้น เราต้องกำจัดไขมัน สิ่งสกปรก รวมทั้งสารที่เคลือบติดเส้นด้ายออกไป เพราะสิ่งเหล่านี้ทำให้สีย้อมติดเส้นด้ายไม่ดี

การทำความสะอาดเส้นด้าย โดยใช้วิธีทำความสะอาดด้วยสบู่ ดังนี้

#### อัตราส่วนที่ใช้

ด้าย 5 ใจ : สบู่ 40 กรัม : โซดาแอช 30 กรัม : น้ำ 4000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

#### วิธีทำความสะอาด

- ผสมสบู่และโซดาแอช กับน้ำตามอัตราส่วน
  - นำไปให้ความร้อนบนเครื่องให้ความร้อน ให้อุณหภูมิของน้ำต้มประมาณ 80 องศาเซลเซียส จนสารละลายได้
  - ใส่ด้ายที่ต้องการทำความสะอาดลงไป ต้มเป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยกดเส้นด้ายให้จมน้ำ ค่อยๆ ให้ความร้อนจนเดือดเบาๆ และหมั่นพลิกกลับเส้นด้ายเป็นระยะๆ เพื่อการล้างเส้นด้ายได้ทั่วถึง
  - นำด้ายขึ้นผึ่งทิ้งให้เย็น แล้วนำไปล้างด้วยน้ำเปล่าหลาย ๆ ครั้ง จนแน่ใจว่าล้างสบู่ออกหมด บิดหมาดๆ แล้วกระตุก 2-3 ครั้ง เพื่อให้เส้นด้ายเรียงตัว
  - นำไปฟึ่งลมให้แห้ง เก็บไว้อย่างไรก็ได้
- \*\* ปัจจัยที่มีผลต่อการล้างไขมัน** คือ อุณหภูมิ เวลา ปริมาณของสบู่ ต่าง หากเราเพิ่มปัจจัยใดปัจจัยหนึ่ง เราก็จะลดปัจจัยอื่นลง เช่น ถ้าเราใช้เวลาในการแช่เส้นด้ายนานขึ้น เราก็จะใช้เวลาของการทำความสะอาดน้อยลง และใช้ปริมาณของการต้มล้างต่ำลงได้





ภาพที่ 1 และ 2 แสดงการทำความสะอาดด้ายฝ้ายและเส้นด้ายฝ้าย ตามลำดับ

(ที่มา: [http://jakkaphong-ladda.blogspot.com/2014/01/blog-post\\_5169.html](http://jakkaphong-ladda.blogspot.com/2014/01/blog-post_5169.html))

### การเตรียมน้ำย้อม

เตรียมน้ำย้อมจากแก่นไม้ฝาง อัตราส่วนที่ใช้ แก่นไม้ฝาง 1000 กรัม : น้ำ 10 ลิตร นำไปให้ความร้อนบนเครื่องให้ความร้อน ให้อุณหภูมิของสารละลายประมาณ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ก่อนทำการย้อมให้นำสารละลายมากรองเหลือแต่น้ำย้อมก่อนนำไปทำการย้อม



ภาพที่ 3 และ 4 แสดงน้ำย้อมจากแก่นไม้ฝางและต้นฝาง ตามลำดับ

(ที่มา: <http://www.sptn.dss.go.th/otopininfo/index.php/en/2014-10-09-08-12-02/m/natural-dye/39-sappanwood>)

### การเตรียมน้ำย้อม

สารช่วยย้อมจากสารเคมี ดังนี้ เกลือแกง ( $\text{NaCl}$ ), โซดาแอช ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), จุนดี ( $\text{CuSO}_4$ ), แคลเซียมคลอไรด์ ( $\text{CaCl}_2$ ) และสารส้ม นำสารช่วยย้อมแต่ละชนิดประมาณ 5 กรัม ลงในน้ำสะอาด 1000 มิลลิลิตร อุ่นให้พอร้อน คนให้ละลาย สารเคมีบางชนิดที่มีตะกอนให้กรองเอาสารละลายมาใช้ทำการทดลองต่อไปและนำกากทิ้งไป



### กระบวนการย้อมด้วยสีธรรมชาติที่ใช้สารช่วยย้อม

พืชที่ให้สีและสามารถนำมาผลิตสีเพื่อการย้อมนี้ มีได้ตั้งแต่ต้นหญ้าไปจนถึงต้นไม้ขนาดใหญ่และทุกส่วนของพืช ได้แก่ ใบ ดอก ผล ลำต้น เปลือก แก่น ราก หัวหรือเหง้าในดิน ซึ่งแต่ละชนิด แต่ละส่วนของพืชจะให้สีที่แตกต่างกันออกไป อีกทั้งยังขึ้นอยู่กับความอ่อนแก่ สดแห้ง ช่วงเวลา เดือน และฤดูกาลที่เก็บด้วย พืชที่ให้สีติดเส้นฝ้ายดีนั้นมักเป็นพืชที่ให้รสฝาด พืชแต่ละชนิดที่นำมาใช้ย้อมเส้นด้ายมีความสามารถในการติดสี ความคงทนต่อการซักหรือความคงทนต่อแสงได้ไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางชีวเคมีภายในของพืชและเส้นด้ายที่นำมาใช้ย้อม เราจึงต้องใช้สารช่วยย้อม มาเป็นตัวช่วยในการทำให้เส้นด้ายดูดซับสีได้ดี มีความคงทนต่อแสงและการซักเพิ่มขึ้น

คุณสมบัติสารช่วยย้อมนอกจากจะเป็นสารที่ช่วยในการย้อมและจับสีแล้ว ในบางครั้งสารช่วยย้อมยังทำให้ได้เฉดสีใหม่ที่เปลี่ยนไปจากเดิม การใช้สารช่วยย้อมในการมี 3 วิธี คือ

#### 1. การย้อมมอร์แดงก่อนการย้อมสี

1.1 ละลายมอร์แดงที่ประมาณ 5 กรัม ลงในน้ำสะอาด 1000 มิลลิลิตร อุ่นให้พอร้อน คนให้มอร์แดงละลายให้หมด

1.2 นำด้ายฝ้าย 1 ใจ ที่ทำความสะอาดด้วยสบู่แล้ว ต้มนาน 30 นาที กลับด้ายเป็นครั้งคราว  
นำขึ้นบิดพอหมาด

1.3 นำไปย้อมสีในน้ำย้อมปริมาตร 1000 มิลลิลิตร ต้มนาน 1 ชั่วโมง และคนอย่างสม่ำเสมอ กลับด้ายเป็นครั้งคราว

1.4 นำเส้นด้ายฝ้ายที่ไว้ให้เย็น บิดพอหมาด ตากลมจนแห้ง

1.5 นำมาซักด้วยมือ และตากลมจนแห้ง

#### 2. การย้อมมอร์แดงพร้อมกับการย้อมสี

2.1 ละลายมอร์แดงที่ประมาณ 5 กรัม ลงในน้ำย้อมปริมาตร 1000 มิลลิลิตร อุ่นให้พอร้อน คนให้ละลาย

2.2 นำด้ายที่ทำความสะอาดด้วยสบู่แล้ว ลงย้อม ต้มนาน 1 ชั่วโมง และคนอย่างสม่ำเสมอ กลับด้ายเป็นครั้งคราว

2.3 นำเส้นด้ายฝ้ายที่ไว้ให้เย็น บิดพอหมาด ตากลมจนแห้ง

2.4 นำมาซักด้วยมือ และตากลมจนแห้ง

### 3. การย้อมมอร์แดงที่หลังการย้อม

3.1 นำด้ายฝ้าย 1 ใจ ที่ทำความสะอาดด้วยสบู่แล้ว ลงย้อมในน้ำย้อมปริมาตร 1000 มิลลิลิตร ต้มนาน 1 ชั่วโมง และคนอย่างสม่ำเสมอ กลับด้ายเป็นครั้งคราว

3.2 ละลายมอร์แดงที่ประมาณ 5 กรัม ลงในน้ำสะอาด 1000 มิลลิลิตร อุ่นให้พอ ร้อน คนให้ละลาย

3.3 นำด้ายฝ้ายที่ย้อมสีมาแล้ว ลงไปต้มในสารละลายมอร์แดงที่นาน 30 นาที คน อย่างสม่ำเสมอ กลับด้ายเป็นครั้งคราว นำขึ้นบิดพอหมาด

3.4 นำเส้นด้ายฝ้ายที่ไว้ให้เย็น บิดพอหมาด ตากลมจนแห้ง

3.5 นำมาซักด้วยมือ และตากลมจนแห้ง



ภาพที่ 5, 6 และ 7 แสดงการย้อมสีด้ายฝ้าย สีที่เกิดจากการย้อม และเฉดสีที่เกิดจากการย้อมด้ายฝ้ายจากแก่นฝาง ตามลำดับ

(ที่มา: <http://www.sptn.dss.go.th/otopinfor/index.php/en/2014-10-09-08-12-02/m/natural-dye/39-sappanwood>)

**เอกสารอ้างอิง :** มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. คณะวิทยาศาสตร์. โครงการพัฒนาคุณภาพสินค้าผลิตภัณฑ์ชุมชน (OTOP) ประเภทผ้าทอสู่การ รับรองมาตรฐานในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (จังหวัด อุบลราชธานี ขุขันธ์ มุกดาหาร สุรินทร์ ชัยภูมิ ขอนแก่น นครราชสีมา สกลนคร และอุดรธานี) : รายงานฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ : กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2557

## แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 Cotton design STEM

### 1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

#### 1.1 วิทยาศาสตร์

#### สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

**มาตรฐานการเรียนรู้ ว 2.1** เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

**ตัวชี้วัด ว 2.1 ม.3/2** ตระหนักถึงคุณค่าของการใช้วัสดุประเภทพอลิเมอร์ เซรามิกส์ และวัสดุผสม โดยเสนอแนะแนวทางการใช้วัสดุอย่างประหยัดและคุ้มค่า

#### สาระที่ 8 เทคโนโลยี

**มาตรฐานการเรียนรู้ ว 8.1** เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะด้านทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่นๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

**ตัวชี้วัด ว 8.1 ม. 1/1** อธิบายแนวคิดหลักของเทคโนโลยีในชีวิตประจำวันและวิเคราะห์สาเหตุหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี

**ตัวชี้วัด ว 8.1 ม. 1/2** ระบุปัญหาหรือความต้องการในชีวิตประจำวัน รวบรวม วิเคราะห์ ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

**ตัวชี้วัด ว 8.1 ม. 1/3** ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เป็น นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจ วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

**ตัวชี้วัด ว 8.1 ม. 1/4** ทดสอบ ประเมินผล และระบุข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขและนำเสนอผลการแก้ปัญหา

**ตัวชี้วัด ว 8.1 ม. 1/5** ใช้ความรู้และทักษะเกี่ยวกับวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ กลไกไฟฟ้า หรืออิเล็กทรอนิกส์ เพื่อแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสมและปลอดภัย

## 1.2 คณิตศาสตร์

### สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

มาตรฐานการเรียนรู้ ค.2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตและทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้

ตัวชี้วัด ค.2.1 ม.2/2 เข้าใจและใช้ความรู้ทางเรขาคณิตในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและรูปเรขาคณิตสามมิติ

## 1.3 วิศวกรรมศาสตร์

ระบุปัญหา ออกแบบและพัฒนาชิ้นงานจากวัสดุที่กำหนด เพื่อให้ผ่านเงื่อนไข โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

## 3. สาระสำคัญ

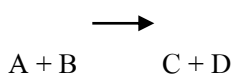
การเกิดปฏิกิริยาเคมี หมายถึง การเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดขึ้น และได้สารชนิดใหม่ (product) ซึ่งมีคุณสมบัติเปลี่ยนไปจากสารตั้งต้น (reactant) การเกิดตะกอน การเกิดแก๊ส การเปลี่ยนสีของสาร และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารเป็นปรากฏการณ์แสดงการเกิดปฏิกิริยาเคมี

สารช่วยย้อม (Mordant) เป็นสารที่ช่วยให้สีติดกับเส้นด้ายดีขึ้นและเปลี่ยนเฉดสีธรรมชาติ ให้เปลี่ยนแปลงไปจากสีเดิม มีการใช้สารที่ได้จากทั้งสารเคมีและสารธรรมชาติดังนี้ 1. สารช่วยย้อมเคมี หมายถึง วัตถุธาตุที่ใช้ผสมสีเพื่อให้สีติดแน่นกับผ้าที่ย้อม สารมอร์แดนท์ที่ใช้กันทั่วไปคือ สารส้ม จุนสี และ เฟอร์รัสซัลเฟต 2. สารช่วยย้อมธรรมชาติ หมายถึง สารประกอบน้ำหมักธรรมชาติ ที่ช่วยในการย้อมสีและบางครั้งทำให้เฉดสีเปลี่ยน เช่น น้ำปูนใส น้ำค้าง น้ำโคลน และน้ำบาดาล

## 4. สาระการเรียนรู้

### วิทยาศาสตร์

ปฏิกิริยาเคมี คือ กระบวนการที่เกิดจากการที่สารเคมีเกิดการเปลี่ยนแปลงแล้วส่งผลให้เกิดสาร ใหม่ขึ้นมาซึ่งมีคุณสมบัติเปลี่ยนไปจากเดิม การเกิดปฏิกิริยาเคมีต้องมีสารเคมีตั้งต้น 2 ตัวขึ้นไป โดยที่สารผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติทางเคมีเปลี่ยนไปจากเดิม



โดยที่ : A และ B = สารตั้งต้น      C และ D = สารผลิตภัณฑ์

**การย้อมสีด้วยฝ้ายจากธรรมชาติ** เส้นใยที่ได้จาก “ฝ้าย”จะมีสีขาว หรือ สีขาวนุ่น หรือสีน้ำตาลอ่อน ขึ้นอยู่กับชนิดของฝ้าย ดังนั้นเมื่อนำมาทอจึงต้องนำฝ้ายไปย้อมเพื่อให้เกิดสีที่สวยงาม ในอดีตสีที่นำมาย้อมฝ้ายนั้นจะได้จากวัสดุธรรมชาติซึ่งสามารถหาวัตถุดิบได้ตามท้องถิ่นไม่ว่าจะเป็นเปลือกไม้ รากไม้ ดอก ผล หรือจากสัตว์บางชนิด จึงมีการนำสีที่ได้จากระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือสีเคมีมาใช้ในการย้อม ซึ่งช่วยให้สะดวก รวดเร็ว รวมทั้งยังให้สีสันท่าง ๆ มากมายสามารถไล่ระดับสีได้ จึงทำให้ผู้ที่ใช้กรรมวิธีการย้อมสีธรรมชาติลดน้อยลงมาก ปัจจุบันสีที่นำมาย้อมเส้นใยฝ้าย สามารถแบ่งได้เป็น สีธรรมชาติและสีสังเคราะห์ สีที่ได้จากธรรมชาติทั้งหมดได้มาจากพืช หรือสัตว์บางชนิด และในแต่ละท้องถิ่นก็จะมี ความแตกต่างกันสีสันทที่ได้จึงแตกต่างกันไปด้วย

### คณิตศาสตร์

**เรขาคณิต** รูปทรงเรขาคณิตและการนำความรู้เกี่ยวกับรูปเรขาคณิตไปใช้ในการสถานการณ์ต่างๆ ความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ (ความริเริ่มสร้างสรรค์ในการออกแบบชิ้นงาน Cotton design STEM)

### เทคโนโลยี

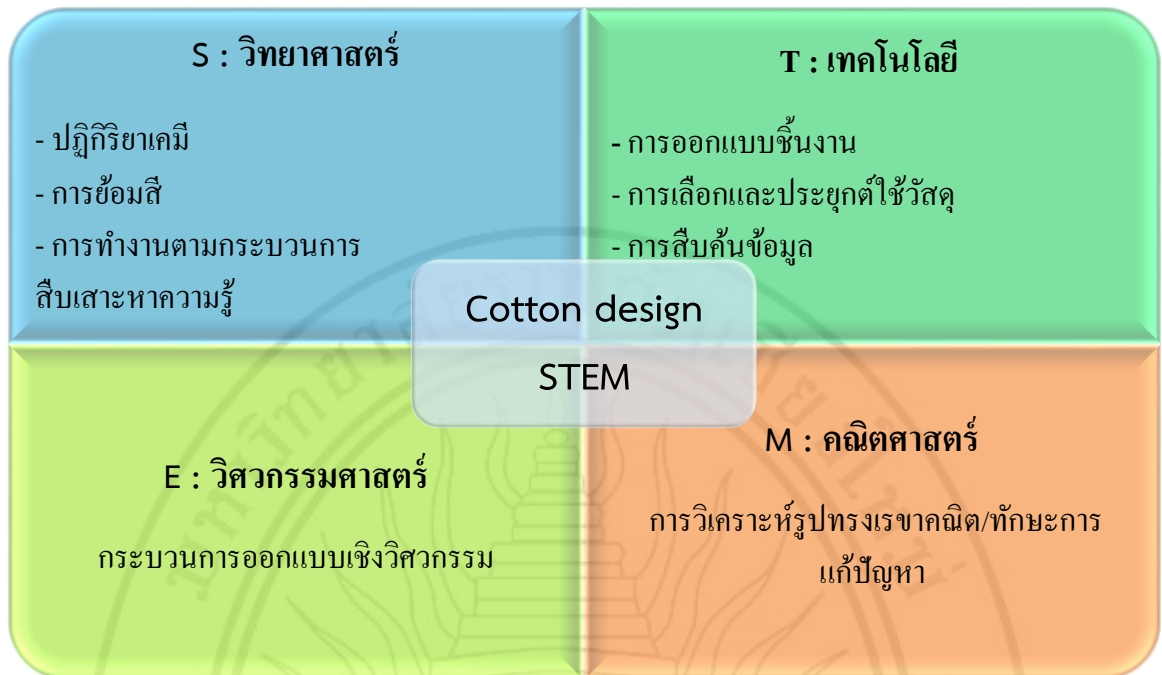
การเลือกวัสดุให้มีความเหมาะสมกับการใช้งาน และการคำนึงถึงปัจจัยในด้านต่างๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของชิ้นงาน การสร้างชิ้นงานตามกระบวนการเทคโนโลยีที่ต้องอาศัยความคิดริเริ่มสร้างสรรค์การจัดสารสนเทศ ซึ่งประกอบด้วย การเตรียมข้อมูล การประมวลข้อมูล การเก็บข้อมูล และแสดงผล

### วิศวกรรมศาสตร์

การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน



#### 4. แผนผังความคิด



#### 5. จุดประสงค์การเรียนรู้

##### ด้านความรู้

- อธิบายหลักการทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีและปฏิกิริยาเคมีกับการข้อมลของด้ายฝ้าย ที่นำมาใช้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน Cotton design STEM
- อธิบายและยกตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องได้

##### ด้านทักษะและกระบวนการ

- สังเกต ทำนายและทดลองเพื่อหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ออกแบบและสร้างชิ้นงาน Cotton design STEM ที่มีประสิทธิภาพ
- เลือกใช้วัสดุในการสร้างชิ้นงาน Cotton design STEM อย่างเหมาะสมพร้อมทั้งอธิบายเหตุผลสนับสนุน
- สร้างและทดสอบชิ้นงานโดยใช้ทักษะการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
- เชื่อมโยง วิเคราะห์ สังเคราะห์ คำอธิบายหรือคำตอบของคำถามต่างๆ อย่างมีเหตุผล เพื่อไปสู่องค์ความรู้ทาง-วิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจอยู่ในรูปของแนวความคิดหลัก หลักการ กฎหรือทฤษฎี

และประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ในการสร้างชิ้นงาน Cotton design STEM

5. นำเสนอ เพื่อสื่อสารองค์ความรู้ไปยังผู้อื่นอย่างมีเหตุผลด้วยความรอบรู้เกี่ยวกับหลักวิชาการที่เกี่ยวข้องอย่างรอบด้าน มีความรอบคอบที่จะนำความรู้ในสาขาต่างๆ มาพิจารณาให้เชื่อมโยงกัน นำเสนอข้อมูลด้วยความเป็นจริง ด้วยวิธีการต่าง ๆ ได้อย่างน่าสนใจและเหมาะสม

#### ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์

1. มีความรับผิดชอบ มีเหตุผล
2. การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น
3. การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์

#### 6. การวัดผลและประเมินผล

##### ด้านความรู้

| ภาระงาน/ชิ้นงาน                                                               | วิธีการวัด                                          | เครื่องมือ                           | เกณฑ์การประเมิน     | ผู้ประเมิน |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|------------|
| อธิบายเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีและปฏิกิริยาเคมีกับการเชื่อมสียของด้ายฝ้าย | การอธิบายความรู้/ใบกิจกรรม/การเขียนอธิบายบนกระดาษA4 | -แบบประเมินคุณภาพผลงาน<br>-การสังเกต | -ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 | ครู        |
| อธิบายและยกตัวอย่างเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน                                   | เป็นการประเมินเพื่อการปรับปรุง                      |                                      |                     |            |



## ด้านทักษะและกระบวนการ

| ภาระงาน/ชิ้นงาน                                                                                | วิธีการวัด                                                                                                                                                            | เครื่องมือ                                                    | เกณฑ์การประเมิน                                                                                                   | ผู้ประเมิน |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| การระดมสมองเพื่อตอบคำถาม การร่วมแสดงความคิดเห็น และทดสอบความรู้เดิม                            | เป็นการประเมินเพื่อการปรับปรุงและให้โบนัสเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) เป็น 3 ระดับ คือ ดีมาก ดี และปานกลาง                                                   |                                                               |                                                                                                                   |            |
| การทดลองเพื่อวัดปริมาตรรูปทรงต่างๆ                                                             | -ตรวจใบกิจกรรม<br>-สังเกตพฤติกรรมด้านทักษะและกระบวนการ                                                                                                                | -แบบประเมินคุณภาพผลงาน<br>-แบบประเมินทักษะการสืบเสาะหาความรู้ | -ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 -กำหนดเกณฑ์เป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) เป็น 4 ระดับ คือ ดีมาก ดี ปานกลางและปรับปรุง | ครู        |
| การออกแบบ การเลือกใช้วัสดุ การวิเคราะห์ผลการทดสอบ ประสิทธิภาพผลงาน และแนวทางในการปรับปรุงพัฒนา | -ตรวจใบกิจกรรม<br>-ประสิทธิภาพของชิ้นงาน/คุณภาพผลงาน<br>หมายเหตุ มีการให้โบนัสเพิ่มเติมกรณีที่นักเรียนสามารถออกแบบและสร้างชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด | -แบบประเมินคุณภาพผลงาน                                        | -ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70                                                                                               | ครู        |
| ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ในการ                                   | -การเขียนอธิบายความรู้ในใบกิจกรรม(แบบบันทึก)และการ                                                                                                                    | -แบบประเมินคุณภาพผลงาน<br>-แบบประเมินแผนผังความคิด            | -ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70                                                                                               | ครู        |

|                                 |                                                                                 |                           |                                                                                                              |                  |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| สร้างชิ้นงาน Cotton design STEM | เขียนอธิบายบนกระดาษ A4 ในรูปแบบผังความคิด                                       |                           |                                                                                                              |                  |
| การนำเสนอและการสื่อสาร          | การใช้สำนวนภาษาดีถูกต้อง สะกดคำและไวยากรณ์ถูกต้อง<br>รูปแบบน่าสนใจและความสวยงาม | -แบบประเมินการนำเสนอผลงาน | -ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60<br>-กำหนดเกณฑ์เป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) เป็น 3 ระดับ คือ ดี พอใช้และปรับปรุง | ครู/<br>นักเรียน |

#### ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์

| ภาระงาน/ชิ้นงาน/<br>พฤติกรรม                                                                                                     | วิธีการวัด                                      | เครื่องมือ          | เกณฑ์การประเมิน                                                                                              | ผู้ประเมิน       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| กิจกรรมระดมสมอง/<br>กิจกรรมการทดลอง/<br>กิจกรรมการออกแบบและการทดสอบชิ้นงาน/การตอบคำถาม/การร่วมแสดงความคิดเห็น/<br>การนำเสนอผลงาน | -สังเกตพฤติกรรม<br>ขณะที่นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม | -แบบประเมินพฤติกรรม | -ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60<br>-กำหนดเกณฑ์เป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) เป็น 3 ระดับ คือ ดี พอใช้และปรับปรุง | ครู/<br>นักเรียน |

#### 7. กิจกรรมการเรียนรู้ (กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม)

แบ่งกลุ่มนักเรียน กลุ่มละ 4-5 คน โดยคละนักเรียนชาย – หญิงและความสามารถ

##### 7.1 ขั้นระบุปัญหา

7.1.1 ทบทวนความรู้เดิมของนักเรียน ด้วยการตั้งคำถาม นักเรียนรู้อะไรมาบ้างแล้วเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมี

7.1.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมสมองเขียนบนกระดาษ A4 ของกลุ่ม

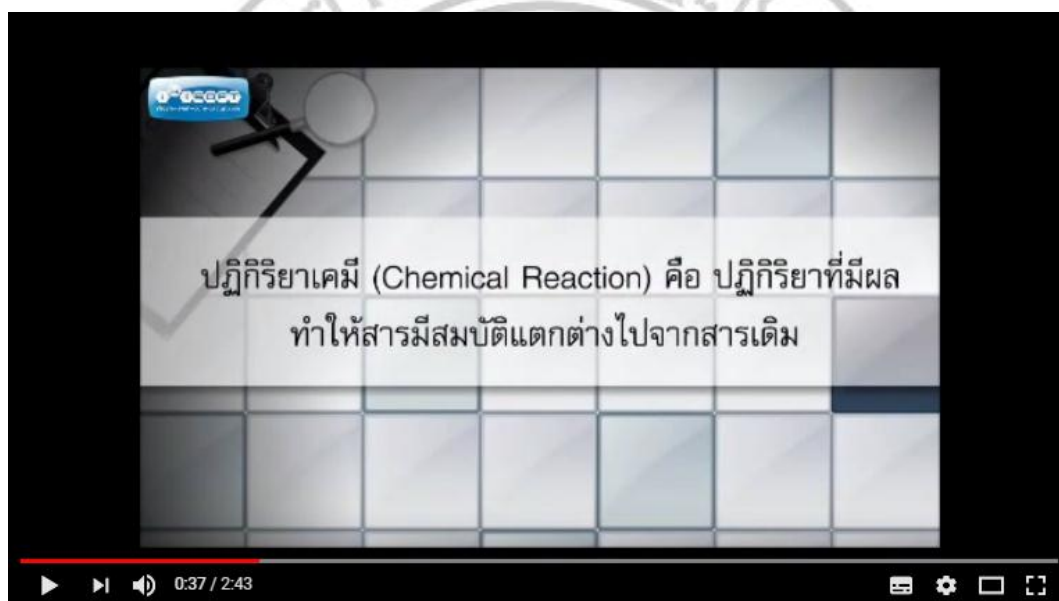
7.1.3 นักเรียนนำเสนอแลกเปลี่ยนเรียนรู้โดยการจับสลากประมาณ 1 – 2 กลุ่ม

7.1.4 เปิดโอกาสให้กลุ่มอื่นๆ ร่วมแสดงความคิดเห็นในประเด็นที่แตกต่าง

7.1.5 ครูให้โบนัสนักเรียนที่นำเสนอและร่วมแสดงความคิดเห็น

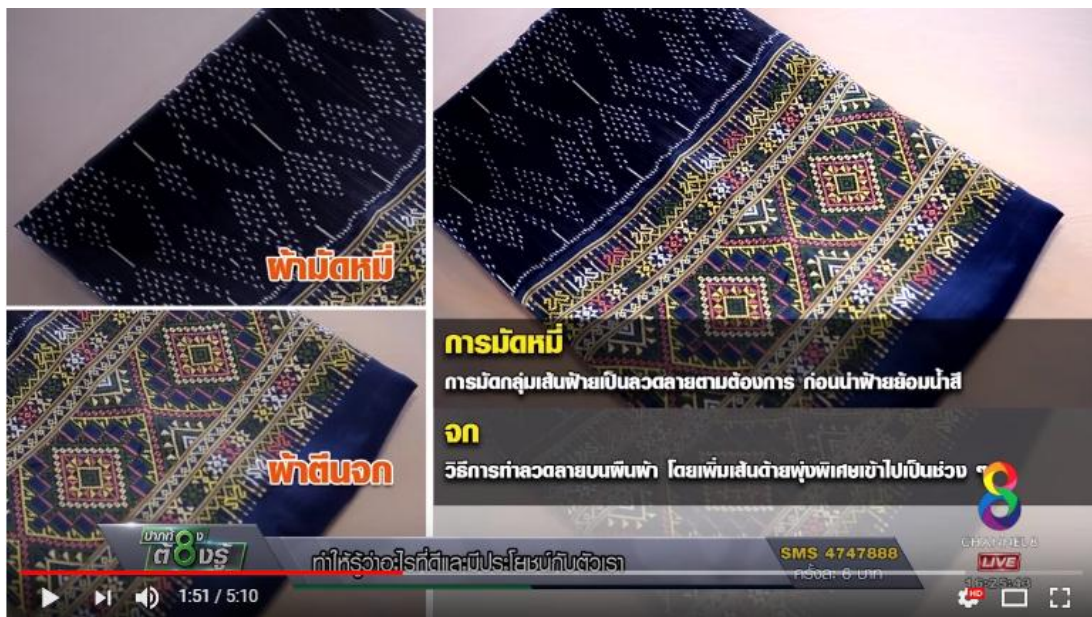
7.1.6 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกันและ  
แก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (ถ้ามี) โดยให้นักเรียนดูคลิปวิดีโอ จากเว็บไซต์

<https://www.youtube.com/watch?v=uawLUzg9Jkc&t=1s>



7.1.7 นักเรียนทุกกลุ่มดูคลิปวิดีโอ การผลิตขวดพลาสติกจากเว็บไซต์

<https://www.youtube.com/watch?v=7txX5Ny7QQ8>



7.1.8 ครูตั้งคำถามกับนักเรียนว่า “นักเรียนคิดว่าการผลิตลวดลายผ้าฝ้ายทอมือเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีหรือไม่” (เกี่ยวข้อง)

7.1.9 จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปฏิกิริยาเคมีกับการผลิตลวดลายผ้าฝ้ายทอมือที่ได้จากการย้อมสีด้วยฝ้ายจากธรรมชาติ “เนื่องจาก สีสันทนบนพื้นผ้าที่ได้จากการแต่งเติมลวดลายที่เกิดขึ้นนั้น ได้มาจากการผ่านกระบวนการย้อมสีด้วยฝ้ายจากธรรมชาติ ซึ่งการย้อมสีด้วยฝ้ายนั้นเป็นปฏิกิริยาเคมีที่ได้จากการนำเอา น้ำสี + Mordant = ผ้าสี เราจึงนำเอาปฏิกิริยานี้ มาพัฒนาเจดสีของผ้าให้เกิดสีสันทนและได้ลวดลายที่หลากหลาย โดยการเปลี่ยน Mordant ซึ่งจะทำให้ได้เจดสีของผ้าที่แตกต่างกันออกไป”

7.1.10 ครูสมมติสถานการณ์ต่อไปนี้

“สมมติว่านักเรียนเป็นกลุ่มอาชีพของชุมชนแห่งหนึ่ง ในตำบลหนองป่าครั่ง อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ได้รับโอกาสจากโครงการ การพัฒนาเจดสีจากการย้อมสีด้วยฝ้ายจากแก่นไม้ฝาง ให้เป็นกลุ่มอาชีพที่จะสร้างสรรค์ ออกแบบลวดลายบนพื้นผ้าให้เป็นลวดลายที่เป็นเอกลักษณ์ของชุมชน โดยออกแบบลวดลายบนพื้นผ้าจากกระดาษไม่เกิน 5 แผ่น(ไม่ให้อุปกรณ์อื่น) ใช้เจดสีให้ครบทั้ง 4 เจดสี บนลวดลายพื้นผ้าต้องมีรูปทรงเรขาคณิตอย่างน้อย 2 รูปทรงและได้ลวดลายไม่น้อยกว่า 1 ลวดลาย ”

7.1.11 ให้นักเรียนช่วยกันระดมความคิดว่าจะออกแบบลวดลายอย่างไร ให้มีความเป็นเอกลักษณ์ของชุมชน



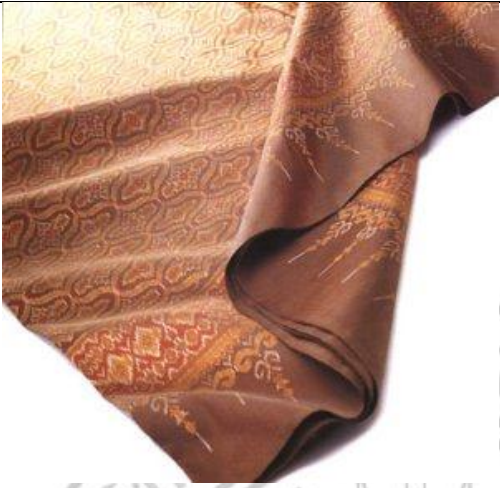
7.1.12 นักเรียนและครูร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้โดยใช้ประเด็นคำถาม ต่อไปนี้

- (1) จากสถานการณ์ที่กำหนดให้มีปัญหาหรือความต้องการในเรื่องใด
- (2) จากสถานการณ์นักเรียนควรมีความรู้ในเรื่องใดบ้าง

## 7.2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

7.2.1 ครูให้นักเรียนดูรูปภาพลวดลายที่เป็นเอกลักษณ์ของผ้าในแต่ละภาคของประเทศไทย ดังนี้

| ภาค   | ลวดลายผ้า                                                                           | ชื่อลายผ้า          | ชุมชน                            |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| เหนือ |   | จีนไทยวน            | อำเภอแม่แจ่ม<br>จังหวัดเชียงใหม่ |
|       |  | น้ำไหลเมือง<br>น่าน | จังหวัดน่าน                      |
|       |  | จีนมุกต่อตีนจก      | ชาวไทพวน                         |

|       |                                                                                     |                      |                             |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| อีสาน |    | ผ้ามัดหมี่           | บ้านเขว้า<br>จังหวัดชัยภูมิ |
|       |   | ผ้าปูม               | จังหวัดสุรินทร์             |
|       |  | ผ้าโฮลเปราะฮ์        |                             |
|       |  | ผ้าแพว หรือ<br>แพรวา | กลุ่มผู้ไท<br>ในภาคอีสาน    |



|      |                                                                                     |                                                   |                                                          |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| กลาง |    | ผ้าชั้นดินจก                                      | กลุ่มไทพวน<br>บ้านหาดเลี้ยว<br>จังหวัดสุโขทัย            |
|      |   |                                                   | กลุ่มไทพวน<br>บ้านไร<br>จังหวัดสุโขทัย                   |
|      |  | ผ้าลับแล                                          | กลุ่มทอผ้า<br>ในบริเวณอำเภอ<br>ลับแล<br>จังหวัดอุตรดิตถ์ |
| ใต้  |  | ผ้ายก<br>นครศรีธรรมราช<br>หรือ ผ้ายกเมือง<br>นครฯ | นครศรีธรรมราช                                            |



|  |                                                                                    |                   |                                                  |
|--|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------------|
|  |   | ผ้าบ้านนาหมื่นศรี | อำเภอนาโยง<br>จังหวัดตรัง                        |
|  |  | ผ้ายกพุมเรียง     | ตำบลพุมเรียง<br>อำเภอไชยา<br>จังหวัดสุราษฎร์ธานี |

(รูปภาพจากเว็บไซต์ <http://ptpk601.blogspot.com/>)

7.2.2 ครูให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ว่าจากรูปภาพในข้อ 7.2.1 ลวดลายที่เกิดขึ้นมีความสวยงามจากองค์ประกอบด้านใดบ้าง ประกอบไปด้วยรูปทรงเรขาคณิตใดบ้าง ข้อดี ข้อเสีย และข้อควรปรับปรุงของลวดลายมออะไรบ้าง และนำเสนอแลกเปลี่ยนเรียนรู้โดยการซักถามและให้ร่วมแสดงความคิดเห็น

### 7.3 ขั้นตอนการแก้ปัญหา

7.3.1 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบ ลวดลายบนผืนผ้า ตามเงื่อนไขที่กำหนดจากการวิเคราะห์สถานการณ์ในข้อ 7.2.3 และข้อ 7.3.4 โดยเลือกวัสดุและลวดลายที่ต้องใช้ บอกเหตุผลในการเลือกใช้วัสดุและลวดลายเหล่านั้น แนวคิดในการสร้างชิ้นงานภายในกลุ่ม แล้วร่างภาพแบบจำลองการออกแบบลวดลายบนผืนผ้า ในใบบันทึกกิจกรรม

7.3.2 ให้นักเรียนเขียนภาพร่างชิ้นงานบนกระดาษ A4 ของกลุ่ม

7.3.4 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอภาพร่างของกลุ่ม พร้อมตั้งชื่อลวดลายผ้า เหตุผลในการออกแบบ วัสดุที่เลือกและรูปทรงที่เลือก

## 7.4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

7.4.1 ครูให้นักเรียนวางแผนและลงมือสร้างสรรค์ผลงานการออกแบบลวดลายบนผืนผ้าตามที่นักเรียนได้ออกแบบไว้

## 7.5 ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

7.5.1 ครูทดสอบผลงานจากความสำเร็จของชิ้นงาน(ดูว่าทำผลงานเสร็จจริงหรือไม่) ตามเกณฑ์และเงื่อนไขที่กำหนด

7.5.2 ครูประเมินผลโดยให้นักเรียนออกมานำเสนอผลงานที่ได้ ด้วยเทคนิคแบบ Gallery Walk โดยให้นักเรียนเดินดูผลงานของเพื่อนทุกกลุ่ม และโหวตว่า ผลงานของเพื่อนกลุ่มไหน ที่ออกแบบลวดลายบนผืนผ้าได้ตรงใจผู้บริโภคมากที่สุด (นักเรียน 1 คน มีคะแนนเท่ากับ 1 คะแนน)

7.5.3 ครูให้โบนัสนักเรียนกลุ่มที่ได้คะแนนมากที่สุด

7.5.4 นักเรียนทุกกลุ่มวิเคราะห์ผลงานของกลุ่มตนเอง วิเคราะห์จุดเด่น จุดที่ควรปรับปรุง พัฒนา พร้อมเสนอแนวทางในการปรับปรุงพัฒนาพร้อมเหตุผล พร้อมบันทึกในใบกิจกรรม

## 7.6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

7.6.1 จากผลการประเมินผลงานการออกแบบลวดลายบนผืนผ้า ให้นักเรียนทุกกลุ่มนำเสนอผลการวิเคราะห์ชิ้นงานของกลุ่มตนเองลงในกระดานรูปท่

7.6.2 ปิดบทเรียนโดยให้นักเรียนสะท้อนคิดเกี่ยวกับกิจกรรมในประเด็นต่อไปนี้

- (1) ประเด็นที่นักเรียนได้เรียนรู้จากกิจกรรมนี้
- (2) ประเด็นที่นักเรียนอยากปรับปรุง
- (3) ประเด็นที่นักเรียนประทับใจ
- (4) ประเด็นที่นักเรียนยังสงสัย

## 8. สื่อและแหล่งเรียนรู้

### 8.1 วัสดุอุปกรณ์

8.1.1 กระดาษ A4

8.1.2 กระดาษรูปท่

8.1.3 สี ดินสอ ปากกา ขางลบ และไม้บรรทัด

8.1.4 กรรไกร กาวหรือเทปกาวสองหน้า

## 8.2 สื่อและแหล่งเรียนรู้

8.2.1 ใบความรู้

8.2.2 ใบกิจกรรม

8.2.3 สื่อมัลติมีเดีย

8.2.4 รูปภาพ จากเว็บไซต์ <http://ptpk601.blogspot.com/>

8.2.5 วิดีโอ จากเว็บไซต์

<https://www.youtube.com/watch?v=uawLUzg9Jkc&t=1s> และจากเว็บไซต์

<https://www.youtube.com/watch?v=Rpv79jNjoe0>

8.2.5 สื่อทัศนูปกรณ์ Computer และ LCD projector



แบบประเมินคุณภาพชิ้นงาน Cotton design STEM ที่เกิดจากการออกแบบด้วยกระบวนการ

ออกแบบเชิงวิศวกรรม และคุณภาพผลงานจากการบันทึกกิจกรรม

| รายการประเมิน                             | คะแนน<br>เต็ม | คะแนนที่ได้ |         |         | โบนัส<br>เพิ่ม |
|-------------------------------------------|---------------|-------------|---------|---------|----------------|
|                                           |               | กลุ่ม 1     | กลุ่ม 2 | กลุ่ม 3 |                |
| ชิ้นงาน/ผลงาน                             | 25            |             |         |         |                |
| เวลาที่ใช้ในการสร้างสรรค์<br>ผลงานทั้งหมด | 15            |             |         |         |                |
| การนำเสนอผลงาน                            | 15            |             |         |         |                |
| การใช้กระบวนการออกแบบเชิง<br>วิศวกรรม     | 20            |             |         |         |                |
| การบูรณาการความรู้ (STEM)                 | 25            |             |         |         |                |
| คิดเป็นร้อยละ                             |               |             |         |         |                |

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

## เกณฑ์การให้คะแนนชิ้นงาน Cotton design STEM ที่สร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบ

## เชิงวิศวกรรม

| ดีมาก<br>(4 คะแนน)                                                                                                                          | ดี<br>(3 คะแนน)                                                                                                                     | พอใช้<br>(2 คะแนน)                                                                                          | ควรปรับปรุง<br>(1คะแนน)                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชิ้นงาน/ผลงาน (25 คะแนน)                                                                                                                    |                                                                                                                                     |                                                                                                             |                                                                                                                      |
| สร้างชิ้นงานตรงตาม<br>เงื่อนไขที่กำหนด<br>ครบถ้วนทุกข้อได้<br>ลวดลายชัดเจน<br>องค์ประกอบของลายผ้า<br>ครบถ้วน                                | สร้างชิ้นงานไม่ตรง<br>ตามเงื่อนไขที่<br>กำหนด 1 ข้อ<br>ลวดลายชัดเจนและ<br>องค์ประกอบของ<br>ลายผ้าครบถ้วน                            | สร้างชิ้นงานไม่ตรง<br>ตามเงื่อนไขที่<br>กำหนด 2 ข้อ<br>ลวดลายชัดเจนแต่<br>องค์ประกอบของ<br>ลายผ้าไม่ครบถ้วน | สร้างชิ้นงานไม่ตรง<br>ตามเงื่อนไขที่<br>มากกว่า 2 ข้อ<br>ลวดลายไม่ชัดเจน<br>และองค์ประกอบ<br>ของลายผ้าไม่<br>ครบถ้วน |
| การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (20 คะแนน)                                                                                                |                                                                                                                                     |                                                                                                             |                                                                                                                      |
| มีการใช้กระบวนการ<br>ออกแบบเชิงวิศวกรรม<br>มีการสืบค้นข้อมูลและ<br>แสดงถึงการใช้อ้อมูลมา<br>เป็นพื้นฐานการ<br>ตัดสินใจในการ<br>ออกแบบ       | มีการใช้<br>กระบวนการ<br>ออกแบบเชิง<br>วิศวกรรม มีการ<br>สืบค้นข้อมูล แต่<br>ไม่ได้นำมาใช้เป็น<br>พื้นฐานการตัดสินใจ<br>ในการออกแบบ | มีการใช้<br>กระบวนการ<br>ออกแบบเชิง<br>วิศวกรรม แต่ขาด<br>การสืบค้นข้อมูล                                   | ขาดการใช้<br>กระบวนการ<br>ออกแบบเชิง<br>วิศวกรรม                                                                     |
| การบูรณาการความรู้ (STEM) (25 คะแนน)                                                                                                        |                                                                                                                                     |                                                                                                             |                                                                                                                      |
| สามารถอธิบายความรู้<br>ทางด้านวิทยาศาสตร์<br>คณิตศาสตร์และ<br>เทคโนโลยี ที่นำมาใช้<br>ในการออกแบบผลงาน<br>ได้ชัดเจนและถูกต้องทั้ง<br>3 ด้าน | สามารถอธิบาย<br>ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับ<br>การออกแบบผลงาน<br>ได้ชัดเจนและ<br>ถูกต้องทั้ง 2 ด้าน                                     | สามารถอธิบาย<br>ความรู้ที่เกี่ยวข้อง<br>กับการออกแบบ<br>ผลงานได้ชัดเจน<br>และถูกต้องเพียง<br>ด้านเดียว      | ไม่สามารถอธิบาย<br>ความรู้ที่เกี่ยวข้อง<br>กับการออกแบบ<br>ผลงานได้                                                  |
| เวลาที่ใช้ในการสร้างสรรค์ผลงานทั้งหมด (15 คะแนน)                                                                                            |                                                                                                                                     |                                                                                                             |                                                                                                                      |



| ไม่เกิน 30 นาที                                                                                                                                                                                                                                                              | เกินเวลา 3 นาที                                                                                                                                                                                                                                                                         | เกินเวลา 5 นาที                                                                                                                                                                                                                                                                      | เกินเวลามากกว่า 5 นาที                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| การนำเสนอผลงาน (15 คะแนน)                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| สามารถนำเสนอผลงานได้อย่างน่าสนใจ มีภาพร่างของชิ้นงานที่ชัดเจน สมบูรณ์ อธิบายขั้นตอนการสร้างชิ้นงานและอธิบายเหตุผลในการเลือกใช้วัสดุต่างๆ ได้ชัดเจน อธิบายถึงการทดสอบประสิทธิภาพและการปรับปรุงชิ้นงาน การบูรณาการความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีได้อย่างชัดเจน | สามารถนำเสนอผลงานได้อย่างน่าสนใจ แต่มีภาพร่างของชิ้นงานที่ไม่ค่อยชัดเจน สมบูรณ์ อธิบายขั้นตอนการสร้างชิ้นงานและอธิบายเหตุผลในการเลือกใช้วัสดุต่างๆ ได้ไม่ชัดเจน อธิบายถึงการทดสอบประสิทธิภาพและการปรับปรุงชิ้นงาน การบูรณาการความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีได้ไม่ชัดเจน | สามารถนำเสนอผลงานได้แต่ไม่ค่อยน่าสนใจ มีภาพร่างของชิ้นงาน แต่ไม่สมบูรณ์ อธิบายขั้นตอนการสร้างชิ้นงานและอธิบายเหตุผลในการเลือกใช้วัสดุต่างๆ ไม่ชัดเจน ไม่มีการอธิบายถึงการทดสอบประสิทธิภาพและการปรับปรุงชิ้นงาน การบูรณาการความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีได้ไม่ชัดเจน | สามารถนำเสนอผลงานได้แต่ไม่ค่อยน่าสนใจ ไม่มีภาพร่างของชิ้นงาน อธิบายขั้นตอนการสร้างชิ้นงานและอธิบายเหตุผลในการเลือกใช้วัสดุต่างๆ ไม่ชัดเจน เข้าใจยาก ไม่มีการอธิบายถึงการทดสอบประสิทธิภาพและการปรับปรุงชิ้นงาน ขาดการเสนอ การบูรณาการความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี |

**\*\*หมายเหตุ** การประเมินในส่วนของ “การใช้กระบวนการเชิงวิศวกรรม” จะประเมินจากข้อมูลที่นักเรียนตอบในใบกิจกรรม ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานที่เป็นไปตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและการนำเสนอด้วยวาจา การประเมินในส่วนของ “การบูรณาการความรู้ (STEM)” จะประเมินจากข้อมูลการตอบคำถามในใบกิจกรรม และจากการอธิบายเหตุผลในการออกแบบและเลือกวัสดุอุปกรณ์ตอนนำเสนอด้วย

## แบบประเมินการนำเสนอชิ้นงาน Cotton design STEM

| กลุ่ม<br>ที่ | ชื่อกลุ่ม | พฤติกรรม / ระดับคะแนน |   |   |                       |   |   |            |   |   |      |   |   |                                                  |   |   | รวม<br>คะแนน<br>(15) |
|--------------|-----------|-----------------------|---|---|-----------------------|---|---|------------|---|---|------|---|---|--------------------------------------------------|---|---|----------------------|
|              |           | เนื้อหา<br>ครบถ้วน    |   |   | ความคิด<br>สร้างสรรค์ |   |   | ตรงต่อเวลา |   |   | ภาษา |   |   | ความพร้อม<br>ในการ<br>อภิปราย<br>และตอบ<br>คำถาม |   |   |                      |
|              |           | 3                     | 2 | 1 | 3                     | 2 | 1 | 3          | 2 | 1 | 3    | 2 | 1 | 3                                                | 2 | 1 |                      |
| 1            |           |                       |   |   |                       |   |   |            |   |   |      |   |   |                                                  |   |   |                      |
| 2            |           |                       |   |   |                       |   |   |            |   |   |      |   |   |                                                  |   |   |                      |
| 3            |           |                       |   |   |                       |   |   |            |   |   |      |   |   |                                                  |   |   |                      |
| 4            |           |                       |   |   |                       |   |   |            |   |   |      |   |   |                                                  |   |   |                      |
| 5            |           |                       |   |   |                       |   |   |            |   |   |      |   |   |                                                  |   |   |                      |
| 6            |           |                       |   |   |                       |   |   |            |   |   |      |   |   |                                                  |   |   |                      |

เกณฑ์การผ่าน ร้อยละ 60 ( 9 คะแนน )

มีเกณฑ์ให้คะแนนจากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ คือ

- เกณฑ์การให้คะแนน 3 คะแนน เมื่อนักเรียนแสดงพฤติกรรมตามที่ต้องการเป็นประจำสม่ำเสมอ
- เกณฑ์การให้คะแนน 2 คะแนน เมื่อนักเรียนแสดงพฤติกรรมตามที่ต้องการค่อนข้างจะสม่ำเสมอ
- เกณฑ์การให้คะแนน 1 คะแนน เมื่อนักเรียนแสดงพฤติกรรมตามที่ต้องการน้อย



## เกณฑ์การประเมินการนำเสนอ Cotton design STEM

| รายการ<br>ประเมิน                              | พฤติกรรม                                                                                                                              |                                                                                                                                                     |                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                | ดี(3)                                                                                                                                 | พอใช้(2)                                                                                                                                            | ควรปรับปรุง(1)                                                                                                                          |
| 1.เนื้อหา<br>ครบถ้วน                           | เนื้อหาครบถ้วนสมบูรณ์<br>ถูกต้อง ตรงตามหัวข้อเรื่อง<br>เนื้อหาเป็นไปตามที่<br>กำหนด รายละเอียด<br>ครอบคลุม เนื้อหา<br>สอดคล้อง        | เนื้อหาครบถ้วนแต่ยังไม่<br>สมบูรณ์ ตรงตามหัวข้อ<br>เรื่อง แต่เนื้อหายังไม่เป็นไป<br>ตามที่กำหนด รายละเอียด<br>ครอบคลุม แต่เนื้อหายังไม่<br>สอดคล้อง | เนื้อหาไม่ครบถ้วน<br>สมบูรณ์ ตรงตามหัวข้อ<br>เรื่อง แต่เนื้อหาไม่เป็นไป<br>ตามที่กำหนด รายละเอียด<br>ไม่ครอบคลุม เนื้อหาไม่<br>สอดคล้อง |
| 2.ความคิด<br>สร้างสรรค์                        | ทุกครั้งจะมีความคิดริเริ่ม<br>สร้างสรรค์ในการทำงานที่<br>ได้รับมอบหมาย มีแนวคิด/<br>วิธีการแปลกใหม่ที่สามารถ<br>นำไปปฏิบัติได้ถูกต้อง | มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์<br>ในงานที่ได้รับมอบหมาย<br>เป็นส่วนใหญ่ มีแนวคิด/<br>วิธีการแปลกใหม่แต่นำไป<br>ปฏิบัติแล้วไม่สมบูรณ์                    | มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์<br>ในงานที่ได้รับมอบหมาย<br>ในบางครั้ง มีแนวคิด/<br>วิธีการแปลกใหม่แต่นำไป<br>ปฏิบัติแล้วไม่สมบูรณ์          |
| 3.ตรงต่อเวลา                                   | งานที่ได้รับมอบหมาย<br>เสร็จตามเวลาที่กำหนด                                                                                           | งานที่ได้รับมอบหมาย<br>เสร็จตามเวลาแต่ช้ากว่าเวลา<br>ที่กำหนด                                                                                       | งานที่ได้รับมอบหมาย<br>ไม่เสร็จตามเวลาที่กำหนด                                                                                          |
| 4.ภาษา                                         | ใช้ภาษาอย่างถูกต้อง<br>ประโยค สอดคล้องกับ<br>เนื้อหา สะกดคำถูกต้อง มี<br>การเว้นวรรค โดยไม่ฉีกคำ<br>มีการใช้ภาษา อย่าง<br>สร้างสรรค์  | ใช้ภาษาอย่างถูกต้อง<br>ประโยค สอดคล้องกับ<br>เนื้อหา แต่สะกดคำยังไม่<br>ถูกต้อง มีการใช้ภาษาอย่าง<br>สร้างสรรค์                                     | ใช้ภาษาอย่างถูกต้อง<br>ประโยคไม่สอดคล้องกับ<br>เนื้อหา สะกดคำไม่ถูกต้อง<br>ไม่มีการใช้ภาษาอย่าง<br>สร้างสรรค์                           |
| 5.ความพร้อม<br>ในการ<br>อภิปรายและ<br>ตอบคำถาม | แสดงความพร้อมในการ<br>อภิปรายและตอบคำถาม<br>ทุกครั้ง                                                                                  | แสดงความพร้อมในการ<br>อภิปรายและตอบคำถามเป็น<br>ส่วนใหญ่                                                                                            | แสดงความพร้อมในการ<br>อภิปรายและตอบคำถาม<br>ในบางครั้ง                                                                                  |

แบบประเมินการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนจากการสร้างชิ้นงาน

| กลุ่มที่ | พฤติกรรม / ระดับคะแนน    |   |   |                              |   |   |                          |   |   |                      |   |   |                                 |   |   |                 |
|----------|--------------------------|---|---|------------------------------|---|---|--------------------------|---|---|----------------------|---|---|---------------------------------|---|---|-----------------|
|          | ความสนใจตั้งใจในการเรียน |   |   | ความสนใจในการซักถาม/ตอบคำถาม |   |   | รับผิดชอบต่องานที่ได้รับ |   |   | ทำงานทันตามกำหนดเวลา |   |   | การมีส่วนร่วมในกิจกรรม/งานกลุ่ม |   |   | รวมคะแนน ( 15 ) |
|          | 3                        | 2 | 1 | 3                            | 2 | 1 | 3                        | 2 | 1 | 3                    | 2 | 1 | 3                               | 2 | 1 |                 |
| 1        |                          |   |   |                              |   |   |                          |   |   |                      |   |   |                                 |   |   |                 |
| 2        |                          |   |   |                              |   |   |                          |   |   |                      |   |   |                                 |   |   |                 |
| 3        |                          |   |   |                              |   |   |                          |   |   |                      |   |   |                                 |   |   |                 |
| 4        |                          |   |   |                              |   |   |                          |   |   |                      |   |   |                                 |   |   |                 |
| 5        |                          |   |   |                              |   |   |                          |   |   |                      |   |   |                                 |   |   |                 |

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

เกณฑ์การผ่าน ร้อยละ 60 ( 9 คะแนน )

มีเกณฑ์ให้คะแนนจากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ คือ

- เกณฑ์การให้คะแนน 3 คะแนน เมื่อนักเรียนแสดงพฤติกรรมตามที่ต้องการเป็นประจำสม่ำเสมอ
- เกณฑ์การให้คะแนน 2 คะแนน เมื่อนักเรียนแสดงพฤติกรรมตามที่ต้องการค่อนข้างจะสม่ำเสมอ
- เกณฑ์การให้คะแนน 1 คะแนน เมื่อนักเรียนแสดงพฤติกรรมตามที่ต้องการน้อย

## เกณฑ์การประเมินการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนจากการสร้างชิ้นงาน

## Cotton design STEM

| รายการประเมิน                     | พฤติกรรม                                                                            |                                                                                       |                                                                                   |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
|                                   | ดีมาก(3)                                                                            | ดี(2)                                                                                 | ควรปรับปรุง(1)                                                                    |
| 1.ความสนใจตั้งใจในการเรียน        | มีความสนใจตั้งใจในการเรียนไม่คุยหรือเล่นกันในขณะเรียน                               | สนใจในการเรียนคุยกันเล็กน้อยและเล่นกันในขณะเรียน                                      | ไม่สนใจในการเรียนคุยและเล่นกันในขณะเรียน                                          |
| 2.ความสนใจในการซักถาม/ตอบคำถาม    | มีการถามในหัวข้อที่ตนไม่เข้าใจทุกเรื่อง มีส่วนร่วมในการตอบคำถามของครูและกล้าแสดงออก | มีการถามในหัวข้อที่ตนไม่เข้าใจเป็นส่วนมาก มีส่วนร่วมในการตอบคำถามของครูและกล้าแสดงออก | ไม่ถามในหัวข้อที่ตนไม่เข้าใจไม่ให้ความร่วมมือในการตอบคำถามของครูและไม่กล้าแสดงออก |
| 3.รับผิดชอบงานที่ได้รับ           | มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับ ทำงานได้สำเร็จ                                       | มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับค่อนข้างน้อย แต่ทำงานได้สำเร็จ                          | ไม่มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับและทำงานไม่สำเร็จ                                |
| 4.ทำงานทันตามกำหนดเวลา            | ทำงานส่งตามเวลาที่กำหนดและถูกต้องชัดเจน                                             | ทำงานส่งตามเวลาที่กำหนดและส่วนใหญ่ถูกต้อง                                             | ส่งงานช้าและไม่ถูกต้อง                                                            |
| 5.การมีส่วนร่วมในกิจกรรม/งานกลุ่ม | สมาชิกทุกคนร่วมมือและช่วยเหลือเพื่อนในการทำกิจกรรม                                  | สมาชิก 1 - 2 คนไม่ให้ความร่วมมือและช่วยเหลือเพื่อนในการทำกิจกรรม                      | สมาชิกมากกว่า 2 คนไม่ให้ความร่วมมือและช่วยเหลือเพื่อนในการทำกิจกรรม               |

## ใบกิจกรรมที่ 2

### Cotton design STEM

เรียบเรียงโดย นายยุทธนา ชัยเจริญ

#### จุดประสงค์กิจกรรม

1. เพื่อสร้างสรรค์และออกแบบชิ้นงานให้ตรงต่อความต้องการของผู้บริโภค เพื่อในชีวิตประจำวัน
2. อธิบายและเชื่อมโยงองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์กับการสร้างชิ้นงาน

#### สถานการณ์

“สมมติว่านักเรียนเป็นกลุ่มอาชีพของชุมชนแห่งหนึ่งในตำบลหนองป่าครั่ง อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ได้รับมอบหมายจากโครงการการพัฒนาเจดีย์จากการย้อมสีด้วยฝ้ายจากแก่นไม้ฝางของจังหวัดเชียงใหม่ ให้เป็นกลุ่มอาชีพที่จะออกแบบลวดลายบนผืนผ้าที่เป็นเอกลักษณ์ของชุมชน”

นักเรียนจะออกแบบลวดลายบนผืนผ้าอย่างไร ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า “ออกแบบลวดลายผ้าจากกระดาษไม่เกิน 5 แผ่น(ไม่ให้อุปกรณ์อื่น) ใช้เจดีย์ให้ครบทั้ง 4 เจดีย์ บนลวดลายผืนผ้าต้องมีรูปทรงเรขาคณิตอย่างน้อย 2 รูปทรงและได้ลวดลายไม่น้อยกว่า 1 ลวดลาย”

คำชี้แจง ปฏิบัติกิจกรรมและบันทึกรายละเอียดการปฏิบัติ ตามประเด็นต่างๆต่อไปนี้

1. จากสถานการณ์ “ปัญหาและเงื่อนไข” คืออะไร

.....

.....

2. นักเรียนคิดว่าในการสร้างสรรค์ชิ้นงานและออกแบบลวดลายบนพื้นผ้า ให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ ต้องอาศัยความรู้และคำนึงถึงปัจจัยอะไรบ้าง (อธิบายเป็นข้อความสั้นๆ เพื่อให้เข้าใจ)

.....

.....

.....

3. จากสถานการณ์ที่กำหนด นักเรียนเลือกวัสดุใดบ้าง ในการสร้างชิ้นงานและออกแบบลวดลายบนพื้นผ้า เพื่อให้สามารถผ่านเกณฑ์ที่กำหนด เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

4. จากการศึกษาลวดลายผ้าที่เป็นเอกลักษณ์ในแต่ละภาคของประเทศไทย นักเรียนคิดว่าลวดลายบนพื้นผ้าในแต่ละจังหวัดที่นักเรียนสังเกตเห็น มีข้อดี ข้อเสีย และควรปรับปรุงลวดลายบนพื้นผ้าอย่างไร และมีความสวยงามจากองค์ประกอบด้านใดบ้าง(สีสันท, รูปทรง , ตำแหน่งการวางลาย) ให้นักเรียนยกตัวอย่างมา 1 ลวดลาย

| ที่ | หัวข้อ       | ข้อมูล |
|-----|--------------|--------|
| 1   | ชื่อลายผ้า   |        |
| 2   | มาจากจังหวัด |        |

|   |                                                     |  |
|---|-----------------------------------------------------|--|
| 3 | ข้อดี                                               |  |
| 4 | ข้อเสีย                                             |  |
| 5 | ข้อควรปรับปรุง                                      |  |
| 6 | องค์ประกอบที่เสริมสร้างให้ทีมงาน                    |  |
| 7 | รูปทรงที่เห็นในขวดลาบมีลักษณะอย่างไร (วาดรูปประกอบ) |  |

5. ภาพร่างการออกแบบ “ชิ้นงาน Cotton design STEM” พร้อมระบุองค์ประกอบแต่ละส่วนประกอบที่ใช้ในการสร้าง ให้ละเอียดที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ (ให้ทุกกลุ่มนำภาพร่างที่ออกแบบแล้ว ไปรับวัสดุอุปกรณ์ที่จะสร้างชิ้นงานได้)

6. เมื่อนักเรียนสร้างชิ้นงานตามแบบร่างที่ออกแบบ กลุ่มของนักเรียนพบปัญหาที่เกิดขึ้นหรือไม่ นักเรียนแก้ปัญหานั้นอย่างไร

.....

.....

.....

#### ผลการทดสอบชิ้นงาน

|                      |       |                         |       |
|----------------------|-------|-------------------------|-------|
| ผ่านเงื่อนไขที่กำหนด | ..... | ไม่ผ่านเงื่อนไขที่กำหนด | ..... |
|----------------------|-------|-------------------------|-------|

#### \*\*กรณีที่ชิ้นงานไม่ผ่านเงื่อนไขที่กำหนด ให้บันทึกรายละเอียด

- \* กลุ่มของนักเรียนใช้กระดาษจำนวน.....แผ่น
- \* กลุ่มของนักเรียนใช้เชดสีจำนวน.....เชดสี
- \* กลุ่มของนักเรียนมีรูปทรงเรขาคณิต.....รูปทรง
- \* กลุ่มของนักเรียนได้ลวดลายทั้งหมด.....ลวดลาย

7. ภายหลังการทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงานที่กลุ่มสร้างขึ้น กลุ่มของนักเรียนมีแนวคิดในการปรับปรุงพัฒนา ให้ชิ้นงานของกลุ่ม มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้นหรือไม่ อย่างไร เพราะเหตุใด

.....

.....

.....



### คำถามท้ายกิจกรรม

1. จากกิจกรรม นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากกิจกรรมนี้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างไร

.....

.....

.....

2. นักเรียนได้บูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ในเรื่องใดบ้าง ในการออกแบบและสร้าง “ชิ้นงาน Cotton design STEM” สร้างคำอธิบายพร้อมให้เหตุผล ประกอบให้ชัดเจนในรูปแบบของผังความคิด



ใบความรู้  
เรื่อง การย้อมสีด้วยฝ้ายจากธรรมชาติ

เรียบเรียงโดย นายยุทธนา ชัยเจริญ

การย้อมสี



ภาพที่ 1 แสดงชนิดสีที่เกิดขึ้นจากการย้อมสีด้วยฝ้ายจากธรรมชาติ  
(ที่มา: [http://www.qsds.go.th/qsds\\_netu/inside\\_page.php?pageid=18](http://www.qsds.go.th/qsds_netu/inside_page.php?pageid=18))

เส้นใยที่ได้จาก “ฝ้าย” จะมีสีขาว หรือ สีขาวขุ่น หรือสีน้ำตาลอ่อน ขึ้นอยู่กับชนิดของฝ้าย ดังนั้นเมื่อนำมาทอจึงต้องนำฝ้ายไปย้อมเพื่อให้เกิดสีที่สวยงาม ในอดีตสีที่นำมาย้อมฝ้ายนั้น จะได้จากวัสดุธรรมชาติซึ่งสามารถหาวัตถุดิบได้ตามท้องถิ่นไม่ว่าจะเป็นเปลือกไม้ รากไม้ ดอก ผล หรือจากสัตว์บางชนิด แต่เนื่องจากกรรมวิธีในการสกัดสีจากธรรมชาติค่อนข้างยุ่งยาก และวัตถุดิบเริ่มหายาก อีกทั้งสีที่ได้ไม่มีความหลากหลาย คุณภาพในการย้อมไม่ดีนัก จึงมีการนำสีที่ได้จากระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือสีเคมีมาใช้ในการย้อม ซึ่งช่วยให้สะดวก รวดเร็ว รวมทั้งยังให้สีต่าง ๆ มากมาย สามารถไล่ระดับสีได้ จึงทำให้ผู้ที่ใช้กรรมวิธีการย้อมสีธรรมชาติลดน้อยลงมาก ปัจจุบันสีที่นำมาย้อมเส้นใยฝ้าย สามารถแบ่งได้เป็น สีธรรมชาติและสีวิทยาศาสตร์ สี ที่ได้จาก

ธรรมชาติทั้งหมดได้มาจากพืช และสัตว์บางชนิด สีที่ได้จากพืช จะนำมาจากส่วนต่าง ๆ ได้แก่ เปลือก ราก แก่น ใบ ดอก และผล ส่วนสัตว์นั้นได้มาจาก “ตัวครึ่ง” วัตถุดิบ ที่นำมาใช้ และกระบวนการในการย้อมสีธรรมชาติ นั้น แต่ละท้องถิ่นก็จะมี ความแตกต่างกัน สีที่ได้จึงแตกต่างกันไป



ภาพที่ 2 และ 3 แสดงด้ายฝ้ายย้อมสีจากธรรมชาติ

(ที่มา: <http://oknation.nationtv.tv/blog/jarinasa/2014/10/29/entry-1>)

#### สีจากธรรมชาติ

| สี          | ชนิดของวัตถุดิบ                                                                                                         |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| แดง         | รากขมิ้น แก่นฝาง ลูกคำแสด เปลือกสมอ ครั่ง                                                                               |
| คราม        | ต้นคราม หรือต้นห้อม ใช้รากและใบ                                                                                         |
| เหลือง      | แก่นขนุน หรือ แก่นแกลแล แก่นขมิ้น ต้นหม่อน ขมิ้น เปลือกไม้ นมแมว แก่นสุพรรณิการ์ ดอกกรรณิการ์ ดอกดาวเรือง               |
| ทองอ่อน     | เปลือกต้นมะปูด เปลือกผลทับทิม แก่นแกลแลและต้นคราม ใบหู กวาง เปลือกและผลสมอพิเภก ใบส้มป่อยและผงขมิ้น ใบแค ใบ สับปะรดอ่อน |
| ดำ          | ผลมะเกลือ ผลกระเจา ผลและเปลือกสมอ                                                                                       |
| ส้ม         | เปลือกและรากขมิ้น ดอกกรรณิการ์ (ส่วนที่เป็นหลอดสีส้ม) เมล็ด คำแสด                                                       |
| เหลืองอมส้ม | ดอกคำฝอย                                                                                                                |
| ม่วงอ่อน    | ลูกหว้า                                                                                                                 |
| ชมพู        | ต้นฝาง ต้นมหาภาพ                                                                                                        |



|               |                                                          |
|---------------|----------------------------------------------------------|
| น้ำตาล        | เปลือกไม้โกงกาง เปลือกผลมังคุด                           |
| กากีแกมเหลือง | หมากสง กับแก่นแกล                                        |
| เขียว         | เปลือกต้นมะริดไม้ ใบหูกวาง เปลือกสมอ ครามย้อมทับด้วยแกลง |
| เทา           | เปลือกบก เหง้ากล้วย                                      |



ภาพที่ 4 แสดงเจดสีที่ได้จากพืชที่ใช้ย้อมสีธรรมชาติ  
(ที่มา: <https://www.sarakadee.com/2014/11/11/thai-colour/>)

### สารช่วยย้อม

สารช่วยย้อม หรือ สารกระตุ้นสี เป็นสารที่ช่วยให้สีติดกับเส้นด้ายดีขึ้นและเปลี่ยนเจดสีธรรมชาติให้เปลี่ยนแปลงไปจากสีเดิม ในสมัยโบราณจะการใช้การเติมมูลหรือปัสสาวะสัตว์ลงไปในถังย้อม ปัจจุบันมีการใช้สารที่ได้จากทั้งสารเคมีและสารธรรมชาติดังนี้

(1.1) สารช่วยย้อมเคมี (มอร์แดนท์) หมายถึง วัตถุธาตุที่ใช้ผสมสีเพื่อให้สีติดแน่นกับผ้าที่ย้อม ส่วนใหญ่เป็นเกลือของโลหะพวกอลูมิเนียม เหล็ก ทองแดง ดีบุก โครเมียม สำหรับมอร์แดนท์ที่แนะนำให้ใช้สำหรับการย้อมระดับอุตสาหกรรมในครัวเรือนเป็นสารเคมีเกรดการค้า ซึ่งมีราคาถูก คุณภาพเหมาะสมกับงานมีวิธีการใช้งานที่สะดวกโดยการชั่ง ตวง วัดพื้นฐาน แล้วนำไปละลายน้ำ

ตามอัตราส่วนที่ต้องการและหาซื้อได้ง่ายจากร้านค้าสารเคมีทางวิทยาศาสตร์ หรือทางการแพทย์ทั่วไป สารมอร์แดนท์ที่ใช้กันทั่วไปคือ

(1) สารส้ม (มอร์แดนท์อลูมิเนียม) จะช่วยจับยึดสีกับเส้นด้ายและ ช่วยให้สีสดสว่างขึ้น มักใช้กับการย้อมสี น้ำตาล-เหลือง-เขียว

(2) จุนลี (มอร์แดนท์ทองแดง) ช่วยให้สีติดและเข้มขึ้น ใช้กับการย้อม สีเขียว-น้ำตาล ข้อแนะนำสำหรับการใช้มอร์แดนท์ทองแดง คือ ไม่ควรใช้ในปริมาณที่มากเกินไปเพราะจะทำให้เกิดการตกค้าง ของทองแดงในน้ำทิ้งหลังการย้อมได้

(3) เฟอร์สซัลเฟต (มอร์แดนท์เหล็ก) เหล็กจะช่วยให้สีติดเส้นด้ายและช่วยเปลี่ยนเจดสีธรรมชาติเดิมจากพืชเป็นสีโทน เทา-ดำ ซึ่งมอร์แดนท์เหล็กมีข้อดี คือ สามารถควบคุมปริมาณการใช้ได้ แต่มีข้อควรระวังคือไม่ควรใช้ในปริมาณที่มากเกินไปเพราะเหล็กจะทำให้เส้นด้ายเปื่อย

(1.2) สารช่วยย้อมธรรมชาติ (มอร์แดนท์ธรรมชาติ) หมายถึง สารประกอบน้ำหมักธรรมชาติ ที่ช่วยในการย้อมสีและบางครั้งทำให้เจดสีเปลี่ยน เช่น น้ำปูนใส น้ำด่าง น้ำโคลน และน้ำบาดาล

(1) น้ำปูนใส ได้จากปูนขาวที่ใช้กินกับหมาก หรือทำจากปูนจากการเผาเปลือกหอย โดยละลายปูนขาวในน้ำสะอาด ทิ้งไว้ให้ตกตะกอน จะได้น้ำปูนใสมาใช้เป็นสารช่วยย้อมต่อไป

(2) น้ำด่าง หรือน้ำจี้เถ้า ได้จากขี้เถ้าพืช เช่น ส่วนต่างๆ ของกล้วย ต้นผักขม เปลือกของผลนุ่น กากมะพร้าว เป็นต้น เลือกพืชชนิดใดชนิดหนึ่งที่ยังสดๆ นำมาล้างแฉกให้หมด จากนั้นเผาให้เป็นขี้เถ้าสีขาว นำขี้เถ้าไปใส่ในอ่างที่มีน้ำอยู่ กวนให้ทั่วทิ้งไว้ 4 – 5 ชั่วโมงขี้เถ้าจะตกตะกอน นำน้ำที่ได้ไปกรองให้สะอาดแล้วจึงนำไปใช้งาน เรียกว่า “น้ำด่างหรือน้ำจี้เถ้า” อีกวิธีหนึ่งนำขี้เถ้าที่ได้ไปใส่ในกระป๋องที่เจาะรูเล็กๆ รองก้นด้วยปุ๋ยฝ้าย หรือขี้เถ้ามะพร้าวใส่ขี้เถ้าจนเกือบเต็ม กดให้แน่นเติมน้ำให้ท่วมขี้เถ้า แขนกระป๋องทิ้งไว้ รองเอาแต่น้ำด่างไปใช้งาน

(3) กรด ได้จากพืชที่มีรสเปรี้ยว เช่น น้ำมะนาว น้ำใบหรือฝักส้มป่อย น้ำมะขามเปียก

(4) น้ำบาดาล หรือน้ำสนิมเหล็ก จะใช้น้ำบ่อบาดาลที่เป็นสนิม หรือนำเหล็กไปเผาไฟให้แดงแล้วนำไปแช่น้ำ ทิ้งไว้ 3 วันจึงนำน้ำสนิมมาใช้ได้ น้ำสนิมจะช่วยให้สีเข้มขึ้น ให้เจดสีเทา-ดำเหมือน มอร์แดนท์เหล็ก แต่ถ้าสนิมมากเกินไปจะทำให้เส้นใยเปื่อยได้เช่นกัน

(5) น้ำโคลน เตรียมจากโคลนใต้สระ หรือบ่อที่มีน้ำขังตลอดปี ใช้ดินโคลนมาละลายในน้ำเปล่าสัดส่วนน้ำ 1 ส่วนต่อดินโคลน 1 ส่วนจะช่วยให้ได้โทนสีเข้มขึ้น หรือโทนสีเทา-ดำเช่นเดียวกับน้ำสนิม

#### ขั้นตอนการย้อม



ภาพที่ 4 แสดงขั้นตอนการย้อมด้วยฝ้ายจากสิริธรรมชาติ

(ที่มา: [http://www.chiangkham.ac.th/webck/web/web\\_KrooLa/working\\_discover\\_thailue.html](http://www.chiangkham.ac.th/webck/web/web_KrooLa/working_discover_thailue.html))

การย้อมนั้นแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ การย้อมเย็นและการย้อมร้อน

1. การย้อมเย็น นั้นจะนิยมย้อมในหม้อดิน โดยการเตรียมน้ำสีใส่ไว้ในหม้อ จากนั้นนำเส้นฝ้ายไปจุ่มลงในหม้อ ใช้มือคน บีบ จนกระทั่งได้สีตามต้องการ หรือจะทำการหมักไว้เพื่อให้สีที่ได้เข้มขึ้น

2. การย้อมร้อน เป็นการนำเส้นฝ้ายไปต้มในหม้อที่ใส่น้ำสี ใช้ไม้คนเพื่อให้ฝ้ายโดนน้ำสีอย่างทั่วถึง

**\*\*เมื่อได้สีตามต้องการจึงนำไปซักและตากแห้งซึ่งการย้อมร้อนมีขั้นตอนดังนี้**

1. นำเส้นฝ้ายที่จะไปทำการย้อม มาซักด้วยน้ำสะอาดเพื่อขจัดฝุ่นผงและไขต่าง จากนั้นบีบน้ำออกให้หมดเพื่อให้สีที่ ย้อมติดเส้นฝ้ายอย่างสม่ำเสมอ

2. นำเส้นฝ้ายที่บีบหมาดแล้วลงไปต้มในหม้อน้ำสี คนฝ้ายอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้สีเข้าไปในเส้นฝ้ายอย่างทั่วถึงประมาณ 30 นาที (ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่นำมาย้อม)

3. เมื่อได้สีตามต้องการ นำเส้นฝ้ายขึ้นจากหม้อต้ม บิดให้หมาด นำไปซักด้วยน้ำสะอาด แล้วตากให้แห้ง ถ้าต้องการให้สีเข้มขึ้นสามารถนำมาต้มอีกครั้งหนึ่งจนกว่าจะได้สีตามต้องการ

---

#### อ้างอิง

1. [http://phathai.tripod.com/html/Phathai2\\_1\\_4.html](http://phathai.tripod.com/html/Phathai2_1_4.html) เข้าถึงข้อมูล 15 พฤศจิกายน 2560
2. อนันต์เสวก เหั่วซึ่งเจริญ และคณะ. 2543. “รายงานการวิจัยเรื่องการพัฒนากระบวนการย้อมสีธรรมชาติสำหรับอุตสาหกรรมครอบครัว” คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.





### แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 Handmade Cotton Products with STEM

#### 1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

##### 1.1 วิทยาศาสตร์

##### สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

**มาตรฐานการเรียนรู้ ว 2.1** เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

**ตัวชี้วัด ว 2.1 ม.3/2** ตระหนักถึงคุณค่าของการใช้วัสดุประเภทพอลิเมอร์ เซรามิกส์ และวัสดุผสม โดยเสนอแนะแนวทางการใช้วัสดุอย่างประหยัดและคุ้มค่า

##### สาระที่ 8 เทคโนโลยี

**มาตรฐานการเรียนรู้ ว 8.1** เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะด้านทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่นๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

**ตัวชี้วัด ว 8.1 ม. 1/1** อธิบายแนวคิดหลักของเทคโนโลยีในชีวิตประจำวันและวิเคราะห์สาเหตุหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี

**ตัวชี้วัด ว 8.1 ม. 1/2** ระบุปัญหาหรือความต้องการในชีวิตประจำวัน รวบรวม วิเคราะห์ ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

**ตัวชี้วัด ว 8.1 ม. 1/3** ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เป็น นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจ วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

**ตัวชี้วัด ว 8.1 ม. 1/4** ทดสอบ ประเมินผล และระบุข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขและนำเสนอผลการแก้ปัญหา

**ตัวชี้วัด ว 8.1 ม. 1/5** ใช้ความรู้และทักษะเกี่ยวกับวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ กลไกไฟฟ้า หรืออิเล็กทรอนิกส์ เพื่อแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสมและปลอดภัย

## 1.2 คณิตศาสตร์

### สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

มาตรฐานการเรียนรู้ ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตและทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้

ตัวชี้วัด ค 2.2 ม.2/2 เข้าใจและใช้ความรู้ทางเรขาคณิตในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและรูปเรขาคณิตสามมิติ

## 1.3 วิศวกรรมศาสตร์

ระบุปัญหา ออกแบบและพัฒนาชิ้นงานจากวัสดุที่กำหนด เพื่อให้ผ่านเงื่อนไข โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

## 2. สาระสำคัญ

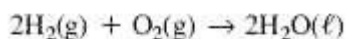
ปฏิกิริยาเคมีจำแนกได้ 3 ประเภทดังนี้ 1. ปฏิกิริยาการรวมตัว (combination) 2. ปฏิกิริยาการแยกสลาย (decomposition) 3. ปฏิกิริยาการแทนที่ (replacement)

## 3. สาระการเรียนรู้

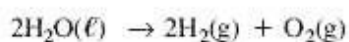
### วิทยาศาสตร์

ประเภทของปฏิกิริยาเคมี ปฏิกิริยาเคมีจำแนกได้ 3 ประเภทดังนี้

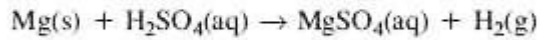
1. ปฏิกิริยาการรวมตัว (combination) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากการรวมตัวของสารโมเลกุลเล็ก รวมกันเป็นสารโมเลกุลใหญ่ หรือเกิดจากการรวมตัวของธาตุซึ่งจะได้สารประกอบ ดังเช่น



2. ปฏิกิริยาการแยกสลาย (decomposition) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดการแยกสลายของสารโมเลกุลใหญ่ให้ได้สารโมเลกุลเล็กลง ดังเช่น



3. ปฏิริยาการแทนที่ (replacement) เป็นปฏิริยาการแทนที่ของสารหนึ่งเข้าไปแทนที่อีกสารหนึ่ง ดังเช่น



#### คณิตศาสตร์

เรขาคณิต รูปทรงเรขาคณิตและการนำความรู้เกี่ยวกับรูปเรขาคณิตไปใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ (ความริเริ่มสร้างสรรค์ในการออกแบบชิ้นงาน Handmade Cotton Products with STEM )

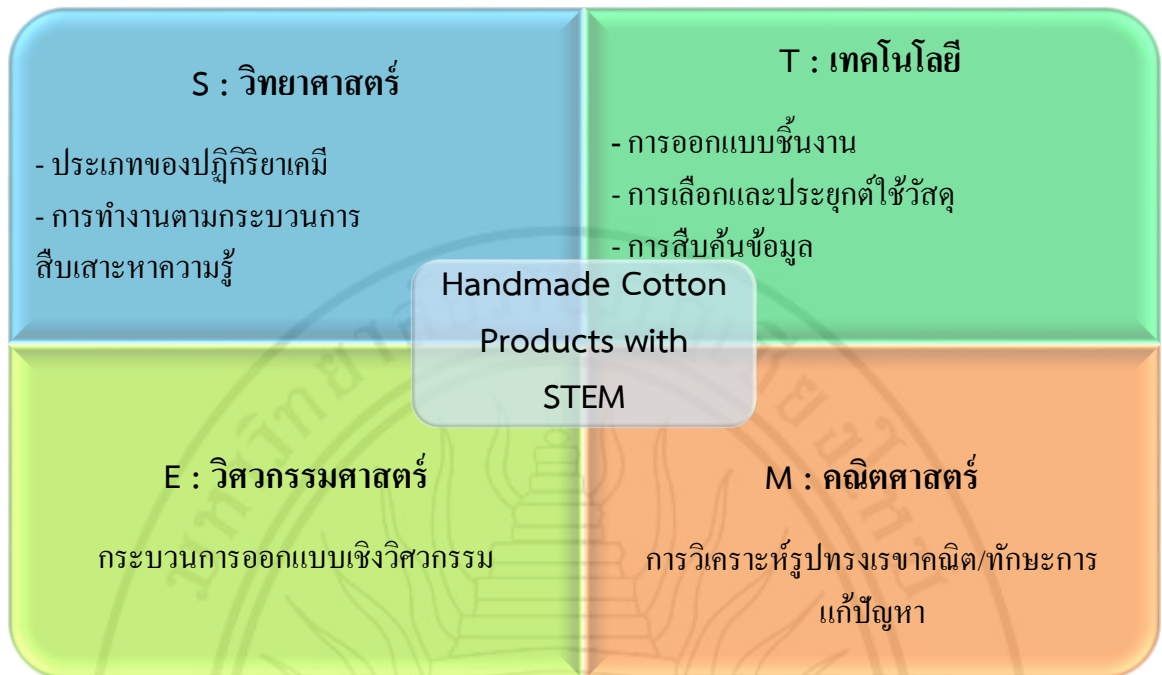
#### เทคโนโลยี

การเลือกวัสดุให้มีความเหมาะสมกับการใช้งาน และการคำนึงถึงปัจจัยในด้านต่างๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของชิ้นงาน การสร้างชิ้นงานตามกระบวนการเทคโนโลยีที่ต้องอาศัยความคิดริเริ่มสร้างสรรค์การจัดการสนเทศ ซึ่งประกอบด้วย การเตรียมข้อมูล การประมวลข้อมูล การเก็บข้อมูล และแสดงผล

#### วิศวกรรมศาสตร์

การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน Handmade Cotton Products with STEM

#### 4. แผนผังความคิด



#### 5. จุดประสงค์

##### ด้านความรู้

- อธิบายหลักการทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมี ที่นำมาใช้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน Handmade Cotton Products with STEM
- อธิบายและยกตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องได้

##### ด้านทักษะและกระบวนการ

- สังเกต ทำนายและทดลองเพื่อหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ออกแบบและสร้างชิ้นงาน Handmade Cotton Products with STEM ที่มีประสิทธิภาพ
- เลือกใช้วัสดุในการสร้างชิ้นงาน Handmade Cotton Products with STEM อย่างเหมาะสมพร้อมทั้งอธิบายเหตุผลสนับสนุน
- สร้างและทดสอบชิ้นงานโดยใช้ทักษะการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
- เชื่อมโยง วิเคราะห์ สังเคราะห์ คำอธิบายหรือคำตอบของคำถามต่างๆ อย่างมีเหตุผล เพื่อไปสู่องค์ความรู้ทาง-วิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจอยู่ในรูปของแนวความคิดหลัก หลักการ กฎหรือทฤษฎี

และประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ในการสร้างชิ้นงาน Handmade Cotton Products with STEM

5. นำเสนอ เพื่อสื่อสารองค์ความรู้ไปยังผู้อื่นอย่างมีเหตุผลด้วยความรอบรู้เกี่ยวกับหลักวิชาการที่เกี่ยวข้องอย่างรอบด้าน มีความรอบคอบที่จะนำความรู้ในสาขาต่างๆ มาพิจารณาให้เชื่อมโยงกัน นำเสนอข้อมูลด้วยความเป็นจริง ด้วยวิธีการต่าง ๆ ได้อย่างน่าสนใจและเหมาะสม

#### ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์

1. มีความรับผิดชอบ มีเหตุผล
2. การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น
3. การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์

#### 6. การวัดผลและประเมินผล

##### ด้านความรู้

| ภาระงาน/ชิ้นงาน                               | วิธีการวัด                                          | เครื่องมือ                           | เกณฑ์การประเมิน     | ผู้ประเมิน |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|------------|
| อธิบายเกี่ยวกับการจำแนกประเภทของปฏิกิริยาเคมี | การอธิบายความรู้/ใบกิจกรรม/การเขียนอธิบายบนกระดาษA4 | -แบบประเมินคุณภาพผลงาน<br>-การสังเกต | -ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 | ครู        |
| อธิบายและยกตัวอย่างเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน   | เป็นการประเมินเพื่อการปรับปรุง                      |                                      |                     |            |

## ด้านทักษะและกระบวนการ

| ภาระงาน/ชิ้นงาน                                                                                | วิธีการวัด                                                                                                                                                                | เครื่องมือ                                                    | เกณฑ์การประเมิน                                                                                                      | ผู้ประเมิน |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| การระดมสมองเพื่อตอบคำถาม การร่วมแสดงความคิดเห็นและทดสอบความรู้เดิม                             | เป็นการประเมินเพื่อการปรับปรุงและให้โบนัสเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) เป็น 3 ระดับ คือ ดีมาก ดี และปานกลาง                                                       |                                                               |                                                                                                                      |            |
| การทดลองเพื่อวัดปริมาณรูปทรงต่างๆ                                                              | -ตรวจใบกิจกรรม<br>-สังเกตพฤติกรรมด้านทักษะและกระบวนการ                                                                                                                    | -แบบประเมินคุณภาพผลงาน<br>-แบบประเมินทักษะการสืบเสาะหาความรู้ | -ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70<br>-กำหนดเกณฑ์เป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) เป็น 4 ระดับ คือ ดีมาก ดี ปานกลางและปรับปรุง | ครู        |
| การออกแบบ การเลือกใช้วัสดุ การวิเคราะห์ผลการทดสอบ ประสิทธิภาพ ผลงานและแนวทางในการปรับปรุงพัฒนา | -ตรวจใบกิจกรรม<br>-ประสิทธิภาพของชิ้นงาน/<br>คุณภาพผลงาน<br>หมายเหตุ มีการให้โบนัสเพิ่มเติมกรณีที่นักเรียนสามารถออกแบบและสร้างชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด | -แบบประเมินคุณภาพผลงาน                                        | -ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70                                                                                                  | ครู        |



| ภาระงาน/ชิ้นงาน                                                                                                                        | วิธีการวัด                                                                                                              | เครื่องมือ                               | เกณฑ์การประเมิน                                                                                                            | ผู้ประเมิน       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| ประยุกต์ใช้<br>ความรู้ด้าน<br>วิทยาศาสตร์<br>คณิตศาสตร์<br>เทคโนโลยี ใน<br>การสร้างชิ้นงาน<br>Handmade<br>Cotton Products<br>with STEM | -การเขียนอธิบาย<br>ความรู้ในใบ<br>กิจกรรม(แบบ<br>บันทึก)และการ<br>เขียนอธิบายบน<br>กระดาษ A4 ใน<br>รูปแผนผัง<br>ความคิด | -แบบประเมิน<br>คุณภาพผลงาน<br>-การสังเกต | -ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70                                                                                                        | ครู              |
| การนำเสนอและ<br>การสื่อสาร                                                                                                             | การใช้สำนวน<br>ภาษาดีถูกต้อง<br>สะกดคำและ<br>ไวยากรณ์ถูกต้อง<br>รูปแบบน่าสนใจ<br>และความ<br>สวยงาม                      | -แบบประเมิน<br>การนำเสนอ<br>ผลงาน        | -ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60<br>-กำหนดเกณฑ์<br>เป็นมาตราส่วน<br>ประมาณค่า (Rating<br>scale) เป็น 3 ระดับ คือ<br>ดี พอใช้และปรับปรุง | ครู/<br>นักเรียน |

#### ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์

| ภาระงาน/ชิ้นงาน/<br>พฤติกรรม                                                                                                                     | วิธีการวัด                                              | เครื่องมือ                  | เกณฑ์การประเมิน                                                                                                                   | ผู้ประเมิน       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| กิจกรรมระดมสมอง/<br>กิจกรรมการทดลอง/<br>กิจกรรมการ<br>ออกแบบและการ<br>ทดสอบชิ้นงาน/การ<br>ตอบคำถาม/การร่วม<br>แสดงความคิดเห็น/<br>การนำเสนอผลงาน | -สังเกต<br>พฤติกรรม<br>ขณะที่นักเรียน<br>ปฏิบัติกิจกรรม | -แบบ<br>ประเมิน<br>พฤติกรรม | -ผ่านเกณฑ์ร้อยละ<br>60<br>-กำหนดเกณฑ์<br>เป็นมาตราส่วน<br>ประมาณค่า (Rating<br>scale) เป็น 3<br>ระดับ คือ ดี พอใช้<br>และปรับปรุง | ครู/<br>นักเรียน |

## 7. กิจกรรมการเรียนรู้ (กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม)

แบ่งกลุ่มนักเรียน กลุ่มละ 4-5 คน โดยคละนักเรียนชาย – หญิงและความสามารถ

### 7.1 ขั้นระบุปัญหา

7.1.1 ทบทวนความรู้เดิมของนักเรียน ด้วยการตั้งคำถาม นักเรียนรู้อะไรมาบ้าง แล้วเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมี

7.1.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมสมองเขียนบนกระดาษ A4 ของกลุ่ม

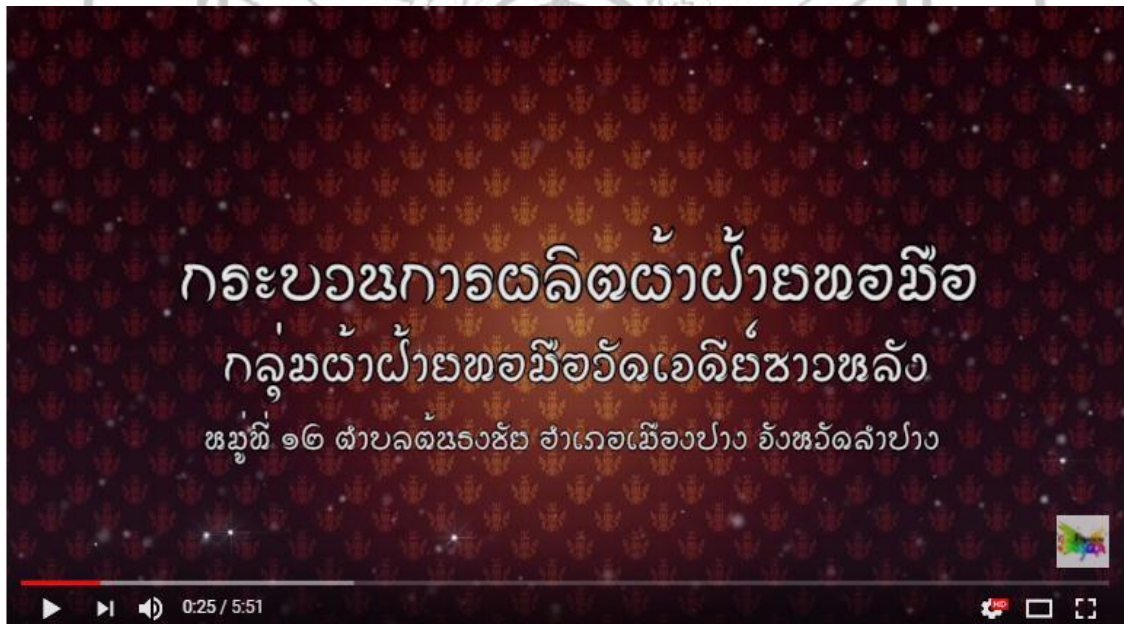
7.1.3 นักเรียนนำเสนอแลกเปลี่ยนเรียนรู้โดยการจับสลากประมาณ 1 – 2 กลุ่ม

7.1.4 เปิดโอกาสให้กลุ่มอื่นๆ ร่วมแสดงความคิดเห็นในประเด็นที่แตกต่าง

7.1.5 ครูให้โบนัสนักเรียนที่นำเสนอและร่วมแสดงความคิดเห็น

7.1.6 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกันและแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (ถ้ามี)

7.1.7 นักเรียนทุกกลุ่มดูคลิปวิดีโอ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการผลิตผ้าฝ้ายทอมือ จากเว็บไซต์ <https://www.youtube.com/watch?v=1WX22t41SKM&t=273s>



7.1.8 ครูให้นักเรียนร่วมกันอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปฏิกิริยาเคมีกับกระบวนการผลิตผ้าฝ้ายทอมือที่ได้จากการย้อมสีด้วยฝ้ายจากธรรมชาติ “กระบวนการผลิตด้วยฝ้ายทอมือ ได้จากการนำเอาเส้นใยฝ้าย มาผ่านกระบวนการถักทอ โดยการนำเส้นด้ายฝ้ายแต่ละเส้น

ผ่านขั้นตอนการใส่หลอด ผ่านช่องหวีที่จะรวมเส้นด้ายฝ้ายเพื่อนำเข้าก็ไปถักทอเป็นผืน และได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ ของใช้ เครื่องใช้สำหรับนุ่งห่ม จะเห็นได้ว่า การได้มาของผ้าแต่ละผืนนั้น เกิดจากการที่นำเส้นด้ายฝ้ายมารวมกันแล้วเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ขึ้น ”

#### 7.1.9 ครูสมมติสถานการณ์ต่อไปนี้

“ชุมชนแห่งหนึ่ง ในตำบลหนองป่าครั่ง อำเภอเมืองเชียงใหม่ ได้จัดหลักสูตรฝึกอบรมการผลิตผ้าพันคอจากผ้าฝ้ายทอมือย้อมสีธรรมชาติ ไปวางจำหน่ายเป็นสินค้าOTOP ของชุมชน ในงานฤดูหนาวประจำปี 2560 ของจังหวัดเชียงใหม่ เพื่อเป็นการเสริมสร้างรายได้ให้แก่คนชุมชนและสร้างชื่อเสียงให้แก่ชุมชน

สมมติว่านักเรียนได้เข้าฝึกอบรมนักเรียนจะมีแนวคิดในการผลิตผ้าพันคออย่างไร ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า ผ้าพันคอ 1 ผืน ต้องมีความกว้างเท่ากับ 10 เซนติเมตร ใช้กระดาษไม่เกิน 3 แผ่น(ไม่ให้อุปกรณ์อื่น) ตกแต่งลวดลายให้มีรูปทรงเรขาคณิตอยู่บนผ้าพันคออย่างน้อย 4 รูปทรง(ไม่ซ้ำกัน) และได้ผ้าพันคอจากผ้าฝ้ายทอมือย้อมสีธรรมชาติที่มีความยาวมากที่สุด”

7.1.11 ให้นักเรียนช่วยกันระดมความคิดว่าจะผลิตผ้าพันคอจากผ้าฝ้ายทอมือย้อมสีธรรมชาติ อย่างไร ให้มีความยาวมากที่สุด

7.1.12 นักเรียนและครูร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้โดยใช้ประเด็นคำถาม ต่อไปนี้

- (1) จากสถานการณ์ที่กำหนดให้มีปัญหาหรือความต้องการในเรื่องใด
- (2) จากสถานการณ์นักเรียนควรมีความรู้ในเรื่องใดบ้าง

#### 7.2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

7.2.1 ครูให้นักเรียนทุกกลุ่มศึกษาใบความรู้และคู่มือปฏิบัติ ผ้าฝ้ายทอมือ จากเว็บไซต์ <https://www.youtube.com/watch?v=Ku5XjrtCH4E>





7.2.2 ครูให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ว่าจากคลิปวิดีโอผ้าฝ้ายทอมือ ที่ดูไปในข้อ  
7.2.1 นักเรียนสามารถออกแบบผ้าพันคอจากผ้าฝ้ายทอมือย้อนสีธรรมชาติอย่างไร และนำเสนอ  
แลกเปลี่ยนเรียนรู้โดยการซักถามและให้ร่วมแสดงความคิดเห็น

### 7.3 ขั้นตอนการแก้ปัญหา

7.3.1 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบการผลิตผ้าพันคอจากผ้าฝ้ายทอมือย้อนสี  
ธรรมชาติ ตามเงื่อนไขที่กำหนดจากการวิเคราะห์สถานการณ์ในข้อ 7.1.9 โดยเลือกรูปทรง  
เรขาคณิตที่ต้องใช้ บอกเหตุผลในการเลือกใช้ แนวคิดในการสร้างชิ้นงานภายในกลุ่ม แล้วร่างภาพ  
การออกแบบผ้าพันคอจากผ้าฝ้ายทอมือย้อนสีธรรมชาติ ในใบบันทึกกิจกรรม

7.3.2 นักเรียนเขียนภาพร่างการออกแบบผ้าพันคอจากผ้าฝ้ายทอมือย้อนสี  
ธรรมชาติ บนกระดาษ A4 ของกลุ่ม

7.3.4 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอภาพร่างของกลุ่ม พร้อมเหตุผลในการออกแบบ  
และรูปทรงที่เลือก

### 7.4 ขั้นตอนการดำเนินการแก้ปัญหา

7.4.1 ครูให้นักเรียนวางแผนและลงมือสร้างชิ้นงานการออกแบบผ้าพันคอจากผ้า  
ฝ้ายทอมือย้อนสีธรรมชาติ ตามที่นักเรียนได้ออกแบบไว้

### 7.5 ขั้นตอนการประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

7.5.1 ครูทดสอบชิ้นงานของนักเรียนแต่ละกลุ่มตามเกณฑ์และเงื่อนไขที่กำหนด

7.5.2 ครูประเมินผลโดยให้นักเรียนออกมาแนะนำเสนอชิ้นงาน จำนวนรูปทรงและความยาวของผ้าพันคอ ที่ได้จากออกแบบผ้าพันคอจากผ้าฝ้ายทอมือย้อมสีธรรมชาติ ด้วยเทคนิคแบบ Gallery Walk โดยให้นักเรียนเดินดูผลงานของเพื่อนทุกกลุ่ม

7.5.3 ครูให้โบนัสนักเรียนกลุ่มที่ผ้าพันคอมีความยาวมากที่สุด

7.5.4 นักเรียนทุกกลุ่มวิเคราะห์ผลงานของกลุ่มตนเอง วิเคราะห์จุดเด่น จุดที่ควรปรับปรุง พัฒนา พร้อมเสนอแนวทางในการปรับปรุงพัฒนาพร้อมเหตุผล พร้อมบันทึกในใบกิจกรรม

#### 7.6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

7.6.1 จากผลการประเมินผลงานการออกแบบผ้าพันคอจากผ้าฝ้ายทอมือย้อมสีธรรมชาติ ให้นักเรียนทุกกลุ่มนำเสนอผลการวิเคราะห์ชิ้นงานของกลุ่มตนเองลงในกระดานบรูฟท์

7.6.2 ปิดบทเรียนโดยให้นักเรียนสะท้อนคิดเกี่ยวกับกิจกรรมในประเด็นต่อไปนี้

- (1) ประเด็นที่นักเรียนได้เรียนรู้จากกิจกรรมนี้
- (2) ประเด็นที่นักเรียนอยากปรับปรุง
- (3) ประเด็นที่นักเรียนประทับใจ
- (4) ประเด็นที่นักเรียนยังสงสัย

### 8. สื่อและแหล่งเรียนรู้

#### 8.1 วัสดุอุปกรณ์

- 8.1.1 กระดาษ A4
- 8.1.2 กระดาษบรูฟท์
- 8.1.3 ดินสอ ปากกา ยางลบ และไม้บรรทัด
- 8.1.4 กรรไกร กาวหรือเทปกาวสองหน้า

#### 8.2 สื่อและแหล่งเรียนรู้

- 8.2.1 ใบความรู้
- 8.2.2 ใบกิจกรรม
- 8.2.3 สื่อมัลติมีเดีย
- 8.2.4 วิดีโอ จากเว็บไซต์
- 8.2.5 โสตทัศนอุปกรณ์ Computer และ LCD projector

แบบประเมินคุณภาพชิ้นงาน Handmade Cotton Products with STEM ที่เกิดจากการออกแบบ

ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และคุณภาพผลงานจากการบันทึกกิจกรรม

| รายการประเมิน                             | คะแนน<br>เต็ม | คะแนนที่ได้ |         |         | โบนัส<br>เพิ่ม |
|-------------------------------------------|---------------|-------------|---------|---------|----------------|
|                                           |               | กลุ่ม 1     | กลุ่ม 2 | กลุ่ม 3 |                |
| ชิ้นงาน/ผลงาน                             | 25            |             |         |         |                |
| เวลาที่ใช้ในการสร้างสรรค์<br>ผลงานทั้งหมด | 15            |             |         |         |                |
| การนำเสนอผลงาน                            | 15            |             |         |         |                |
| การใช้กระบวนการออกแบบเชิง<br>วิศวกรรม     | 20            |             |         |         |                |
| การบูรณาการความรู้ (STEM)                 | 25            |             |         |         |                |
| คิดเป็นร้อยละ                             |               |             |         |         |                |

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....



เกณฑ์การให้คะแนนชิ้นงาน Handmade Cotton Products with STEM ที่สร้างสรรค์ด้วย

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

| ระดับคุณภาพ<br>รายการประเมิน                     | ดีมาก<br>(4 คะแนน)                                                                                                                                                    | ดี<br>(3 คะแนน)                                                                                                                                                         | พอใช้<br>(2 คะแนน)                                                                                                                                                   | ควรปรับปรุง<br>(1คะแนน)                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชิ้นงาน/ผลงาน (25 คะแนน)                         | สร้างชิ้นงานตรงตามเงื่อนไขที่กำหนดครบถ้วนทุกข้อได้ลวดลายชัดเจน องค์ประกอบของลายผ้าครบถ้วน                                                                             | สร้างชิ้นงานไม่ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนด 1 ข้อ ลวดลายชัดเจน และ องค์ประกอบของลายผ้าครบถ้วน                                                                                 | สร้างชิ้นงานไม่ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนด 2 ข้อ ลวดลายชัดเจน แต่องค์ประกอบของลายผ้าไม่ครบถ้วน                                                                            | สร้างชิ้นงานไม่ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนดมากกว่า 2 ข้อ ลวดลายไม่ชัดเจน และองค์ประกอบของลายผ้าไม่ครบถ้วน                                                                                      |
| เวลาที่ใช้ในการสร้างสรรค์ผลงานทั้งหมด (15 คะแนน) | ไม่เกิน 30 นาที                                                                                                                                                       | เกินเวลา 3 นาที                                                                                                                                                         | เกินเวลา 5 นาที                                                                                                                                                      | เกินเวลามากกว่า 5 นาที                                                                                                                                                                   |
| การนำเสนอผลงาน (15 คะแนน)                        | สามารถนำเสนอผลงานได้อย่างน่าสนใจ มีภาพร่างของชิ้นงานที่ชัดเจน สมบูรณ์ อธิบายขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน และอธิบายเหตุผลในการเลือกใช้วัสดุต่างๆ ได้ชัดเจน อธิบายถึงการทดสอบ | สามารถนำเสนอผลงานได้อย่างน่าสนใจ แต่มีภาพร่างของชิ้นงานที่ไม่ค่อยชัดเจน สมบูรณ์ อธิบายขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน และอธิบายเหตุผลในการเลือกใช้วัสดุต่างๆ ได้ไม่ชัดเจน อธิบาย | สามารถนำเสนอผลงานได้แต่ไม่ค่อยน่าสนใจ มีภาพร่างของชิ้นงาน แต่ไม่สมบูรณ์ อธิบายขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน และอธิบายเหตุผลในการเลือกใช้วัสดุต่างๆ ไม่ชัดเจน ไม่มีการอธิบาย | สามารถนำเสนอผลงานได้แต่ไม่น่าสนใจ ไม่มีภาพร่างของชิ้นงาน อธิบายขั้นตอนการสร้างชิ้นงานและอธิบายเหตุผลในการเลือกใช้วัสดุต่างๆ ไม่ชัดเจน เข้าใจยาก ไม่มีการอธิบายถึงการทดสอบ ประสิทธิภาพและ |

|                                                         |                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                    |                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                         | ประสิทธิภาพ<br>และการปรับปรุง<br>ชิ้นงาน การบูร<br>ณาการความรู้<br>ด้านวิทยาศาสตร์<br>คณิตศาสตร์ และ<br>เทคโนโลยีได้<br>อย่างชัดเจน                  | ถึงการทดสอบ<br>ประสิทธิภาพ<br>และการ<br>ปรับปรุงชิ้นงาน<br>การบูรณาการ<br>ความรู้ด้าน<br>วิทยาศาสตร์<br>คณิตศาสตร์<br>และเทคโนโลยี<br>ได้ไม่ค่อย<br>ชัดเจน | ถึงการทดสอบ<br>ประสิทธิภาพ<br>และการ<br>ปรับปรุงชิ้นงาน<br>การบูรณาการ<br>ความรู้ด้าน<br>วิทยาศาสตร์<br>คณิตศาสตร์<br>และเทคโนโลยี<br>ได้ไม่ชัดเจน | การปรับปรุง<br>ชิ้นงาน ขาดการ<br>เสนอ การบูรณา<br>การความรู้ด้าน<br>วิทยาศาสตร์<br>คณิตศาสตร์ และ<br>เทคโนโลยี |
| การใช้กระบวนการ<br>ออกแบบเชิง<br>วิศวกรรม (20<br>คะแนน) | มีการใช้<br>กระบวนการ<br>ออกแบบเชิง<br>วิศวกรรม มีการ<br>สืบค้นข้อมูลและ<br>แสดงถึงการใช<br>ข้อมูลมาเป็น<br>พื้นฐานการ<br>ตัดสินใจในการ<br>ออกแบบ    | มีการใช้<br>กระบวนการ<br>ออกแบบเชิง<br>วิศวกรรม มีการ<br>สืบค้นข้อมูล แต่<br>ไม่ได้นำมาใช้<br>เป็นพื้นฐานการ<br>ตัดสินใจในการ<br>ออกแบบ                    | มีการใช้<br>กระบวนการ<br>ออกแบบเชิง<br>วิศวกรรม แต่<br>ขาดการสืบค้น<br>ข้อมูล                                                                      | ขาดการใช้<br>กระบวนการ<br>ออกแบบเชิง<br>วิศวกรรม                                                               |
| การบูรณาการ<br>ความรู้ (STEM) (25<br>คะแนน)             | สามารถอธิบาย<br>ความรู้ทางด้าน<br>วิทยาศาสตร์<br>คณิตศาสตร์และ<br>เทคโนโลยี ที่<br>นำมาใช้ในการ<br>ออกแบบผลงาน<br>ได้ชัดเจนและ<br>ถูกต้องทั้ง 3 ด้าน | สามารถอธิบาย<br>ความรู้ที่<br>เกี่ยวข้องกับการ<br>ออกแบบผลงาน<br>ได้ชัดเจนและ<br>ถูกต้องทั้ง 2<br>ด้าน                                                     | สามารถอธิบาย<br>ความรู้ที่<br>เกี่ยวข้องกับการ<br>ออกแบบผลงาน<br>ได้ชัดเจนและ<br>ถูกต้องเพียงด้าน<br>เดียว                                         | ไม่สามารถอธิบาย<br>ความรู้ที่เกี่ยวข้อง<br>กับการออกแบบ<br>ผลงานได้                                            |

แบบประเมินการนำเสนอชิ้นงาน **Handmade Cotton Products with STEM**

| กลุ่ม<br>ที่ | ชื่อกลุ่ม | พฤติกรรม / ระดับคะแนน |   |   |                       |   |   |            |   |   |      |   |   |                                                  |   |   | รวม<br>คะแนน<br>(15) |
|--------------|-----------|-----------------------|---|---|-----------------------|---|---|------------|---|---|------|---|---|--------------------------------------------------|---|---|----------------------|
|              |           | เนื้อหา<br>ครบถ้วน    |   |   | ความคิด<br>สร้างสรรค์ |   |   | ตรงต่อเวลา |   |   | ภาษา |   |   | ความพร้อม<br>ในการ<br>อภิปราย<br>และตอบ<br>คำถาม |   |   |                      |
|              |           | 3                     | 2 | 1 | 3                     | 2 | 1 | 3          | 2 | 1 | 3    | 2 | 1 | 3                                                | 2 | 1 |                      |
| 1            |           |                       |   |   |                       |   |   |            |   |   |      |   |   |                                                  |   |   |                      |
| 2            |           |                       |   |   |                       |   |   |            |   |   |      |   |   |                                                  |   |   |                      |
| 3            |           |                       |   |   |                       |   |   |            |   |   |      |   |   |                                                  |   |   |                      |
| 4            |           |                       |   |   |                       |   |   |            |   |   |      |   |   |                                                  |   |   |                      |
| 5            |           |                       |   |   |                       |   |   |            |   |   |      |   |   |                                                  |   |   |                      |
| 6            |           |                       |   |   |                       |   |   |            |   |   |      |   |   |                                                  |   |   |                      |

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

## เกณฑ์การประเมิน มีดังนี้

| ช่วงคะแนน | ระดับคุณภาพ |
|-----------|-------------|
| 13 - 15   | ดี          |
| 9 - 12    | พอใช้       |
| 5 - 8     | ปรับปรุง    |

เกณฑ์การผ่าน ร้อยละ 60 ( 9 คะแนน )

มีเกณฑ์ให้คะแนนจากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ คือ

- เกณฑ์การให้คะแนน 3 คะแนน เมื่อนักเรียนแสดงพฤติกรรมตามที่ต้องการเป็นประจำสม่ำเสมอ
- เกณฑ์การให้คะแนน 2 คะแนน เมื่อนักเรียนแสดงพฤติกรรมตามที่ต้องการค่อนข้างจะสม่ำเสมอ
- เกณฑ์การให้คะแนน 1 คะแนน เมื่อนักเรียนแสดงพฤติกรรมตามที่ต้องการน้อย

## เกณฑ์การประเมินการนำเสนอ Handmade Cotton Products with STEM

| รายการ<br>ประเมิน                              | พฤติกรรม                                                                                                                              |                                                                                                                                                     |                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                | ดี(3)                                                                                                                                 | พอใช้(2)                                                                                                                                            | ควรปรับปรุง(1)                                                                                                                          |
| 1.เนื้อหา<br>ครบถ้วน                           | เนื้อหาครบถ้วนสมบูรณ์<br>ถูกต้อง ตรงตามหัวข้อเรื่อง<br>เนื้อหาเป็นไปตามที่<br>กำหนด รายละเอียด<br>ครอบคลุม เนื้อหา<br>สอดคล้อง        | เนื้อหาครบถ้วนแต่ยังไม่<br>สมบูรณ์ ตรงตามหัวข้อ<br>เรื่อง แต่เนื้อหายังไม่เป็นไป<br>ตามที่กำหนด รายละเอียด<br>ครอบคลุม แต่เนื้อหายังไม่<br>สอดคล้อง | เนื้อหาไม่ครบถ้วน<br>สมบูรณ์ ตรงตามหัวข้อ<br>เรื่อง แต่เนื้อหาไม่เป็นไป<br>ตามที่กำหนด รายละเอียด<br>ไม่ครอบคลุม เนื้อหาไม่<br>สอดคล้อง |
| 2.ความคิด<br>สร้างสรรค์                        | ทุกครั้งจะมีความคิดริเริ่ม<br>สร้างสรรค์ในการทำงานที่<br>ได้รับมอบหมาย มีแนวคิด/<br>วิธีการแปลกใหม่ที่สามารถ<br>นำไปปฏิบัติได้ถูกต้อง | มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์<br>ในงานที่ได้รับมอบหมาย<br>เป็นส่วนใหญ่ มีแนวคิด/<br>วิธีการแปลกใหม่แต่ยังไม่<br>ปฏิบัติแล้วไม่สมบูรณ์                  | มีความคิดริเริ่ม<br>สร้างสรรค์ในงานที่ได้รับ<br>มอบหมายในบางครั้ง มี<br>แนวคิด/วิธีการแปลกใหม่<br>แต่ยังไม่ปฏิบัติแล้วไม่<br>สมบูรณ์    |
| 3.ตรงต่อเวลา                                   | งานที่ได้รับมอบหมาย<br>เสร็จตามเวลาที่กำหนด                                                                                           | งานที่ได้รับมอบหมาย<br>เสร็จตามเวลาแต่ช้ากว่าเวลา<br>ที่กำหนด                                                                                       | งานที่ได้รับมอบหมาย<br>ไม่เสร็จตามเวลาที่<br>กำหนด                                                                                      |
| 4.ภาษา                                         | ใช้ภาษาอย่างถูกต้อง<br>ประโยค สอดคล้องกับ<br>เนื้อหา สะกดคำถูกต้อง มี<br>การเว้นวรรค โดยไม่ฉีกคำ<br>มีการใช้ภาษา อย่าง<br>สร้างสรรค์  | ใช้ภาษาอย่างถูกต้อง<br>ประโยค สอดคล้องกับ<br>เนื้อหา แต่สะกดคำยังไม่<br>ถูกต้อง มีการใช้ภาษาอย่าง<br>สร้างสรรค์                                     | ใช้ภาษาอย่างถูกต้อง<br>ประโยคไม่สอดคล้องกับ<br>เนื้อหา สะกดคำไม่<br>ถูกต้อง ไม่มีการใช้ภาษา<br>อย่าง สร้างสรรค์                         |
| 5.ความพร้อม<br>ในการ<br>อภิปรายและ<br>ตอบคำถาม | แสดงความพร้อมในการ<br>อภิปรายและตอบคำถาม<br>ทุกครั้ง                                                                                  | แสดงความพร้อมในการ<br>อภิปรายและตอบคำถามเป็น<br>ส่วนใหญ่                                                                                            | แสดงความพร้อมในการ<br>อภิปรายและตอบคำถาม<br>ในบางครั้ง                                                                                  |

แบบประเมินการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนจากการสร้างชิ้นงาน

| กลุ่มที่ | พฤติกรรม / ระดับคะแนน    |   |   |                              |   |   |                          |   |   |                      |   |   |                                 |   |   |                 |
|----------|--------------------------|---|---|------------------------------|---|---|--------------------------|---|---|----------------------|---|---|---------------------------------|---|---|-----------------|
|          | ความสนใจตั้งใจในการเรียน |   |   | ความสนใจในการซักถาม/ตอบคำถาม |   |   | รับผิดชอบต่องานที่ได้รับ |   |   | ทำงานทันตามกำหนดเวลา |   |   | การมีส่วนร่วมในกิจกรรม/งานกลุ่ม |   |   | รวมคะแนน ( 15 ) |
|          | 3                        | 2 | 1 | 3                            | 2 | 1 | 3                        | 2 | 1 | 3                    | 2 | 1 | 3                               | 2 | 1 |                 |
| 1        |                          |   |   |                              |   |   |                          |   |   |                      |   |   |                                 |   |   |                 |
| 2        |                          |   |   |                              |   |   |                          |   |   |                      |   |   |                                 |   |   |                 |
| 3        |                          |   |   |                              |   |   |                          |   |   |                      |   |   |                                 |   |   |                 |
| 4        |                          |   |   |                              |   |   |                          |   |   |                      |   |   |                                 |   |   |                 |
| 5        |                          |   |   |                              |   |   |                          |   |   |                      |   |   |                                 |   |   |                 |

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

เกณฑ์การประเมินในการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ มีดังนี้

| ช่วงคะแนน | ระดับคุณภาพ |
|-----------|-------------|
| 13 - 15   | ดี          |
| 9 - 12    | พอใช้       |
| 5 - 8     | ปรับปรุง    |

เกณฑ์การผ่าน ร้อยละ 60 ( 9 คะแนน )

มีเกณฑ์ให้คะแนนจากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ คือ

- เกณฑ์การให้คะแนน 3 คะแนน เมื่อนักเรียนแสดงพฤติกรรมตามที่ต้องการเป็นประจำสม่ำเสมอ
- เกณฑ์การให้คะแนน 2 คะแนน เมื่อนักเรียนแสดงพฤติกรรมตามที่ต้องการค่อนข้างจะสม่ำเสมอ
- เกณฑ์การให้คะแนน 1 คะแนน เมื่อนักเรียนแสดงพฤติกรรมตามที่ต้องการน้อย



## เกณฑ์การประเมินการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนจากการสร้างชิ้นงาน

## Handmade Cotton Products with STEM

| รายการประเมิน                     | พฤติกรรม                                                                           |                                                                                       |                                                                                   |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
|                                   | ดีมาก(3)                                                                           | ดี(2)                                                                                 | ควรปรับปรุง(1)                                                                    |
| 1.ความสนใจตั้งใจในการเรียน        | มีความสนใจตั้งใจในการเรียนไม่คุยหรือเล่นกันในขณะเรียน                              | สนใจในการเรียนคุยกันเล็กน้อยและเล่นกันในขณะเรียน                                      | ไม่สนใจในการเรียนคุยและเล่นกันในขณะเรียน                                          |
| 2.ความสนใจในการซักถาม/ตอบคำถาม    | มีการถามในหัวข้อที่ตนไม่เข้าใจทุกเรื่องมีส่วนร่วมในการตอบคำถามของครูและกล้าแสดงออก | มีการถามในหัวข้อที่ตนไม่เข้าใจเป็นส่วนใหญ่มีส่วนร่วมในการตอบคำถามของครูและกล้าแสดงออก | ไม่ถามในหัวข้อที่ตนไม่เข้าใจไม่ให้ความร่วมมือในการตอบคำถามของครูและไม่กล้าแสดงออก |
| 3.รับผิดชอบต่องานที่ได้รับ        | มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับทำงานได้สำเร็จ                                       | มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับค่อนข้างน้อย แต่ทำงานได้สำเร็จ                          | ไม่มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับและทำงานไม่สำเร็จ                                |
| 4.ทำงานทันตามกำหนดเวลา            | ทำงานส่งตามเวลาที่กำหนดและถูกต้องชัดเจน                                            | ทำงานส่งตามเวลาที่กำหนดและส่วนใหญ่ถูกต้อง                                             | ส่งงานช้าและไม่ถูกต้อง                                                            |
| 5.การมีส่วนร่วมในกิจกรรม/งานกลุ่ม | สมาชิกทุกคนร่วมมือและช่วยเหลือเพื่อนในการทำกิจกรรม                                 | สมาชิก 1 - 2 คนไม่ให้ความร่วมมือและช่วยเหลือเพื่อนในการทำกิจกรรม                      | สมาชิกมากกว่า 2 คนไม่ให้ความร่วมมือและช่วยเหลือเพื่อนในการทำกิจกรรม               |

### ใบกิจกรรมที่ 3

#### Handmade Cotton Products with STEM

เรียบเรียงโดย นายยุทธนา ชัยเจริญ

#### จุดประสงค์กิจกรรม

1. เพื่อสร้างสรรค์และออกแบบชิ้นงานให้ตรงต่อความต้องการของผู้บริโภค เพื่อในชีวิตประจำวัน
2. อธิบายและเชื่อมโยงองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์กับการสร้างชิ้นงาน

#### สถานการณ์

“ชุมชนแห่งหนึ่งในตำบลหนองป่าครั่ง อำเภอเมืองเชียงใหม่ ได้จัดหลักสูตรฝึกอบรมการผลิตผ้าพันคอจากผ้าฝ้ายทอมือย้อมสีธรรมชาติ ไปวางจำหน่ายเป็นสินค้า OTOP ของชุมชน ในงานฤดูหนาวประจำปี 2560 ของจังหวัดเชียงใหม่ เพื่อเป็นการเสริมสร้างรายได้ให้แก่คนชุมชนและสร้างชื่อเสียงให้แก่ชุมชน

สมมติว่านักเรียนได้เข้ารับการอบรม นักเรียนจะมีแนวคิดในการผลิตผ้าพันคออย่างไร ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า ผ้าพันคอ 1 ผืน ต้องมีความกว้างเท่ากับ 10 เซนติเมตร ใช้กระดาดไม่เกิน 3 แผ่น (ไม่ให้ใช้อุปกรณ์อื่น) ตกแต่งลวดลายให้มีรูปทรงเรขาคณิตอยู่บนผ้าพันคออย่างน้อย 4 รูปทรง (ไม่ซ้ำกัน) และได้ผ้าพันคอจากผ้าฝ้ายทอมือย้อมสีธรรมชาติที่มีความยาวมากที่สุด”

คำชี้แจง ปฏิบัติกิจกรรมและบันทึกรายละเอียดการปฏิบัติ ตามประเด็นต่างๆต่อไปนี้

1. จากสถานการณ์ “ปัญหาและเงื่อนไข” คืออะไร

.....

.....

---

---

---

3. จากสถานการณ์ที่กำหนด นักเรียนเลือกวิธีการและรูปทรงใดบ้าง ในการสร้างชิ้นงานและออกแบบผ้าพันคอจากผ้าฝ้ายทอมือย้อมสีธรรมชาติ เพื่อให้สามารถผ่านเกณฑ์ที่กำหนด เพราะเหตุใด



4. ภาพร่างการออกแบบ “ชิ้นงาน Handmade Cotton Products with STEM ” พร้อมระบุวิธีการ รูปทรงเรขาคณิต และส่วนประกอบต่างๆที่ใช้ในการสร้าง ให้ละเอียดที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ (ให้ทุกกลุ่มนำภาพร่างที่ออกแบบแล้ว ไปปรับวัสดุอุปกรณ์ที่จะสร้างชิ้นงานได้)

| Age Group | Gender | Percentage (%) |
|-----------|--------|----------------|
| 18-29     | Male   | 85             |
|           | Female | 80             |
| 30-49     | Male   | 75             |
|           | Female | 70             |
| 50-69     | Male   | 65             |
|           | Female | 60             |

5. เมื่อนักเรียนสร้างชิ้นงานตามแบบร่างที่ออกแบบ กลุ่มของนักเรียนพบปัญหาที่เกิดขึ้นหรือไม่ นักเรียนแก้ปัญหานั้นอย่างไร

.....

.....

.....

#### ผลการทดสอบชิ้นงาน

| ผ่านเงื่อนไขที่กำหนด | ..... | ไม่ผ่านเงื่อนไขที่กำหนด | ..... |
|----------------------|-------|-------------------------|-------|
|----------------------|-------|-------------------------|-------|

#### \*\*กรณีที่ชิ้นงานไม่ผ่านเงื่อนไขที่กำหนด ให้บันทึกรายละเอียด

- \* กลุ่มของนักเรียนใช้กระดาษจำนวน.....แผ่น
- \* กลุ่มของนักเรียนใช้รูปทรงเรขาคณิต.....รูปทรง
- \* กลุ่มของนักเรียนวัดความยาวได้.....เซนติเมตร
- \* กลุ่มของนักเรียนวัดความกว้างได้.....เซนติเมตร

6. ภายหลังการทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงานที่กลุ่มสร้างขึ้น กลุ่มของนักเรียนมีแนวคิดในการปรับปรุง พัฒนา ให้ชิ้นงานของกลุ่ม มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้นหรือไม่ อย่างไร เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

### คำถามท้ายกิจกรรม

1. จากกิจกรรม นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากกิจกรรมนี้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

2. นักเรียนได้บูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ในเรื่องใดบ้าง ในการออกแบบและสร้าง “ชิ้นงาน Handmade Cotton Products with STEM ” สร้างคำอธิบายพร้อมให้เหตุผลประกอบให้ชัดเจนในรูปแบบของผังความคิด



ใบความรู้  
เรื่อง ผ้าพันคอเส้นใยธรรมชาติ

เรียบเรียงโดย นายยุทธนา ชัยเจริญ



ภาพที่ 1 และ 2 ตามลำดับ แสดงลวดลายบนผืนผ้า

(ที่มา: <http://www.manager.co.th/iBizchannel/viewNews.aspx?NewsID=9560000003100>)

ผ้าพันคอ เป็นของใช้ที่สามารถพกติดตัวไปได้ทุกที่ทุกโอกาสเพื่อกันแดด กันหนาว กันลม กันฝน ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของผ้าที่เป็นวัตถุดิบ เช่น ขนสัตว์ ไหม แพร ลินิน ฝ้าย ไนลอน และอื่นๆ เป็นต้น

ผ้าพันคอวัตถุดิบฝ้ายเส้นใยธรรมชาติ ผ้าพันคอที่ทำจากฝ้ายเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ที่นิยมใช้สินค้าจากวัฒนธรรมชาติ และสนับสนุนการผลิตสินค้าจากกลุ่มชาวบ้าน เนื่องจากปัจจุบันมีชาวบ้านหลายกลุ่มที่ผลิตผ้าพันคอเพื่อจำหน่ายมากขึ้น

ความแตกต่างระหว่างเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์

เสื้อผ้าที่เราสวมใส่ล้วนแล้วแต่ผลิตขึ้นมาจากเส้นใย ไม่ว่าจะเป็นจากเส้นใยธรรมชาติหรือเส้นใยสังเคราะห์ขึ้น ซึ่งจะทำให้ความแตกต่างทั้งด้านสี สัน ความสวยงาม และการเลือกสวมใส่เสื้อผ้าที่ทำให้



รู้สึกสบาย ดังนั้น การที่เราจะเลือกซื้อเสื้อผ้า เราควรที่จะต้องรู้ว่าเสื้อผ้าเหล่านั้นผลิตมาจากเส้นใยอะไร และมีความแตกต่างอย่างไร เพื่อที่เราจะได้เลือกซื้อได้อย่างถูกต้อง

### 1. เส้นใยที่ทำจากธรรมชาติ 100%



ภาพที่ 3 แสดงเส้นใยจากธรรมชาติ

(ที่มา: <http://www.smartprintfabric.co.th/natural-and-synthetic-fibers-difference/>)

(1) เส้นใยไหม (Silk) ได้มาจากโปรตีนของรังไหมแล้วนำมาปั่นเป็นเส้นด้าย หลังจากนั้นก็นำมาถักหรือทอ คุณสมบัติเด่นของเส้นใยไหม คือ มีความนุ่มมือ ไม่ยับง่าย ใส่แล้วรู้สึกสบาย

(2) เส้นใยลินิน (Linen) นำมาจากเส้นใยของต้น Flax แล้วนำมาปั่นให้เป็นเส้นด้าย ซึ่งเส้นใยลินินจะมีความแข็งแรง ทนทาน แต่จะค่อนข้างยับง่าย สามารถรีดได้ในอุณหภูมิที่มีความร้อนสูง จะทำให้ผ้ามีความมันเงาขึ้น

(3) เส้นใยฝ้าย (Cotton) ผลิตขึ้นจากการนำเส้นใยปุยฝ้ายมาปั่นจนเกิดเป็นเส้นด้าย แล้วจึงนำมาทอหรือถักขึ้นเป็นผืนผ้า คุณสมบัติเด่น คือ เนื้อผ้าจะมีความเบาบาง ใส่สบาย ทำให้คนนิยมนำมาใช้ตัดเป็นเสื้อผ้ากันอย่างแพร่หลาย

(4) เส้นใยขนสัตว์ (Wool) คือการนำขนสัตว์มาปั่นจนเกิดเป็นเส้นด้าย หรือถักเป็นผืนผ้า ขนสัตว์ที่นิยมนำมาทำจะเป็นการนำขนแกะมาทำ แต่จะค่อนข้างเหมาะกับภูมิอากาศประเทศแถบหนาวมากกว่า เพราะจะให้ความอบอุ่นมาก

## 2. เส้นใยสังเคราะห์จากสารเคมี



ภาพที่ 4 แสดงเส้นใยสังเคราะห์

(ที่มา: <http://www.smartprintfabric.co.th/natural-and-synthetic-fibers-difference/>)

- (1) สแปนเด็กซ์ (Spandex) ลักษณะผ้าจะมีความยืดหยุ่นสูง ส่วนใหญ่จึงมักจะนำมาตัดเป็นชุดชั้นใน เพื่อที่จะได้ทดแทนยางธรรมชาติที่มีอายุการใช้งานสั้น
- (2) ไนลอน (Nylon) ผ่านการผลิตจากกระบวนการรวมตัวของปิโตรเคมี จำพวกเบนซีน ฟีนอล แอมโมเนีย จึงทำให้มีความทนทานสูง รูปร่างของผ้าจะทรงตัวได้ดี แต่เวลาที่ใส่จะไม่ค่อยสบายตัวทำให้เสื้อผ้าที่ตัดจากไนลอนราคาไม่สูงเท่าไร
- (3) โพลีเอสเตอร์ (Polyester) การผลิตจะเหมือนกับไนลอน คือใช้กรรมวิธีทางเคมีพวกปิโตรเลียม เอทานอล แต่เส้นใยที่ได้จะคล้ายผ้าฝ้าย เส้นใยมีความยาวนาน งามัน แต่ผ้าจะเกิดขุยง่ายเมื่อใช้ไปนานๆ

### 3. เส้นใยกึ่งสังเคราะห์



ภาพที่ 5 แสดงเส้นใยกึ่งสังเคราะห์

(ที่มา: <http://www.smartprintfabric.co.th/natural-and-synthetic-fibers-difference/>)

เรยอน (Rayon) ผลิตมาจากเปลือกไม้ธรรมชาติ ผ่านกรรมวิธีทางเคมีมาเป็นเส้นด้าย ให้คุณสมบัติเหมือนผ้าฝ้าย มีความนุ่ม มันเงา ระบายความร้อนได้ดี ส่วนใหญ่จะนิยมนำมาใช้ทดแทนผ้าฝ้ายเพราะราคา ถูกกว่า

จะเห็นได้ว่าเส้นใยมีอยู่หลายประเภทแตกต่างกันแต่ที่คุณสมบัติและความเหมาะสมของการใช้งาน ดังนั้นก่อนที่จะเลือกซื้อเสื้อผ้าต้องสอบถามให้ดีกว่าเป็นเส้นใยที่ทำมาจากอะไร ส่วนถ้าจะเลือกผ้าเพื่อมาพิมพ์ลายด้วยระบบดิจิตอล Sublimation จะต้องเป็นเส้นใยจากวัสดุประเภทโพลีเอสเตอร์เท่านั้น เนื่องจากหมึกพิมพ์จะเกาะกับเส้นใยสังเคราะห์ประเภทนี้เท่านั้น หรือเป็นเส้นใยที่มีส่วนผสมของเส้นใยโพลีเอสเตอร์ก็ได้ จะได้ความนุ่มสบายและพิมพ์ได้ด้วย

#### อ้างอิง

1. ความแตกต่างและประเภทของเส้นใยที่นารู้. (ออนไลน์). แหล่งที่มา :

<http://www.smartprintfabric.co.th/natural-and-synthetic-fibers-difference/>. 18 พฤศจิกายน 2560

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คำชี้แจง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

1. ข้อใด คือ สารเคมีที่มีการเติมลงไปเพื่อทำความสะอาดด้ายฝ้าย

ก. โซดาไฟ และ สบู่ลักซ์

ข. โซดาไฟ และ สบู่ลอย

ค. โซดาแอช และ สบู่ลอย

ง. โซดาแอช และ สบู่ลักซ์

2. ข้อใดกล่าว ถูกต้อง เกี่ยวกับการทำความสะอาดด้ายฝ้าย

ก. เวลาที่ใช้ในการทำความสะอาด ประมาณ 1 ชั่วโมง

ข. สารละลายหลังการต้มทำความสะอาดได้สารละลายสีเหลือง

ค. สารเคมีที่จากคำตอบในข้อที่ 2 คำตอบหลัง เติมน้ำเข้าไป เพื่อการกำจัดไขมัน

ง. ถูกทุกข้อที่กล่าวมา

3. ข้อใดกล่าว ถูกต้อง เกี่ยวกับการย้อมสีด้ายฝ้ายจากแก่นไม้ฝาง

ก. สารช่วยติด เป็นสารเคมีที่ช่วยให้ติดระหว่างสีย้อม(ได้จากพืช) ให้ติดกับด้ายฝ้ายได้ดีขึ้น

ข. สารละลายที่ได้จากการแช่แก่นฝางเป็นสารละลายสีเขียว

ค. ก่อนทำการทดลองที่จะย้อมสี ต้องมีการแช่พืชอย่างน้อย 5 นาทีเป็นอย่างต่ำ

ง. ถูกทุกข้อที่กล่าวมา

4. ข้อใดไม่ใช่ อักษรย่อของคำว่า STEM คือ

ก. วิทยาศาสตร์

ข. เทคโนโลยี

ค. ภาษาอังกฤษ

ง. คณิตศาสตร์

5. จากขั้นตอนการย้อมสีด้ายฝ้ายดังต่อไปนี้

1. การเตรียมน้ำย้อม

2. ซักด้วยมือและตากลมจนแห้ง

3. การย้อมด้ายฝ้าย

4. การทำความสะอาดด้ายฝ้าย

5. การเตรียมสารช่วยติด

จงเรียงลำดับขั้นตอนการย้อมสารช่วยติดพร้อมการย้อมสีด้ายฝ้ายจากธรรมชาติ

ก. 3 1 5 4 2

ข. 4 1 5 3 2

ค. 4 3 1 5 2

ง. 3 5 1 4 2

สถานการณ์ต่อไปนี้นำใช้ตอบคำถามข้อ 6 - 9



สถานการณ์ : สถานีวิจัยสระแกราช อ.วังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา เป็นแหล่งอนุรักษ์พันธุ์พืชและเป็นแหล่งเพาะพันธุ์พืชโดยเฉพาะไม้ย้อมสี จะพบไม้ที่สามารถย้อมสีได้ในป่า 2 ประเภท ได้แก่ ป่าดิบแล้งและป่าเบญจพรรณ วันหนึ่ง ขณะที่นายโก้ ออกเดินทางสำรวจพืชในป่าของสถาบันวิจัยสระแกราช เขาสังเกตเห็นต้นไม้แต่ละต้นมีเนื้อและเปลือกไม้ที่ให้สีแตกต่างกัน นายโก้สนใจสีของเนื้อและเปลือกไม้ที่สังเกตเห็น เขาจึงได้เก็บตัวอย่างเนื้อและเปลือกไม้กลับไปยังสถาบัน

6. จากสถานการณ์ดังกล่าว นักเรียนคิดว่าปัญหาของนายโก้ คือข้อใด

- |                          |                            |
|--------------------------|----------------------------|
| ก. สำรวจพืชที่มีสี       | ข. สำรวจพืชรักษาโรค        |
| ค. สำรวจส่วนประกอบของพืช | ง. สำรวจพืชนำไปประกอบอาหาร |

7. จากสถานการณ์ดังกล่าว นักเรียนคิดว่านายโก้ ควรเลือกใช้อุปกรณ์ใดบ้างในการแก้ไขปัญหา

- |                       |                    |
|-----------------------|--------------------|
| ก. กรรไกร ผ้าเช็ดหน้า | ข. มีด ตะกร้า      |
| ค. กรรไกร ตะกร้า      | ง. มีด ผ้าเช็ดหน้า |

8. นักเรียนคิดว่า นายโก้ จะมีวิธีออกแบบการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าวอย่างไร

- |                               |                                   |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| ก. นำพืชที่ได้มาตากแดดทิ้งไว้ | ข. นำพืชที่ได้มาเตรียมประกอบอาหาร |
| ค. นำพืชที่ได้มาต้มกับน้ำ     | ง. นำพืชที่ได้ไปล้างทำความสะอาด   |

9. นักเรียนคิดว่านายโก้ จะมีวิธีทดสอบวิธีใดในการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าว

- |                        |                            |
|------------------------|----------------------------|
| ก. ตรวจสอบสรรพคุณทางยา | ข. ตรวจสอบส่วนประกอบของพืช |
| ค. ทดสอบรสชาติอาหาร    | ง. สังเกตสีของน้ำต้มพืช    |

สถานการณ์ต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 10 - 13

สถานการณ์ : เด็กหญิงอังศุมาริน ศึกษาฟาง ชื่อวิทยาศาสตร์ *Caesalpinia Sappan L.* เธอได้ทำการเก็บตัวอย่างส่วนประกอบของฟาง ได้แก่ ใบฟาง ดอกฟาง ผลฟางสด และแก่นฟาง พบว่าส่วนประกอบทั้ง 4 ส่วน เมื่อนำมาต้มกับน้ำ น้ำที่ได้จากการต้มพืชเกิดการเปลี่ยนสีและให้เจดสีที่แตกต่างกัน เธอจึงทดลองนำพืชมาใช้ย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยน้ำย้อมจากธรรมชาติ แต่เธอสังเกตได้ว่าพืชบางชนิดเมื่อย้อมเสร็จแล้ว สีไม่ติดเส้นด้าย เด็กหญิงอังศุมารินจึงไปศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมในการย้อมสีด้ายฝ้ายให้เส้นด้ายฝ้ายเกิดสีถาวรเมื่อนำมาถักทอเป็นผืนผ้าและพบว่าด้ายฝ้ายติดสีได้จากสารเคมี (สารช่วยติด)

10. จากสถานการณ์ดังกล่าว นักเรียนคิดว่าปัญหาของเด็กหญิงอังศุมารินคือข้อใด

- |                                             |                                 |
|---------------------------------------------|---------------------------------|
| ก. วิธีการต้มพืชมาย้อมสีด้ายฝ้าย            | ข. การติดสีของพืชบนเส้นด้ายฝ้าย |
| ค. การเลือกส่วนประกอบของพืชมาย้อมสีด้ายฝ้าย | ง. การเลือกพืชมาทำเส้นด้ายฝ้าย  |

11. จากสถานการณ์ดังกล่าว นักเรียนคิดว่าเด็กหญิงอังศุมาริน ควรเลือกใช้อุปกรณ์ใดบ้างในการแก้ไขปัญหานี้

- |                                  |                                          |
|----------------------------------|------------------------------------------|
| ก. พืช สารเคมี(ช่วยติด) ด้ายฝ้าย | ข. สีสผสมอาหาร สารเคมี(ช่วยติด) ด้ายฝ้าย |
| ค. พืช ผงซักฟอก ด้ายฝ้าย         | ง. สีสผสมอาหาร ผงซักฟอก ด้ายฝ้าย         |

12. นักเรียนคิดว่า เด็กหญิงอังศุมาริน จะออกแบบการแก้ไขปัญหานี้จากสถานการณ์ดังกล่าวด้วยวิธีใด

- |                                            |                                               |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| ก. นำเสื้อสีดำไปต้มกับน้ำย้อมที่ได้สารเคมี | ข. นำเส้นด้ายฝ้ายไปต้มกับน้ำย้อมที่ได้สารเคมี |
| ค. นำพืชไปต้มกับน้ำเปล่า                   | ง. นำเส้นด้ายฝ้ายไปถักทอเป็นผืนผ้า            |

13. นักเรียนคิดว่า เด็กหญิงอังศุมารินจะมีวิธีการทดสอบวิธีใดในการแก้ไขปัญหานี้จากสถานการณ์ดังกล่าว

- |                                            |                                   |
|--------------------------------------------|-----------------------------------|
| ก. ทดลองใช้ผ้าที่ได้จากการทอ               | ข. นำน้ำย้อมไปผ่านกระบวนการแปรรูป |
| ค. สังเกตสีเส้นด้ายฝ้ายที่ย้อมสีจนแห้งแล้ว | ง. สังเกตสีที่ได้จากการต้มพืช     |



สถานการณ์ต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 14 - 17

สถานการณ์ : ฝ้ายจัดเป็นไม้ต้นขนาดเล็กหรือไม้พุ่มขนาดกลาง การเก็บฝ้ายนิยมเก็บด้วยมือ โดยเลือกผลฝ้ายที่แก่และแตกแล้ว จากนั้นดึงเส้นใย(ส่วนของ epidermal cell) ออกจากสมอ ส่วนของเส้นใยจะถูกนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ชุมชนบ้านบวกรกน้อยมีการปลูกต้นฝ้ายเป็นจำนวนมาก ผู้ใหญ่ลี ผู้ใหญ่บ้านบ้านบวกรกน้อย จึงได้นำเส้นใยจากผลฝ้ายไปแปรรูปเป็นเส้นด้ายฝ้าย แต่เขาอยากที่จะวางจำหน่ายให้เส้นด้ายฝ้ายเป็นสินค้า OTOP ของชุมชน แต่เส้นด้ายฝ้ายยังไม่ได้ได้รับความสนใจจากผู้คนส่วนมาก เขาพยายามคิดว่าจะแปรรูปเส้นด้ายฝ้ายเป็นผลิตภัณฑ์ที่ถักทอออกมาเป็นผืนผ้า เขาจึงไปปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญในการทอผ้า เพื่อที่จะสร้างผืนผ้าที่เป็นเอกลักษณ์ของชุมชนและ

14. จากสถานการณ์ดังกล่าว นักเรียนคิดว่าปัญหาของผู้ใหญ่ลีคือข้อใด

- |                                  |                                 |
|----------------------------------|---------------------------------|
| ก. เส้นด้ายฝ้ายไม่ได้รับความสนใจ | ข. การนำเส้นใยจากผลฝ้ายไปแปรรูป |
| ค. การสร้างเอกลักษณ์ให้กับผ้าทอ  | ง. การเลือกเส้นด้ายฝ้ายมาทอผ้า  |

15. จากสถานการณ์ดังกล่าว นักเรียนคิดว่าผู้ใหญ่ลีควรเลือกใช้วัสดุใดบ้างในการแก้ไขปัญห

- |                                         |                                   |
|-----------------------------------------|-----------------------------------|
| ก. เส้นด้ายฝ้าย ลวดลายผ้า เครื่องทอผ้า  | ข. ผลฝ้าย เส้นใยฝ้าย ลวดลายผ้า    |
| ค. เส้นด้ายฝ้าย เครื่องทอผ้า เส้นใยฝ้าย | ง. ผลฝ้าย เครื่องทอผ้า เส้นใยฝ้าย |

16. นักเรียนคิดว่า ผู้ใหญ่ลีจะออกแบบการแก้ไขปัญหจากสถานการณ์ดังกล่าวด้วยวิธีใด

- |                                                |                                 |
|------------------------------------------------|---------------------------------|
| ก. ศึกษากระบวนการแปรรูปเส้นใยฝ้าย              | ข. นำเส้นด้ายฝ้ายไปทอเป็นผืนผ้า |
| ค. สร้างเอกลักษณ์ให้กับผ้าแล้วนำไปถักทอเป็นผืน | ง. จำหน่ายผ้าทอเป็นสินค้า OTOP  |

17. นักเรียนคิดว่า ผู้ใหญ่ลีจะมีวิธีการทดสอบวิธีใดในการแก้ไขปัญหจากสถานการณ์ดังกล่าว

- |                                             |                                   |
|---------------------------------------------|-----------------------------------|
| ก. ทดสอบคุณภาพผ้าทอ                         | ข. ทดสอบคุณภาพเส้นด้ายฝ้าย        |
| ค. สังเกตจำนวนการสั่งซื้อผ้าทอในแต่ละลวดลาย | ง. สังเกตลวดลายที่เกิดขึ้นบนผ้าทอ |

สถานการณ์ต่อไปนี้นำคำตอบคำถามข้อ 18 – 20

สถานการณ์ : ในงานฤดูหนาวประจำปี 2560 ของจังหวัดเชียงใหม่ เปิดโอกาสให้ผู้คนเข้ามาจับจองพื้นที่เพื่อขายของและเป็นการเสริมสร้างรายได้ในงานฤดูหนาวประจำปี 2560 ของจังหวัดเชียงใหม่ หัวหน้ากลุ่มซ่อมผ้าบ้านบวกครกน้อยต้องการผลิตสินค้า OTOP ที่จะนำมาขายในงานฤดูหนาว สำหรับมุ่งหวังในงานฤดูหนาวนี้ เพื่อสร้างรายได้ให้กับชุมชนให้ได้มากที่สุด โดยการผลิตจากผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมสีธรรมชาติมาแล้ว

18. จากสถานการณ์ดังกล่าว นักเรียนคิดว่าปัญหาของหัวหน้ากลุ่มซ่อมผ้าบ้านบวกครกน้อยคืออะไร

- ก. การให้ความร่วมมือในงานฤดูหนาว
- ข. การจับจ่ายซื้อของในงานฤดูหนาว
- ค. การสอนซ่อมผ้าในงานฤดูหนาว
- ง. การเลือกผลิตสินค้าสำหรับขายในงานฤดูหนาว

19. นักเรียนคิดว่า หัวหน้ากลุ่มซ่อมผ้าบ้านบวกครกน้อยจะออกแบบการแก้ไขปัญหามาจากสถานการณ์ดังกล่าวด้วยวิธีใด

- ก. สร้างความสนใจให้ผู้คนมาร่วมงาน
- ข. ศึกษาขั้นตอนในการซ่อมผ้า
- ค. ศึกษาสินค้าที่ผู้บริโภคใช้ในงานฤดูหนาว
- ง. การเปิดรับบริจาคสิ่งของในงานฤดูหนาว

20. นักเรียนคิดว่า หัวหน้ากลุ่มซ่อมผ้าบ้านบวกครกน้อยจะมีวิธีการทดสอบวิธีใดในการแก้ไขปัญหามาจากสถานการณ์ดังกล่าว

- ก. สร้างแบบสอบถาม
- ข. จำนวนรายได้ของสินค้าที่ขายในงานฤดูหนาว
- ค. ปริมาณของที่ได้จากการบริจาค
- ง. นับจำนวนผู้มาร่วมงาน

## ภาคผนวก ง

## การทดสอบสีและความคงทนของสี

## ง1. การวัดสีของสภาวะโดยการย้อมด้วย ขมิ้นชัน + สารส้ม+ ย้อมหลัง

| การวัดครั้งที่ | L*    | a*    | b*    | dL*    | da*  | db*   | dE*   |
|----------------|-------|-------|-------|--------|------|-------|-------|
| อ้างอิง        | 52.53 | 1.25  | 7.55  |        |      |       |       |
| เส้นด้าย       |       |       |       |        |      |       |       |
| 1              | 42.67 | 10.55 | 36.69 | -0.99  | 9.30 | 29.14 | 32.14 |
| 2              | 41.40 | 10.13 | 35.39 | -10.42 | 9.05 | 28.39 | 31.57 |
| 3              | 40.84 | 10.01 | 34.69 | -11.68 | 8.76 | 27.14 | 30.82 |
| 4              | 41.84 | 10.04 | 35.69 | -10.63 | 8.79 | 28.19 | 31.38 |
| 5              | 41.09 | 10.15 | 33.40 | -11.43 | 8.90 | 26.35 | 30.07 |
| ค่าเฉลี่ย      | 41.57 | 10.18 | 35.17 |        |      |       |       |
| SD             | 0.72  | 0.22  | 1.22  |        |      |       |       |
| %RSD           | 1.73  | 2.13  | 3.48  |        |      |       |       |
| ทอเป็นผืนผ้า   |       |       |       |        |      |       |       |
| 1              | 46.61 | 6.57  | 36.11 | -5.92  | 5.32 | 28.56 | 29.65 |
| 2              | 46.58 | 6.47  | 37.55 | -5.95  | 5.22 | 30.00 | 30.62 |
| 3              | 47.28 | 6.47  | 37.55 | -5.25  | 5.22 | 30.00 | 30.90 |
| 4              | 46.65 | 6.57  | 36.41 | -5.88  | 5.32 | 28.86 | 29.93 |
| 5              | 46.61 | 6.57  | 36.11 | -5.92  | 5.32 | 28.56 | 29.65 |
| ค่าเฉลี่ย      | 46.75 | 6.53  | 36.75 |        |      |       |       |
| SD             | 0.30  | 0.05  | 0.74  |        |      |       |       |
| %RSD           | 0.64  | 0.84  | 2.02  |        |      |       |       |



F-017E Rev.17, 1 มิ.ย. 57, 1/1



**THTI**  
THAILAND TEXTILE INSTITUTE  
สถาบันอุตสาหกรรมสิ่งทอ

**Foundation for Industrial Development**  
**Thailand Textile Institute / Textile Testing Center**  
Soi Trimit, Rama 4 Road, Phra Kanong, Klong-toey, Bangkok 10110, THAILAND.  
Tel: (66) 2713 5492-9 Fax: (66) 2712 4527 www.thaitextile.org

### TEST REPORT

REPORT NUMBER : R 0101/61

APPLICATION FORM No. : -

ISSUE DATE : 19/03/18

PAGE : 2/2

|                                                                                                              | R 0101-1/61 | CLIENT'S REQUIREMENT |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------|
| <b>COLOR FASTNESS TO WASHING : AATCC TM 61 : 2013 METHOD 1A (40°C, 10 STAINLESS STEEL BALLS, 45 MINUTES)</b> |             |                      |
| COLOR CHANGE (RATING)                                                                                        | 2.5         | -                    |
| COLOR STAINING (RATING)                                                                                      |             | -                    |
| - ACETATE                                                                                                    | 4.5         |                      |
| - COTTON                                                                                                     | 3.5         |                      |
| - NYLON                                                                                                      | 4.0         |                      |
| - POLYESTER                                                                                                  | 4.5         |                      |
| - ACRYLIC                                                                                                    | 4.5         |                      |
| - WOOL                                                                                                       | 4.5         |                      |

REMARK(S): - WASH LIQUOR (200 ml) : 1993 AATCC STANDARD REFERENCE DETERGENT WOB 0.37%

|  |          |   |   |                                      |
|--|----------|---|---|--------------------------------------|
|  | - RATING | 5 | = | NO COLOR CHANGE / STAINING           |
|  |          | 4 | = | SLIGHTLY COLOR CHANGE / STAINING     |
|  |          | 3 | = | NOTICEABLE COLOR CHANGE / STAINING   |
|  |          | 2 | = | CONSIDERABLE COLOR CHANGE / STAINING |
|  |          | 1 | = | EXCESSIVE COLOR CHANGE / STAINING    |

| <b>COLOR FASTNESS TO CROCKING: AATCC TM 8: 2016</b> |     |   |
|-----------------------------------------------------|-----|---|
| DRY STAINING (RATING)                               | 4.0 | - |
| WET STAINING (RATING)                               | 3.0 | - |

REMARK(S): GRAY SCALE FOR COLOR STAINING WAS USED FOR THE COLOR STAINING EVALUATION.

ภาพแสดงของสถานะโดยการย้อมด้วย ขมิ้นชัน + สารส้ม + ย้อมหลังและการทดสอบความคงทน  
ของสี

ง2. การวัดสีการวัดสีของสภาวะโดยการย้อมด้วย ขมิ้นชัน +คอปเปอร์ซัลเฟต+ ย้อมก่อน

| การวัดครั้งที่ | L*    | a*   | b*    | dL*    | da*  | db*   | dE*   |
|----------------|-------|------|-------|--------|------|-------|-------|
| อ้างอิง        | 52.53 | 1.25 | 7.55  |        |      |       |       |
| เส้นด้าย       |       |      |       |        |      |       |       |
| 1              | 42.41 | 7.56 | 33.45 | -10.11 | 6.31 | 25.90 | 28.51 |
| 2              | 42.82 | 6.64 | 33.6  | -9.71  | 5.39 | 26.05 | 28.32 |
| 3              | 42.52 | 7.36 | 33.43 | -10.00 | 6.11 | 25.88 | 28.41 |
| 4              | 43.23 | 7.06 | 33.96 | -9.30  | 5.82 | 26.41 | 28.60 |
| 5              | 41.65 | 7.62 | 32.83 | -10.88 | 6.37 | 25.28 | 28.25 |
| ค่าเฉลี่ย      | 42.53 | 7.25 | 33.45 |        |      |       |       |
| SD             | 0.58  | 0.40 | 0.41  |        |      |       |       |
| %RSD           | 1.37  | 5.58 | 1.22  |        |      |       |       |
| ทอเป็นผืนผ้า   |       |      |       |        |      |       |       |
| 1              | 38.63 | 5.9  | 25.39 | -13.89 | 4.65 | 17.84 | 23.09 |
| 2              | 38.53 | 5.98 | 25.21 | -13.99 | 4.73 | 17.65 | 23.02 |
| 3              | 39.01 | 5.85 | 26.58 | -13.52 | 4.60 | 13.02 | 22.99 |
| 4              | 38.46 | 5.99 | 25.19 | 14.07  | 4.74 | 17.64 | 23.05 |
| 5              | 38.24 | 5.98 | 24.19 | -14.29 | 4.78 | 17.13 | 22.80 |
| ค่าเฉลี่ย      | 38.57 | 5.94 | 25.31 |        |      |       |       |
| SD             | 0.28  | 0.06 | 0.85  |        |      |       |       |
| %RSD           | 0.73  | 1.04 | 3.36  |        |      |       |       |



F-011E Rev.17, 1 (4.B.57, 1/1)

**THTI**  
THAILAND TEXTILE INSTITUTE  
สถาบันสิ่งทอไทย

**Foundation for Industrial Development  
Thailand Textile Institute / Textile Testing Center**  
Sri Trimit, Rama 4 Road, Phrakonong, Klong-toey, Bangkok 10110, THAILAND.  
Tel: (66) 2713 5492-9 Fax: (66) 2712 4527 www.thaitextile.org

### TEST REPORT

REPORT NUMBER : R 0102/61  
APPLICATION FORM No. : -  
ISSUE DATE : 19/03/18  
PAGE : 2/2

|                                                                                                              | R 0102-1/61 | CLIENT'S REQUIREMENT |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------|
| <b>COLOR FASTNESS TO WASHING : AATCC TM 61 : 2013 METHOD 1A (40°C, 10 STAINLESS STEEL BALLS, 45 MINUTES)</b> |             |                      |
| COLOR CHANGE (RATING)                                                                                        | 3.5         | -                    |
| COLOR STAINING (RATING)                                                                                      |             | -                    |
| - ACETATE                                                                                                    | 4.5         |                      |
| - COTTON                                                                                                     | 3.5         |                      |
| - NYLON                                                                                                      | 4.0         |                      |
| - POLYESTER                                                                                                  | 4.5         |                      |
| - ACRYLIC                                                                                                    | 4.5         |                      |
| - WOOL                                                                                                       | 4.5         |                      |

REMARK(S): - WASH LIQUOR (200 ml) : 1993 AATCC STANDARD REFERENCE DETERGENT WOB 0.37%

|          |   |   |                                      |
|----------|---|---|--------------------------------------|
| - RATING | 5 | = | NO COLOR CHANGE / STAINING           |
|          | 4 | = | SLIGHTLY COLOR CHANGE / STAINING     |
|          | 3 | = | NOTICEABLE COLOR CHANGE / STAINING   |
|          | 2 | = | CONSIDERABLE COLOR CHANGE / STAINING |
|          | 1 | = | EXCESSIVE COLOR CHANGE / STAINING    |

| <b>COLOR FASTNESS TO CROCKING: AATCC TM 8: 2016</b> |     |   |
|-----------------------------------------------------|-----|---|
| DRY STAINING (RATING)                               | 4.0 | - |
| WET STAINING (RATING)                               | 3.0 | - |

REMARK(S): GRAY SCALE FOR COLOR STAINING WAS USED FOR THE COLOR STAINING EVALUATION.

\*\*\*\*\*

ภาพ แสดงของสถานะโดยการย้อมด้วย ขมิ้นชัน + คอปเปอร์ซัลเฟต+ ย้อมก่อน  
และการทดสอบความคงทนของสี



ง3. การวัดสีของสภาวะโดยการย้อมด้วย ขมิ้นชัน + แคลเซียมคลอไรด์ + ย้อมพร้อม

| การวัดครั้งที่ | L*    | a*     | b*    | dL*   | da*   | db*   | dE*   |
|----------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| อ้างอิง        | 52.53 | 1.25   | 7.55  |       |       |       |       |
| เส้นด้าย       |       |        |       |       |       |       |       |
| 1              | 45.10 | -0.75  | 31.05 | -7.43 | -2.00 | 23.50 | 24.73 |
| 2              | 44.08 | -0.56  | 29.73 | -8.44 | -1.81 | 22.17 | 23.80 |
| 3              | 44.36 | -0.45  | 30.29 | -8.17 | -1.70 | 22.73 | 24.21 |
| 4              | 43.81 | -0.33  | 30.20 | -8.71 | -1.58 | 22.65 | 24.32 |
| 5              | 43.92 | -0.69  | 30.37 | -8.60 | -1.94 | 22.82 | 24.46 |
| ค่าเฉลี่ย      | 44.25 | -0.56  | 30.33 |       |       |       |       |
| SD             | 0.52  | 0.17   | 0.47  |       |       |       |       |
| %RSD           | 1.17  | -30.88 | 1.56  |       |       |       |       |
| ทอเป็นผืนผ้า   |       |        |       |       |       |       |       |
| 1              | 43.36 | 0.46   | 26.05 | -9.17 | -0.79 | 18.49 | 20.66 |
| 2              | 42.96 | 0.56   | 26.11 | -9.61 | -6.90 | 18.56 | 20.91 |
| 3              | 42.97 | 0.5    | 26    | -9.56 | -0.75 | 18.45 | 20.79 |
| 4              | 43.64 | 0.21   | 26.21 | -8.89 | -1.04 | 18.66 | 20.70 |
| 5              | 42.78 | 0.55   | 25.53 | -9.74 | -0.70 | 17.77 | 20.28 |
| ค่าเฉลี่ย      | 43.14 | 0.46   | 25.98 |       |       |       |       |
| SD             | 0.35  | 0.14   | 0.26  |       |       |       |       |
| %RSD           | 0.81  | 31.42  | 1.01  |       |       |       |       |



**THTI**  
THAILAND TEXTILE INSTITUTE  
มูลนิธิส่งเสริมอุตสาหกรรม

Foundation for Industrial Development  
Thailand Textile Institute / Textile Testing Center  
Sri Trimit, Rama 4 Road, Phrakong, Klong-toey, Bangkok 10110, THAILAND.  
Tel: (66) 2713 5492-9 Fax: (66) 2712 4527 www.thaitextile.org

**TEST REPORT**

REPORT NUMBER : R 0103/61  
APPLICATION FORM No. : -  
ISSUE DATE : 19/03/18  
PAGE : 2/2

| R 0103-1/61                                                                                           |     | CLIENT'S REQUIREMENT |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----------------------|
| COLOR FASTNESS TO WASHING : AATCC TM 61 : 2013 METHOD 1A (40°C, 10 STAINLESS STEEL BALLS, 45 MINUTES) |     |                      |
| COLOR CHANGE (RATING)                                                                                 | 3.0 | -                    |
| COLOR STAINING (RATING)                                                                               | -   | -                    |
| - ACETATE                                                                                             | 4.5 |                      |
| - COTTON                                                                                              | 4.0 |                      |
| - NYLON                                                                                               | 4.5 |                      |
| - POLYESTER                                                                                           | 4.5 |                      |
| - ACRYLIC                                                                                             | 4.5 |                      |
| - WOOL                                                                                                | 4.5 |                      |

REMARK(S): - WASH LIQUOR (200 ml) : 1993 AATCC STANDARD REFERENCE DETERGENT WOB 0.37%

- RATING 5 = NO COLOR CHANGE / STAINING  
4 = SLIGHTLY COLOR CHANGE / STAINING  
3 = NOTICEABLE COLOR CHANGE / STAINING  
2 = CONSIDERABLE COLOR CHANGE / STAINING  
1 = EXCESSIVE COLOR CHANGE / STAINING

| COLOR FASTNESS TO CROCKING: AATCC TM 8: 2016 |     |   |
|----------------------------------------------|-----|---|
| DRY STAINING (RATING)                        | 4.5 | - |
| WET STAINING (RATING)                        | 3.5 | - |

REMARK(S): GRAY SCALE FOR COLOR STAINING WAS USED FOR THE COLOR STAINING EVALUATION.

ภาพ แสดงของสถานะโดยการย้อมด้วย ขมิ้นชัน + แคลเซียมคลอไรด์ + ย้อมพร้อม  
และการทดสอบความคงทนของสี

ง4. การวัดสีของสภาวะโดยการย้อมด้วย แก่นฝาง + สารส้ม + ย้อมก่อน

| การวัดครั้งที่ | L*    | a*     | b*    | dL*   | da*   | db*   | dE*   |
|----------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| อ้างอิง        | 52.53 | 1.25   | 7.55  |       |       |       |       |
| เส้นด้าย       |       |        |       |       |       |       |       |
| 1              | 45.10 | -0.75  | 31.05 | -7.43 | -2.00 | 23.50 | 24.73 |
| 2              | 44.08 | -0.56  | 29.73 | -8.44 | -1.81 | 22.17 | 23.80 |
| 3              | 44.36 | -0.45  | 30.29 | -8.17 | -1.70 | 22.73 | 24.21 |
| 4              | 43.81 | -0.33  | 30.20 | -8.71 | -1.58 | 22.65 | 24.32 |
| 5              | 43.92 | -0.69  | 30.37 | -8.60 | -1.94 | 22.82 | 24.46 |
| ค่าเฉลี่ย      | 44.25 | -0.56  | 30.33 |       |       |       |       |
| SD             | 0.52  | 0.17   | 0.47  |       |       |       |       |
| %RSD           | 1.17  | -30.88 | 1.56  |       |       |       |       |
| ทอเป็นผืนผ้า   |       |        |       |       |       |       |       |
| 1              | 43.36 | 0.46   | 26.05 | -9.17 | -0.79 | 18.49 | 20.66 |
| 2              | 42.96 | 0.56   | 26.11 | -9.61 | -6.90 | 18.56 | 20.91 |
| 3              | 42.97 | 0.5    | 26    | -9.56 | -0.75 | 18.45 | 20.79 |
| 4              | 43.64 | 0.21   | 26.21 | -8.89 | -1.04 | 18.66 | 20.70 |
| 5              | 42.78 | 0.55   | 25.53 | -9.74 | -0.70 | 17.77 | 20.28 |
| ค่าเฉลี่ย      | 43.14 | 0.46   | 25.98 |       |       |       |       |
| SD             | 0.35  | 0.14   | 0.26  |       |       |       |       |
| %RSD           | 0.81  | 31.42  | 1.01  |       |       |       |       |



**THTI**  
THAILAND TEXTILE INSTITUTE  
มูลนิธิส่งเสริมอุตสาหกรรม

Foundation for Industrial Development  
Thailand Textile Institute / Textile Testing Center  
Sri Trimit, Rama 4 Road, Phrakhanong, Klong-toey, Bangkok 10110, THAILAND.  
Tel: (66) 2713 5492-9 Fax: (66) 2712 4527 www.thaitextile.org

**TEST REPORT**

REPORT NUMBER : R 0104/61  
APPLICATION FORM No. : -  
ISSUE DATE : 19/03/18  
PAGE : 2/2

|                                                                                                       | R 0104-1/61 | CLIENT'S REQUIREMENT |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------|
| COLOR FASTNESS TO WASHING : AATCC TM 61 : 2013 METHOD 1A (40°C, 10 STAINLESS STEEL BALLS, 45 MINUTES) |             |                      |
| COLOR CHANGE (RATING)                                                                                 | 1.5         | -                    |
| COLOR STAINING (RATING)                                                                               |             | -                    |
| - ACETATE                                                                                             | 4.5         |                      |
| - COTTON                                                                                              | 4.5         |                      |
| - NYLON                                                                                               | 4.5         |                      |
| - POLYESTER                                                                                           | 4.5         |                      |
| - ACRYLIC                                                                                             | 4.5         |                      |
| - WOOL                                                                                                | 4.5         |                      |

REMARK(S): - WASH LIQUOR (200 ml) : 1993 AATCC STANDARD REFERENCE DETERGENT WOB 0.37%

- RATING 5 = NO COLOR CHANGE / STAINING  
4 = SLIGHTLY COLOR CHANGE / STAINING  
3 = NOTICEABLE COLOR CHANGE / STAINING  
2 = CONSIDERABLE COLOR CHANGE / STAINING  
1 = EXCESSIVE COLOR CHANGE / STAINING

| COLOR FASTNESS TO CROCKING: AATCC TM 8: 2016 |     |   |
|----------------------------------------------|-----|---|
| DRY STAINING (RATING)                        | 4.5 | - |
| WET STAINING (RATING)                        | 4.0 | - |

REMARK(S): GRAY SCALE FOR COLOR STAINING WAS USED FOR THE COLOR STAINING EVALUATION.

ภาพ แสดงของสภาวะโดยการย้อมด้วย แก่นฝาง + สารส้ม + ย้อมก่อน  
และการทดสอบความคงทนของสี

ง5. การวัดสีของสภาวะโดยการย้อมด้วย แก่นฝาง +คอปเปอร์ซัลเฟต+ ย้อมหลัง

| การวัดครั้งที่ | L*    | a*    | b*    | dL*    | da*   | db*   | dE*   |
|----------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| อ้างอิง        | 52.53 | 1.25  | 7.55  |        |       |       |       |
| เส้นด้าย       |       |       |       |        |       |       |       |
| 1              | 45.10 | -0.75 | 31.05 | -7.43  | -2.00 | 23.50 | 24.73 |
| 2              | 35.52 | 15.31 | 7.91  | -17.00 | 14.06 | 0.36  | 22.06 |
| 3              | 35.82 | 16.04 | 8.26  | 16.70  | 14.79 | 0.71  | 22.32 |
| 4              | 37.4  | 16.58 | 8.64  | -15.13 | 15.33 | 1.09  | 21.57 |
| 5              | 36.97 | 16.06 | 8.35  | 15.55  | 14.81 | 0.80  | 21.49 |
| ค่าเฉลี่ย      | 36.09 | 16.81 | 8.23  |        |       |       |       |
| SD             | 36.36 | 16.16 | 8.28  |        |       |       |       |
| %RSD           | 0.79  | 0.58  | 0.26  |        |       |       |       |
| ทอเป็นผืนผ้า   |       |       |       |        |       |       |       |
| 1              | 44.81 | 9.26  | 9.02  | -7.72  | 8.01  | 1.47  | 11.22 |
| 2              | 44.79 | 9.78  | 8.78  | -7.74  | 8.53  | 1.23  | 11.58 |
| 3              | 45.34 | 9.56  | 8.93  | -7.19  | 8.31  | 1.38  | 11.07 |
| 4              | 44.8  | 9.61  | 8.95  | -7.72  | 8.36  | 1.40  | 11.47 |
| 5              | 45.14 | 9.03  | 8.93  | -7.38  | 7.78  | 1.37  | 10.82 |
| ค่าเฉลี่ย      | 44.98 | 9.45  | 8.92  |        |       |       |       |
| SD             | 0.25  | 0.30  | 0.09  |        |       |       |       |
| %RSD           | 0.56  | 3.17  | 0.98  |        |       |       |       |





**THTI**  
THAILAND TEXTILE INSTITUTE  
สถาบันอุตสาหกรรมสิ่งทอ

**Foundation for Industrial Development  
Thailand Textile Institute / Textile Testing Center**  
Sri Trimit, Rama 4 Road, Phrakong, Klong-toey, Bangkok 10110, THAILAND.  
Tel: (66) 2713 5492-9 Fax: (66) 2712 4527 www.thaitextile.org

**TEST REPORT**

REPORT NUMBER : R 0105/61  
APPLICATION FORM No. : -  
ISSUE DATE : 19/03/18  
PAGE : 2/2

|                                                                                                       | R 0105-1/61 | CLIENT'S REQUIREMENT |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------|
| COLOR FASTNESS TO WASHING : AATCC TM 61 : 2013 METHOD 1A (40°C, 10 STAINLESS STEEL BALLS, 45 MINUTES) |             |                      |
| COLOR CHANGE (RATING)                                                                                 | 3.0         | -                    |
| COLOR STAINING (RATING)                                                                               |             | -                    |
| - ACETATE                                                                                             | 4.5         |                      |
| - COTTON                                                                                              | 4.5         |                      |
| - NYLON                                                                                               | 4.5         |                      |
| - POLYESTER                                                                                           | 4.5         |                      |
| - ACRYLIC                                                                                             | 4.5         |                      |
| - WOOL                                                                                                | 4.5         |                      |

REMARK(S): - WASH LIQUOR (200 ml) : 1993 AATCC STANDARD REFERENCE DETERGENT WOB 0.37%

|          |   |   |                                      |
|----------|---|---|--------------------------------------|
| - RATING | 5 | = | NO COLOR CHANGE / STAINING           |
|          | 4 | = | SLIGHTLY COLOR CHANGE / STAINING     |
|          | 3 | = | NOTICEABLE COLOR CHANGE / STAINING   |
|          | 2 | = | CONSIDERABLE COLOR CHANGE / STAINING |
|          | 1 | = | EXCESSIVE COLOR CHANGE / STAINING    |

| COLOR FASTNESS TO CROCKING: AATCC TM 8: 2016 |     |   |
|----------------------------------------------|-----|---|
| DRY STAINING (RATING)                        | 4.5 | - |
| WET STAINING (RATING)                        | 4.0 | - |

REMARK(S): GRAY SCALE FOR COLOR STAINING WAS USED FOR THE COLOR STAINING EVALUATION.

ภาพ แสดงของสถานะโดยการย้อมด้วย แก่นฝาง + คอปเปอร์ซัลเฟต + ย้อมหลัง  
และการทดสอบความคงทนของสี