



การพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน  
Development of silk and cotton dyeing machine  
using energy saving boiler.

วาทัญญู บุตรศรี

วิทยาลัยสารพัดช่างอุบลราชธานี  
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา  
กระทรวงศึกษาธิการ



รายงานการสร้างและทดสอบประสิทธิภาพ  
ชุดการสอนวิชาโครงการ รหัสวิชา 3104-8501  
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2557  
ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง

โดย  
วทัณญญ บุตรศรี

สาขาไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยสารพัดช่างอุบลราชธานี  
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา  
กระทรวงศึกษาธิการ

## คำนำ

ชุดการสอนเล่มนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นชุดการสอนสำหรับครู ใช้ในการประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาโครงการ รหัสวิชา 3104-8504 จัดอยู่ในหมวดทักษะวิชาชีพ สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ตรงตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช 2557 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม ซึ่งถือเป็นเป้าหมายหนึ่งของผู้จัดทำที่จะพัฒนางานด้านวิชาการสู่กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

การจัดทำชุดการสอนวิชาโครงการ รหัสวิชา 3104-8501 สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ได้ยึดแนวทางปฏิบัติในการดำเนินงานทั้งรูปแบบและเนื้อหาวิชาจากสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ โดยครอบคลุมจุดประสงค์รายวิชา มาตรฐานรายวิชาและมีเนื้อหาสอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชาตามที่กำหนดไว้ในหลักสูตร ซึ่งส่วนประกอบของชุดการสอนวิชาโครงการ รหัสวิชา 3104-8501 สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ประกอบด้วยชุดการสอนรวมจำนวน 6 ชุดการสอน โดยผู้จัดทำได้รวมชุดการสอนจัดไว้อยู่ในเล่มเดียวกัน ซึ่งในแต่ละชุดการสอนประกอบด้วยโครงการสอน แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนพร้อมเฉลย ใบความรู้ แบบฝึกหัดพร้อมแนวทางเฉลยแบบฝึกหัด ใบงานและแบบประเมินผลใบงาน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพร้อมเฉลย สื่อการสอนโดยใช้โปรแกรมเพาเวอร์พอยต์

ผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณผู้ที่ให้ข้อเสนอแนะ คำแนะนำและความช่วยเหลือจากทุก ๆ ท่าน ตลอดจนเจ้าของเอกสารต่าง ๆ ที่ใช้อย่างองในการจัดทำชุดการสอนในครั้งนี้ ด้วยความเคารพเป็นอย่างสูง และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าชุดการสอนวิชาโครงการ รหัสวิชา 3104-8501 สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง จะเป็นประโยชน์สำหรับครูผู้สอนที่จะช่วยส่งเสริมให้การจัดการเรียนรู้ในวิชานี้มีประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป

วพัญญ บุตรศรี

วิทยาลัยสารพัดช่างอุบลราชธานี



## กิตติกรรมประกาศ

การพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน สำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนด โดยได้รับความอนุเคราะห์จากคณะครูและนักเรียน สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยสารพัดช่างอุบลราชธานี ที่มีส่วนช่วยเหลือในการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ครั้งนี้เสรีจสมบุญ

ขอขอบพระคุณท่านที่ปรึกษา ท่านสุกัญญา ธีรตระกูลเลิศ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิของสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และอาจารย์กิตติภพ ปานคณินทร์ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิของสำนักวิจัยและพัฒนาการอาชีวศึกษา (สวพ.) ที่ได้จุดประกายความคิด ถ่ายทอดองค์ความรู้ และให้คำแนะนำเกี่ยวกับการสร้างสรรค์ผลงานนวัตกรรม สิ่งประดิษฐ์ โดยให้คำแนะนำในการการออกแบบสร้างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานจริง

ขอขอบคุณ ดร.ชลอ พลนิล ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะครูเชี่ยวชาญ วิทยาลัยสารพัดช่างอุบลราชธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์ และให้คำแนะนำในระเบียบวิธีวิจัย ตลอดจนการเขียนรายงานวิจัย เรื่อง การพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ครั้งนี้จันเสรีจสมบุญ

ขอขอบพระคุณกลุ่มทอผ้าไหมและผ้าฝ้ายกาบบัว บ้านคำขวาง อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการทดสอบเบื้องต้น และให้คำแนะนำในการปรับปรุงผลงานเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน จากการทดสอบใช้งานจริง

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา เป็นอย่างสูงที่ได้ให้กำลังใจ ตลอดถึงกรุณาอบรมสั่งสอน เลี้ยงดูให้ข้าพเจ้าเป็นคนดีตลอดมา ประโยชน์และคุณค่าหรือคุณงามความดีในการสร้างสรรค์ผลงานที่เกิดขึ้นจากการศึกษาในครั้งนี้ ทั้งที่เกิดผลต่อผู้เรียน ครูผู้สอน และผู้สนใจศึกษา ข้าพเจ้าขอมอบแต่บิดา มารดา ครู อาจารย์ ตลอดจนผู้มีอุปการะคุณทุกท่าน

หากมีข้อผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าขอน้อมรับคำติชมต่าง ๆ ด้วยความยินดียิ่ง

นายวทัณญ์ บุตรศรี  
วิทยาลัยสารพัดช่างอุบลราชธานี

ชื่อเรื่อง : การพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน  
ผู้ศึกษา : นายวาทัญญู บุตรศรี ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ  
หน่วยงาน : วิทยาลัยสารพัดช่างอุบลราชธานี สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา  
ปีที่พิมพ์ : 2562

## บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหา ความต้องการ ด้านการย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายของผู้ประกอบการ 2) สร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน 3) ทดลองใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน และ 4) ประเมินผลการใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานและเผยแพร่ผลงาน โดยมีกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) ผู้ประกอบการด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายซึ่งได้มาจากการกำหนดกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการแบบชั้นภูมิ (Stratified Random sampling) รวมจำนวน 108 คน 2) ผู้วิจัยได้ใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) โดยมีผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัยและด้านการสร้างและพัฒนานวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ จำนวน 5 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญสำหรับการประเมินผลการทำงานด้านสมรรถนะและประสิทธิภาพนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ จำนวน 5 ท่าน 3) ในการทดลองใช้งานเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ได้แก่ ผู้ประกอบการด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายเส้นฝ้ายในจังหวัดอุบลราชธานี รวมจำนวน 30 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 15 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 15 คน 4) ในการประเมินผลการใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัยและด้านการสร้างและพัฒนาวัตกรรม รวมจำนวน 5 ท่าน และเป็นผู้เชี่ยวชาญสำหรับการประเมินผลการดำเนินงานตามตัวชี้วัดความสำเร็จ รวมจำนวน 5 ท่าน ซึ่งมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) แบบสอบถาม 2) รูปแบบที่พัฒนาขึ้น 3) นวัตกรรมที่ได้จากการพัฒนารูปแบบ 4) ผลการประเมิน (Evaluation) สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบความแตกต่างด้วยการทดสอบค่าที

### ผลการวิจัยพบว่า

1. ผลการศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหา ความต้องการ (Survey Research) ของผู้ประกอบการมีความคิดเห็นต่อสภาพการดำเนินการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย ในสภาพปัจจุบันของผู้ประกอบการภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{x}=4.78$ ) ผู้ประกอบการมีความคิดเห็นต่อสภาพการดำเนินการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย ในสภาพปัญหาในระดับการปฏิบัติของผู้ประกอบการ ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ( $\bar{x}=2.78$ ) และระดับความต้องการพัฒนาเพิ่มเติม ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{x}=4.78$ )

2. ผลการพัฒนารูปแบบเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน (Innovation) ด้วยกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดยมีผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน มีเครื่องมือที่ใช้ในการใช้เก็บข้อมูล ได้แก่ แบบประเมินความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ, แบบประเมินตามข้อกำหนด กติกา และเกณฑ์มาตรฐานการให้คะแนนผลงานสิ่งประดิษฐ์ ประเภทที่ 2 สิ่งประดิษฐ์ด้านการประกอบอาชีพ ประจำปี

การศึกษา 2562 มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 แล้วนำเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ไปให้ผู้ที่เกี่ยวข้องได้ทดลองใช้งานจริงเพื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของคะแนนด้วยวิธีการทดสอบของ Wilcoxon พบว่า ผลการการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบหม้อต้มประหยัดพลังงาน ในภาพรวมหลังพัฒนาสูงกว่าก่อนการพัฒนา อย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 นั่นคือ เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบหม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 มีสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานสูงกว่า รุ่นที่ 4 เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบหม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 4 มีสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานสูงกว่า รุ่นที่ 3 เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบหม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 3 มีสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานสูงกว่า รุ่นที่ 2 เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบหม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 2 มีสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานสูงกว่าเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบหม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 1

3. ผลการทดลองใช้งานจริงโดยการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการทดสอบเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบหม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 เปรียบเทียบกับการใช้งานของหม้อย้อมสีแบบเดิมของชาวบ้านและผู้ประกอบการ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi Experimental) โดยมีผู้ประกอบการ รวมจำนวน 30 คน เป็นผู้ตอบแบบสอบถาม ซึ่งแบ่งเป็นกลุ่มควบคุม จำนวน 15 คน กลุ่มทดลอง จำนวน 15 คน พบว่า เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบหม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 เปรียบเทียบกับการใช้งานของหม้อย้อมสีแบบเดิมของชาวบ้านและผู้ประกอบการ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนผลการประเมินความพึงพอใจจากการทดลองใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานในรุ่นที่ 5 เปรียบเทียบกับหม้อย้อมสีแบบเดิมของชาวบ้านและผู้ประกอบการ ในภาพรวมมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.65$ )

4. ผลการประเมิน (Evaluation) เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน โดยผลการประเมินมีความคิดเห็นในภาพรวมของระยะเริ่มต้นในการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 ในภาพรวม มีค่าเฉลี่ยในระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.64$ ) ส่วนผลการประเมินระยะกลางของดำเนินงานในการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 ในภาพรวม มีค่าเฉลี่ยระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.64$ ) และผลการประเมินระยะสิ้นสุดของดำเนินงานในการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 ในภาพรวม มีค่าเฉลี่ยระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.68$ ) โดยมีการเผยแพร่ผลงานนำเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มแบบประหยัดพลังงาน เข้าร่วมแสดงจัดนิทรรศการและร่วมประกวดผลงานกับหน่วยงานต่าง ๆ จนเป็นที่ยอมรับได้รับรางวัลในระดับจังหวัด ระดับภาค ระดับชาติ และในระดับนานาชาติ

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฅ
สารบัญแผนภูมิ	ด
สารบัญกราฟ	ถ
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์การวิจัย	7
ขอบเขตการวิจัย	7
กรอบแนวคิดในการวิจัย	9
นิยามศัพท์เฉพาะ	9
<b>บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	
ตอนที่ 1 การวิจัยและพัฒนา	12
ตอนที่ 2 การวิจัยเชิงปฏิบัติการ	20
ตอนที่ 3 การสร้างรูปแบบ	25
ตอนที่ 4 กระบวนการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย	31
ตอนที่ 5 มอเตอร์ไฟฟ้าและการควบคุม	55
ตอนที่ 6 ขดลวดความร้อนและเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ	64
ตอนที่ 7 การสืบค้นข้อมูลสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร	69
ตอนที่ 8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	77
<b>บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย</b>	
วิธีการดำเนินการวิจัยในขั้นตอนที่ 1	85
วิธีการดำเนินการวิจัยในขั้นตอนที่ 2	91
วิธีการดำเนินการวิจัยในขั้นตอนที่ 3	171
วิธีการดำเนินการวิจัยในขั้นตอนที่ 4	176
<b>บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล</b>	
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลขั้นตอนที่ 1	180
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลขั้นตอนที่ 2	187



## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลขั้นตอนที่ 3	195
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลขั้นตอนที่ 4	199
<b>บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ</b>	
สรุปผลการวิจัย	209
อภิปรายผลการวิจัย	211
ข้อเสนอแนะ	220
<b>บรรณานุกรม</b>	221
<b>ภาคผนวก</b>	
ภาคผนวก ก หนังสือขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญ	228
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	241
ภาคผนวก ค การหาคุณภาพของเครื่องมือ	266
ภาคผนวก ง คະແນນທີ່ໄດ້ຈາກການທດສອບ	277
ภาคผนวก จ ผลการสร้างและพัฒนา/ทดสอบสมรรถนะ/ทดสอบประสิทธิภาพ	290
ภาคผนวก ฉ การได้รับการคุ้มครองทรัพย์สินทางปัญญา	315
ภาคผนวก ช การเผยแพร่ผลงาน ฯ ได้รับรางวัลในระดับนานาชาติ	321
ภาคผนวก ซ การได้รับรางวัลในระดับชาติ ฯ จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ	333
ภาคผนวก ฌ การได้รับรางวัลในระดับชาติ ฯ จากกรมพัฒนาพลังงานทดแทน	339
ภาคผนวก ญ การได้รับรางวัลในระดับชาติ ฯ จากกรมทรัพย์สินทางปัญญา	343
ภาคผนวก ฎ การได้รับรางวัลในระดับภาค	347
ภาคผนวก ฏ การได้รับรางวัลในระดับจังหวัด	355
ภาคผนวก ฐ การได้รับทุนสนับสนุนจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.)	359
ภาคผนวก ฒ การได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)	366
ภาคผนวก ณ การเข้าร่วมจัดแสดงนิทรรศการในงานวันนักประดิษฐ์	371
ภาคผนวก ด การถวายรายงานต่อหน้าพระพักตร์	374
ภาคผนวก ต การนำผลงานเข้าร่วมจัดแสดงในงาน Thai Tech Expo	376
ภาคผนวก ถ การนำผลงานเข้าร่วมประกวดจัดแสดงในงานเกษตรภาคอีสานใต้	379
ภาคผนวก ท หนังสือขอบคุณจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.)	382
ภาคผนวก ฑ หนังสือให้ความอนุเคราะห์บันทึกเทปรายการ	384
ภาคผนวก น การเผยแพร่ในแผ่นพับของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ	386

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก บ การเผยแพร่ในหนังสือรายงานประจำปี 2561	388
ภาคผนวก ป การเผยแพร่ในหนังสือกรมทรัพย์สินทางปัญญา	390
ภาคผนวก ผ การเผยแพร่ในหนังสือ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ	392
ภาคผนวก ฝ การเผยแพร่ในการแถลงข่าวที่เข้าร่วมจัดแสดงในเวทีนานาชาติ	395
ภาคผนวก พ การได้รับทุนสนับสนุนการวิจัย	399
ภาคผนวก พ เอกสารปรับปรุงตามข้อสังเกตบางประการเกี่ยวกับผลงานทางวิชาการ	404
<b>ประวัติผู้วิจัย</b>	<b>499</b>

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 ลำดับขั้นของการวิจัยและพัฒนา	16
2-2 สีย้อมที่ได้จากวัชพืชรูขมิ้น	35
2-3 แสดงผลการทดลองสกัดสีย้อมเส้นด้ายจากพืชและวัชพืชรูขมิ้น	43
2-4 แสดงส่วนประกอบของสีและสารเคมีในภาชนะย้อมสีรีแอคทีฟ	45
2-5 แสดงส่วนประกอบของสีและสารเคมีในภาชนะย้อมสีแวต	45
3-1 การดำเนินการขั้นตอนที่ 1	85
3-2 แสดงจำนวนแบบสอบถามที่นำไปใช้สอบถามและแบบสอบถามที่ได้รับคืน	89
3-3 การสร้างและพัฒนานวัตกรรมการย้อมสีเส้นไหมและฝ้าย ฯ	92
3-4 วัสดุ อุปกรณ์ในการสร้างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้าย ฯ รุ่นที่ 1	96
3-5 วัสดุ อุปกรณ์ในการสร้างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้าย ฯ รุ่นที่ 2	106
3-6 วัสดุ อุปกรณ์ในการสร้างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้าย ฯ รุ่นที่ 3	117
3-7 วัสดุ อุปกรณ์ในการสร้างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้าย ฯ รุ่นที่ 4	130
3-8 วัสดุ อุปกรณ์ในการสร้างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้าย ฯ รุ่นที่ 5	133
3-9 การดำเนินการขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้าย ฯ	171
3-10 จำนวนผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายในการทดลอง	172
3-11 การดำเนินการขั้นตอนที่ 4	176
4-1 จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามที่เป็นผู้ประกอบการ ฯ	181
4-2 ตารางแสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการแปลผลข้อมูล ฯ	182
4-3 ตารางแสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการแปลผลข้อมูล ฯ	184
4-4 การสังเคราะห์ข้อมูล	188
4-5 ร่างความคิดรวบยอด (Concept) และตัวแปรเพื่อจัดทำรูปแบบ	189
4-6 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบความแตกต่าง ฯ รุ่นที่ 1 และรุ่นที่ 2	192
4-7 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบความแตกต่าง ฯ รุ่นที่ 2 และรุ่นที่ 3	193
4-8 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบความแตกต่าง ฯ รุ่นที่ 3 และรุ่นที่ 4	194
4-9 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบความแตกต่าง ฯ รุ่นที่ 4 และรุ่นที่ 5	195
4-10 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย ฯ ระหว่างคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม	196
4-11 จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม ฯ	196
4-12 ผลการประเมินความพึงพอใจในการทดลองใช้เครื่อง ฯ	198
4-13 ผลการประเมินระยะเริ่มต้นของการดำเนินงาน ฯ	199
4-14 ผลการประเมินระยะกลางของการดำเนินงาน ฯ	201
4-15 ผลการประเมินระยะสิ้นสุดของการดำเนินงาน ฯ	202

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4-16 แสดงการเผยแพร่ผลงานบางส่วนของผู้วิจัยและผู้เรียน ฯ	204

# บทที่ 1

## บทนำ

### ที่มาและความสำคัญของการดำเนินงาน

การจัดการศึกษาในสถานศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ได้ดำเนินการพัฒนาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2557 ให้สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 และความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเพื่อผลิตกำลังคนเป็นผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญ ในทักษะวิชาชีพ มีคุณธรรม วินัย เจตคติ บุคลิกภาพ และเป็นผู้มีปัญญาที่เหมาะสม สามารถนำไปใช้ในการประกอบอาชีพได้ ตรงกับความต้องการของตลาดแรงงานและสถานประกอบการได้

การจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2557 ในวิชาโครงการ รหัสวิชา 3104-8501 สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ที่จัดอยู่ในหมวดทักษะวิชาชีพที่เน้นการปฏิบัติจริง ได้กำหนดให้ผู้เรียนทุกคนต้องจัดทำโครงการในภาคเรียนสุดท้ายก่อนที่จะจบการศึกษา โดยให้ผู้เรียนนำความรู้จากรายวิชาต่าง ๆ มาบูรณาการความรู้และทักษะในระดับเทคนิคที่สอดคล้องกับสาขาวิชาชีพที่ศึกษา เพื่อสร้างและพัฒนางานด้วยกระบวนการทดลอง สำรวจ ประดิษฐ์คิดค้น หรือการปฏิบัติงานเชิงระบบ การเลือกหัวข้อโครงการ การศึกษาค้นคว้าข้อมูลและเอกสารอ้างอิง การเขียนโครงการ การดำเนินงานโครงการ การเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และแปลผล การสรุปจัดทำรายงาน การนำเสนอผลงานโครงการ โดยดำเนินการเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มตามลักษณะของงาน ให้แล้วเสร็จในระยะเวลาที่กำหนด ตลอดเวลาที่ผ่านมามีผู้รายงานได้รับผิดชอบการจัดการเรียนการสอนในวิชาโครงการ รหัสวิชา 3104-8501 สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง พบว่ายังไม่มีมีการแบ่งหน่วยเรียนที่ชัดเจนขาดการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนและการสอน ขาดสื่อการสอนที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสอน ตลอดจนผู้เรียนส่วนมากไม่ทำงานตามที่ได้รับมอบหมาย ขาดตัวอย่างการทำนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ เนื้อหาในหนังสือแบบเรียนไม่เป็นปัจจุบัน เนื้อหาในรายวิชาดังกล่าวบางหน่วยมีเนื้อหาที่มากแต่ถูกจำกัดด้วยเวลา ทำให้การเรียนการสอนบางครั้งต้องอาศัยการสอนนอกเวลา

ดังนั้นผู้รายงานจึงเห็นว่าการสร้างชุดการสอนสำหรับครู ที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาโครงการ รหัสวิชา 3104-8501 สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ตรงตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2557 ที่มีประสิทธิภาพจะช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น และจะทำให้ นักศึกษาสาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยสารพัดช่างอุบลราชธานี มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น อีกทั้งสามารถนำความรู้เกี่ยวกับ การจัดทำโครงการไปประยุกต์ใช้งาน ในการประกอบอาชีพต่อไปได้ในอนาคต

### วัตถุประสงค์ของการดำเนินงาน

1. เพื่อสร้างชุดการสอนสำหรับครู ที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาโครงการ รหัสวิชา 3104-8501 สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2557
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดการสอนสำหรับครูที่สร้างขึ้นโดยกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพไว้ร้อยละ 80/80

### วิธีการดำเนินงาน

1. กำหนดรายวิชาเพื่อสร้างชุดการสอน โดยศึกษาหลักสูตรและเอกสารที่เกี่ยวข้องรวมทั้งสอบถามผู้รู้เกี่ยวกับการสร้างชุดการสอน วิชาโครงการ รหัสวิชา 3104-8501 สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง
2. กำหนดและเลือกรูปแบบชุดการสอนที่จะดำเนินการสร้างโดยวิเคราะห์เนื้อหาจากคำอธิบายวิชาโครงการ รหัสวิชา 3104-8501 สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2557
3. ดำเนินการก่อนสร้างระบบการสอน โดยทำการพัฒนาหลักสูตรรายวิชา คิดค้นและผลิตสื่อการสอนเพื่อใช้ให้เหมาะสมกับรูปแบบการสอน
4. ดำเนินการสร้างชุดการสอนวิชาโครงการ รหัสวิชา 3104-8501 สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง
5. ทำการพัฒนาชุดการสอนวิชาโครงการ รหัสวิชา 3104-8501 โดยการนำไปทดลองใช้กับนักศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.2) สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยสารพัดช่างอุบลราชธานี ในปีการศึกษา 2560 และปีการศึกษา 2561 แล้วนำผลทดลองที่ได้มาปรับปรุงชุดการสอน
6. จัดทำแบบสอบถามความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดการสอนวิชาโครงการ รหัสวิชา 3104-8501 โดยสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน
7. ทำการทดสอบและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาโครงการ รหัสวิชา 3104-8501 โดยนำชุด การสอนที่ได้ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.2) สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยสารพัดช่างอุบลราชธานีในปีการศึกษา 2562 จำนวน 12 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดการสอนที่สร้างขึ้นโดยใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพที่ตั้งไว้ร้อยละ 80/80

### ขอบเขตของการดำเนินงาน

1. ชุดการสอนที่สร้างขึ้นจะเป็นไปตามคำอธิบายรายวิชาโครงการ รหัสวิชา 3104-8501 สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
2. ชุดการสอนวิชาโครงการรหัสวิชา 3104-8501 สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ตรงตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2557 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ประกอบด้วยชุดการสอนที่สร้างขึ้น จำนวนรวมทั้งสิ้น 6 ชุดการสอน
3. ประชากร ได้แก่ นักศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชั้นปีที่ 2 (ปวส.2) สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ประเภทวิชาอุตสาหกรรม ที่ต้องเรียนวิชาโครงการ รหัสวิชา 3104-8501 ในสถานศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษาซึ่งเป็นประชากรจำนวนมาก
4. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองใช้กับชุดการสอนวิชาโครงการ รหัสวิชา 3104-8501 เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดการสอน ได้ทำการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) จากนักศึกษา

ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.2) สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยสารพัดช่างอุบลราชธานี ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาโครงการ รหัสวิชา 3104-8501 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวนรวม 12 คน

5. ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญถือว่าได้กระทำไปด้วยคุณประโยชน์จากความจริงใจ ซึ่งแสดงถึงความรู้สึกอันแท้จริงของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ

### นิยามศัพท์เฉพาะ

**ชุดการสอนวิชาโครงการ รหัสวิชา 3104-8501** หมายถึง ชุดการสอนสำหรับครูที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาโครงการ รหัสวิชา 3104-8501 ที่ผู้รายงานได้จัดทำขึ้นให้มีเนื้อหาตรงตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2557 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง

**ประสิทธิภาพของชุดการสอน** หมายถึง คุณภาพและความเหมาะสมของชุดการสอนที่ผู้รายงานได้สร้างขึ้น ซึ่งได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลคะแนนจากแบบประเมินผลใบงาน และคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยวัดจากคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

**เกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 80/80** หมายถึง ระดับของประสิทธิภาพที่คาดหวังซึ่งวัดได้จากค่าของคะแนนเฉลี่ยที่ผู้รายงานกำหนดขึ้นจากการวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และจากการเรียนโดยใช้ชุดการสอนวิชาโครงการ รหัสวิชา 3104-8501 สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง โดยกำหนด ดังนี้

**80 ตัวแรก** หมายถึง ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ โดยหาค่าเฉลี่ยเป็นร้อยละของคะแนนที่ได้จากแบบประเมินผลใบงานระหว่างที่ผู้เรียนฝึกปฏิบัติในกิจกรรมการเรียน

**80 ตัวหลัง** หมายถึง ค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงในตัวผู้เรียนหลังเรียน โดยวัดได้จากคะแนนของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนครบทุกเรื่องโดยหาค่าเฉลี่ยเป็นร้อยละ

**นักศึกษา** หมายถึง ผู้เรียนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชั้นปีที่ 2 (ปวส.2) สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยสารพัดช่างอุบลราชธานี ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาโครงการ รหัสวิชา 3104-8501 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562

### ความไม่สมบูรณ์ของรายงาน

ในการสร้างชุดการสอนวิชาโครงการ รหัสวิชา 3104-8501 สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ตรงตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2557 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม ที่ผู้รายงานดำเนินงานทดลองใช้กับนักศึกษาสาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.2) วิทยาลัยสารพัดช่างอุบลราชธานีเพียงแห่งเดียว เมื่อเปรียบเทียบกับนักศึกษาในระดับนี้ทั้งหมดแล้ว นับว่าเป็นสัดส่วนที่น้อยมาก ผลของการรายงานนี้ไม่อาจยึดถือเป็นตัวแทนของกลุ่มประชากรทั้งหมดได้

### ประโยชน์ของการดำเนินงาน

ชุดการสอนที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้กับนักศึกษาสาขาวิชาไฟฟ้ากำลังในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.2) ของวิทยาลัยสารพัดช่างอุบลราชธานี ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาสูงขึ้น

## บทที่ 2

### แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเรื่อง การพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยสามารถนำเสนอตามลำดับหัวข้อต่อไปนี้

#### ตอนที่ 1 การวิจัยและพัฒนา

- 1.1 ความหมายของการวิจัยและพัฒนา
- 1.2 ลักษณะความสำคัญและประโยชน์ของการวิจัยและพัฒนา
- 1.3 กระบวนการ/ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยและพัฒนา

#### ตอนที่ 2 การวิจัยเชิงปฏิบัติการ

- 2.1 ความเป็นมาของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ
- 2.2 ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ
- 2.3 จุดมุ่งหมายของการวิจัยปฏิบัติการ
- 2.4 ลักษณะสำคัญของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ
- 2.5 กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ
- 2.6 รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

#### ตอนที่ 3 การสร้างรูปแบบ

- 3.1 ความหมายของรูปแบบ
- 3.2 องค์ประกอบของรูปแบบ
- 3.3 รูปแบบการเรียนการสอน
- 3.4 ลักษณะของรูปแบบ
- 3.5 การสร้างรูปแบบ
- 3.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### ตอนที่ 4 กระบวนการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย

- 4.1 วัสดุที่ใช้ในการทอผ้า
- 4.2 เส้นใยไหม
- 4.3 เส้นใยฝ้าย
- 4.4 สีสังเคราะห์หรือสีเคมี
- 4.5 สีจากธรรมชาติ
- 4.6 องค์ประกอบทางเคมีของสี
- 4.7 สารช่วยย้อม
- 4.8 อิทธิพลของสิ่งแวดล้อมต่อการย้อม
- 4.9 เทคนิคและกระบวนการย้อมเส้นด้าย
- 4.10 การฟอกย้อมสี



## ตอนที่ 5 มอเตอร์ไฟฟ้าและการควบคุม

- 5.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- 5.2 หลักการของมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรง
- 5.3 วงจรการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- 5.4 มอเตอร์เกียร์
- 5.5 แหล่งจ่ายไฟฟ้า
- 5.6 วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์
- 5.7 สวิตช์
- 5.8 ไฟแสดงสถานะ

## ตอนที่ 6 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

- 6.1 ขดลวดความร้อน
- 6.2 หลักการทำงานของขดลวดความร้อน
- 6.3 ชนิดของขดลวดความร้อน
- 6.4 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

## ตอนที่ 7 การสืบค้นข้อมูลสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

## ตอนที่ 8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## ตอนที่ 1 การวิจัยและพัฒนา

### 1.1 ความหมายของการวิจัยและพัฒนา

การวิจัยและพัฒนา (Research and Development) มีนักการศึกษา และนักวิชาการได้ให้ความหมายในแง่มุมต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

วิชิต สุรัตน์เรืองชัย (2550 : 52-75) ได้ให้ความหมายของการวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา หมายถึง กระบวนการเพื่อการค้นพบ พัฒนาและยืนยันข้อค้นพบ รวมทั้งวิธีปฏิบัติใหม่ ๆ ว่าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงการเรียนการสอนได้จริง ส่วนนงลักษณ์ วิรัชชัยและสุวิมล ว่องวานิช (2544 : 58) ได้ให้ความหมายของการวิจัยและพัฒนา (research and development) ไว้ว่าการวิจัยและพัฒนา เป็นกระบวนการแสวงหาความรู้ใหม่ประดิษฐ์คิดค้นสิ่งใหม่ หรือใช้ในการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง หรือพัฒนาการศึกษา โดยเน้นหลักตรรกวิทยาเป้าหมายหลัก คือ ใช้เป็นกระบวนการพัฒนาและการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางการศึกษา (Education Product) ประกอบด้วยการวิจัย (Research-R) และกระบวนการพัฒนา (Development-D ) และมีขั้นตอนการดำเนินงาน และอุทัย บุญประเสริฐ (2542 : 48-54) กล่าวว่า การวิจัยและพัฒนาสามารถดำเนินการตามขั้นตอนซ้ำ ๆ กันหลายรอบได้เพื่อปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพพัฒนาระบบและวิธีทำงาน (System and Procedures) และเทคโนโลยีใหม่ ๆ โดยใช้การวิจัยเป็นฐาน (Research Based Development) สำหรับการพัฒนาสิ่งที่ต้องการ

สุวัฒนา สุวรรณเขตนิคม (2540 : 18) ได้ให้ความหมายของการวิจัยและพัฒนาว่าเป็นการพัฒนา รูปแบบหนึ่งที่ใช้การวิจัยเป็นเครื่องมือ หรือเป็นวิถีทางกลยุทธ์ในการดำเนินงาน ทั้งนี้เพราะเชื่อว่าการพัฒนาจะเป็นไปอย่างถูกต้องและเหมาะสม ถ้าใช้ข้อมูลที่มีคุณภาพเป็นพื้นฐานของการตัดสินใจรวมทั้งเชื่อว่าการพัฒนาจะเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ หากนักพัฒนาใช้กระบวนการวิจัยในการพัฒนางาน เพราะจะทำให้

นักพัฒนาเห็นภาพของงานโดยตลอดอย่างชัดเจน และนักพัฒนาจะมั่นใจในทิศทางและลักษณะการพัฒนาที่ดำเนินการไปแต่ละขั้นว่าจะตรงเป้าหมาย

จรรยา สุวรรณทัต (2537 : 1-10) ได้กล่าวถึงการวิจัยประเภทการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ในทางสังคมศาสตร์ พฤติกรรมศาสตร์ไว้ว่า เป็นกระบวนการที่ใช้ในการพัฒนาและตรวจสอบความเที่ยงของผลิตผลในด้านสังคมศาสตร์ พฤติกรรมศาสตร์ซึ่งครอบคลุมหลายสาขาวิชา เช่น การศึกษาและจิตวิทยา

วรรณ โสมประยูร (2546:10-14) ได้ให้ความหมายของการวิจัยและพัฒนาออกเป็น 3 แบบ คือ แบบที่ 1 ให้เป็นชื่อของหน่วยงาน สำนักงาน ศูนย์ หรือสถาบันที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับเรื่องงานการวิจัยหลาย ๆ ประเภท โดยมุ่งที่จะนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนากิจกรรมงานต่าง ๆ ที่วงการประชาสังคมนั้น ๆ ที่เกี่ยวข้อง หรือบางแห่งก็จัดเป็นโครงการเฉพาะกิจเพื่องานวิจัยอย่างใดอย่างหนึ่ง

แบบที่ 2 ใช้เป็นชื่อของงานวิจัยใด ๆ ก็ตามที่ผู้วิจัยเรียกชื่อหรือระบุว่าเป็นการวิจัยและพัฒนา โดยมุ่งหมายเฉพาะเจาะจงว่าจะนำผลการวิจัยที่ได้ไปพัฒนา หรือแก้ไขปัญหาของงานที่กำลังดำเนินการอยู่เป็นประจำ เช่น การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน การวิจัยเชิงปฏิบัติการระดับโรงเรียน รวมทั้งอาจจะมีการวิจัยประยุกต์อีกหลายรูปแบบที่มีการอธิบายนำว่า ในการวิจัยครั้งนั้นเป็นการวิจัยและพัฒนา

แบบที่ 3 ใช้เป็นชื่อประเภทของการวิจัย ที่มีลักษณะหรือรูปแบบโดยเฉพาะที่แตกต่างไปจากการวิจัยประเภทอื่น ๆ ที่นำผลวิจัยหรือสิ่งประดิษฐ์ที่มีอยู่เดิมมาต่อยอดด้วยการใช้ผลวิจัย เป็นทิศทางของการปรับปรุงและพัฒนาเพื่อให้ได้ผลิตผลที่มีศักยภาพสูงขึ้น แล้วทำการเผยแพร่และขยายผลให้เป็นที่ยอมรับและเกิดประโยชน์แก่สังคมอย่างกว้างขวางต่อไป

จากความหมายของการวิจัยและพัฒนาทั้ง 3 แบบนี้ การวิจัยและพัฒนาจึงเป็นการวิจัยที่นำองค์ความรู้เดิมจากผลการวิจัยประเภทต่าง ๆ หรือนำสิ่งประดิษฐ์ที่มีอยู่แล้วไปพัฒนาต่อยอดอย่างต่อเนื่องทั้งในกระบวนการวิจัย และกระบวนการพัฒนาที่เชื่อมโยงเข้าด้วยกันเป็นชุดโครงการวิจัย ที่มีหลายโครงการวิจัยย่อยอย่างสมบูรณ์ เพื่อเป็นการต่อยอดของเดิมให้เพิ่มผลิตผลที่มีคุณค่าสูงส่งเด่นชัด อันเป็นที่เชื่อถือหรือยอมรับทางวิชาการ และเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่นำผลการวิจัยไปใช้ในสังคมได้อย่างแท้จริง กล่าวคือ มีจุดเน้นที่สำคัญอย่างน้อย 3 ประการคือ การต่อยอดของเดิม การยอมรับและประโยชน์ที่สังคมพึงได้รับ

Gall and Gall (1996 : 227) ได้ให้ความหมายของการวิจัยและพัฒนาทางการศึกษาไว้ว่าเป็นการวิจัย และกระบวนการพัฒนา โดยใช้วิจัยเครื่องมือ หรือกลยุทธ์ในการหาความรู้ใหม่อย่างเป็นระบบเพื่อปรับปรุงเปลี่ยนแปลง หรือใช้ในการพัฒนาเพื่อให้ได้นวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ องค์ความรู้ที่มีศักยภาพมีมาตรฐานเกิดประโยชน์แก่สังคมอย่างกว้างขวาง

จากการศึกษานิยามความหมายการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปความหมายได้ว่าการวิจัยและพัฒนาหมายถึง กระบวนการแสวงหาความรู้ใหม่ เพื่อใช้ในการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงและพัฒนาเพื่อให้ได้นวัตกรรมใหม่ สิ่งประดิษฐ์ใหม่ใช้กระบวนการอย่างเป็นระบบให้ได้มาซึ่งการค้นพบใหม่ และยืนยันข้อค้นพบนั้นเป็นการพัฒนารูปแบบที่ใช้การวิจัยเป็นเครื่องมือเป็นวิถีทางกลยุทธ์ในการดำเนินงานได้เป็นอย่างดี

## 1.2 ลักษณะความสำคัญ และประโยชน์ของการวิจัยและพัฒนา

การวิจัยและพัฒนานั้นปัจจุบันได้เข้ามามีบทบาทในสาขาวิชาต่าง ๆ เป็นที่แพร่หลายทั่วไป การวิจัยประเภทนี้มีความสำคัญ ความจำเป็นและมีประโยชน์ ดังนี้

อุทัย บุญประเสริฐ (2542 : 48-54) ได้กล่าวถึงบทบาทสำคัญของการวิจัยและพัฒนาว่า เกิดจากความต้องการสิ่งใหม่ ประดิษฐ์นวัตกรรมใหม่ ๆ และนวัตกรรมสำหรับการแก้ปัญหาและพัฒนาการทำงานให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เพราะต้องการผลิตภัณฑ์ใหม่ ระบบงานและกระบวนการดำเนินงาน เทคโนโลยีขั้นสูงที่ก้าวหน้าที่มีประสิทธิภาพสูงออกสู่ผู้ใช้ที่เหมาะสมสำหรับงานแต่ละเรื่อง และการวิจัยและพัฒนาเป็นการวิจัยที่มุ่งเน้นอยู่กับการแสวงหาผลิตภัณฑ์ใหม่ สิ่งประดิษฐ์ใหม่ กระบวนการใหม่ รูปแบบ ระบบและวิธีทำงานใหม่ และสร้างเทคโนโลยีใหม่ ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้กระบวนการวิจัยเป็นฐานสำหรับการพัฒนาสิ่งที่ต้องการเหล่านั้น การวิจัยและพัฒนาจึงกลายเป็นสิ่งจำเป็นและมีบทบาทสำคัญ

วรรณิ โสมประยูร (2546 : 10-14) ได้กล่าวถึงบทบาทสำคัญของการวิจัยและพัฒนาว่า เกิดจากความต้องการสิ่งใหม่ ประดิษฐ์กรรมใหม่ ๆ และนวัตกรรมสำหรับการแก้ปัญหาและพัฒนาการทำงานให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เพราะต้องการผลิตภัณฑ์ใหม่ ระบบงานและกระบวนการดำเนินงานเทคโนโลยีขั้นสูงที่ก้าวหน้าที่มีประสิทธิภาพสูงออกสู่ผู้ใช้ที่เหมาะสมสำหรับงานแต่ละเรื่อง และการวิจัยและพัฒนาเป็นการวิจัยที่มุ่งเน้นอยู่กับการแสวงหาผลิตภัณฑ์ใหม่ สิ่งประดิษฐ์ใหม่ กระบวนการใหม่ รูปแบบ ระบบและวิธีทำงานใหม่ และการสร้างเทคโนโลยีใหม่ ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้กระบวนการวิจัยเป็นฐานสำหรับการพัฒนาสิ่งที่ต้องการเหล่านั้น การวิจัยและพัฒนาจึงกลายเป็นสิ่งจำเป็นและมีบทบาทสำคัญ

วรรณิ โสมประยูร (2546 : 10-14) ได้สรุปลักษณะสำคัญของการวิจัยและพัฒนา ดังนี้

1. เป็นการนำผลวิจัยเดิมหรือสิ่งประดิษฐ์เดิมมาสร้างใหม่แล้วพัฒนาหรือต่อยอด เพื่อเพิ่มศักยภาพให้เกิดประโยชน์ในทางปฏิบัติอย่างแท้จริงกล่าวคือ “วิจัยพัฒนา และพัฒนาโดยใช้วิจัย” การวิจัยจึงเปรียบเสมือนหนึ่งเป็นหัวใจของการพัฒนา

2. เป็นการศึกษาค้นคว้าทดลองและตรวจสอบเพิ่มเติมของเดิมให้สมบูรณ์และเป็นไปอย่างครบวงจรด้วยการจัดกระทำซ้ำ ๆ หลายครั้ง รวมทั้งสำรวจความคิดเห็นของผู้ใช้แล้วนำผลมาปรับปรุงเป็นระยะ ๆ จนกระทั่งเกิดความเชื่อมั่นและแน่ใจในผลผลิตขั้นสุดท้าย

3. เป็นการนำกระบวนการวิจัยต่าง ๆ จากทั้งประเภทการวิจัยเชิงปริมาณและการวิจัยเชิงคุณภาพมาใช้ในโครงการวิจัยและโครงการพัฒนา โดยจัดแบ่งให้มีโครงการวิจัยย่อยหรือโปรแกรมการวิจัยจำนวนมากเพื่อเชื่อมโยงเข้าด้วยกันเป็นชุดโครงการวิจัย

4. มุ่งพัฒนาความรู้ความสามารถหรือทักษะทางวิชาการ ทั้งทางด้านการวิจัยการพัฒนาและการปฏิบัติหน้าที่ในงานประจำให้แก่ทีมผู้ร่วมดำเนินการวิจัย ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการยอมรับผลผลิตและเผยแพร่หรือขยายผลต่อไปด้วยพร้อม ๆ กัน

5. สามารถยืดหยุ่นหรือปรับเปลี่ยนทั้งกระบวนการวิจัย และกระบวนการพัฒนาให้เหมาะสมและสอดคล้องกับความต้องการของผู้ที่ใช้ผลกรวิจัยได้เสมอ เนื่องจากการวิจัยและพัฒนามุ่งที่ผู้ใช้ผลผลิตเป็นเป้าหมายสำคัญที่สุด

6. ในระหว่างที่กำลังดำเนินงานวิจัยและพัฒนาอยู่นั้น จำเป็นต้องเปิดโอกาสให้ผู้ร่วมผลิตและ/หรือผู้ใช้ผลผลิตจากภาครัฐและเอกชนทั่วไป ได้มีส่วนร่วมดำเนินการด้วยเช่น ร่วมลงทุนในการผลิต

สนับสนุนในด้านงบประมาณ รวมทั้งช่วยเหลือให้บริการความสะดวกต่าง ๆ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการยอมรับในความสำคัญของผลผลิต และเป็นการเผยแพร่ผลวิจัยไปด้วยตัว

7. ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัยและพัฒนาจะต้องเป็นช่วงเวลาที่ต่อเนื่องกันยาวนานมากพอที่จะทำให้เกิดผลผลิตที่ได้มาตรฐานตามความต้องการของสังคม เช่น อาจจะต้องใช้ระยะเวลาหลายปี โดยอาจจะต้องมีโครงการระยะสั้นและโครงการระยะยาวประกอบเข้าด้วยกันให้ครบวงจร

8. การเผยแพร่และการขยายผลของผลผลิตที่ได้จากการวิจัยและพัฒนา ควรจะต้องกระทำอย่างต่อเนื่อง ทั้งในขณะกำลังดำเนินการวิจัยอยู่และหลังจากการวิจัยได้เสร็จสิ้นลงทั้งหมดหรือบางส่วนก็ตาม เพื่อให้ผลผลิตไปสู่ผู้ใช้อย่างกว้างขวางและเป็นรูปธรรมอย่างแท้จริง

9. เนื่องจากผลผลิตจากการวิจัยและพัฒนาอาจจะมีมูลค่าสูง และมีการถือครองลิขสิทธิ์หรือสิทธิบัตรได้ ผู้วิจัยจึงควรจะได้มีการจดทะเบียนเพื่อคุ้มครองสิทธิบัตรให้เป็นไปตามระเบียบและเงื่อนไขของพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์และพระราชบัญญัติสิทธิบัตร ทั้งภายในประเทศและนานาชาติ

ธเนศ ขำเกิด (2542:13-17) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการวิจัยและพัฒนาไว้ว่า การบริหารหรือการทำงานใด ๆ ที่มุ่งแก้ปัญหาหรือพัฒนาให้เกิดคุณภพนั้น เมื่อผู้บริหารหรือผู้ปฏิบัติงานค้นพบปัญหาและเกิดความตระหนักในปัญหาก็จะคิดค้นรูปแบบสื่อ หรือรูปแบบการพัฒนาที่มักเรียกว่า “นวัตกรรม” เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาหรือพัฒนางานดังกล่าว โดยที่รูปแบบสื่อหรือรูปแบบการพัฒนาที่คิดขึ้นจะต้องมีเหตุผลหลักการหรือทฤษฎีรองรับ ทั้งนี้อาจเลือกใช้วิธีการปรับปรุงในสิ่งที่ผู้อื่นได้ศึกษาหรือเคยใช้ได้ผลในสถานการณ์ที่เป็นปัญหาเช่นเดียวกันมาก่อน หรืออาจคิดวิธีการขึ้นใหม่ก็ได้ แต่การกระทำให้รู้หรือมั่นใจได้ว่าวิธีการที่คิดค้นขึ้นนั้นดีหรือไม่จึงจำเป็นต้องนำมาทดลองจริง มีการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อพิสูจน์ว่าสามารถแก้ปัญหาหรือพัฒนางานได้ ถ้าไม่ประสบผลสำเร็จก็มีร่องรอยให้เห็นถึงการปรับปรุงพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนได้ผลดี และสามารถนำไปเผยแพร่ให้ผู้อื่นได้ทราบหรือนำไปใช้ได้ต่อไป

กระบวนการวิจัยและพัฒนาที่มีความสำคัญและจำเป็นในการพัฒนาสิ่งใหม่ หรือต่อยอดจากสิ่งเดิมสำหรับการแก้ปัญหา พัฒนาผลผลิต รวมถึงกระบวนการดำเนินการเป็นการผสมผสานด้วยวิธีวิจัยทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยใช้หลักการ ทฤษฎีรองรับเป็นการพัฒนาทั้งความรู้และทักษะของนักวิจัย ผลที่ได้จากการวิจัยและพัฒนานี้ทำให้เกิดประโยชน์ต่อการนำไปใช้และเผยแพร่ความรู้ต่อไป

จากการนิยามความหมายลักษณะความสำคัญ และประโยชน์ของการวิจัยและพัฒนาดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปความหมายได้ว่าเกิดจากความต้องการสิ่งใหม่ ประดิษฐ์กรรมใหม่ ๆ และนวัตกรรมสำหรับการแก้ปัญหาและพัฒนาการทำงานให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เพราะต้องการผลิตภัณฑ์ใหม่ มีระบบงานและกระบวนการดำเนินงาน เทคโนโลยีขั้นสูงที่ก้าวหน้าและมีประสิทธิภาพสูงออกสู่ผู้ใช้ที่เหมาะสมสำหรับงานมุ่งแก้ปัญหาหรือพัฒนาให้เกิดคุณภพ การนำผลวิจัยเดิมหรือสิ่งประดิษฐ์เดิมมาสร้างใหม่ แล้วพัฒนาหรือต่อยอดมีเหตุผลหลักการหรือทฤษฎีรองรับ ใช้กระบวนการวิจัยเป็นฐานยอมรับผลผลิตและเผยแพร่หรือขยายผลเป็นการศึกษาค้นคว้าทดลอง และตรวจสอบนำกระบวนการวิจัยต่าง ๆ เชื่อมโยงเข้าด้วยกัน ยืดหยุ่นหรือปรับเปลี่ยนทั้งกระบวนการวิจัยและกระบวนการพัฒนาให้เหมาะสมและสอดคล้องกับความต้องการ เปิดโอกาสให้ผู้ร่วมผลิตและผู้บริโภคมีส่วนร่วมดำเนินการ ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัยและพัฒนาจะต้องเป็นช่วงเวลาที่ต่อเนื่องกัน ผลผลิตจากการวิจัยและพัฒนาสามารถนำไปจดสิทธิบัตรได้

### 1.3 กระบวนการ ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยและพัฒนา

กระบวนการและขั้นตอนในการวิจัยและพัฒนานั้นได้มีนักการศึกษา และผู้เชี่ยวชาญได้เสนอไว้หลายลักษณะ ดังต่อไปนี้

สุวัฒนา สุวรรณเขตนิคม (2540:18) ได้เสนอลำดับขั้นของการวิจัยและพัฒนาไว้ 4 ขั้นตอน ดังตารางที่ 2-1 ลำดับขั้นของการวิจัยและพัฒนา

ตารางที่ 2-1 ลำดับขั้นของการวิจัยและพัฒนา

ขั้นตอนการพัฒนา	การใช้วิจัยเป็นเครื่องมือ
D <sub>1</sub> กำหนดเป้าหมายในการพัฒนา	R <sub>1</sub> การวิจัยเอกสาร R <sub>2</sub> สํารวจ
D <sub>2</sub> ประเมินสถานะเริ่มต้น	R <sub>3</sub> ประเมิน baseline
D <sub>3</sub> วางกระบวนการดำเนินการและปรับปรุงพัฒนาไปเรื่อย ๆ	R <sub>4</sub> วิจัยเอกสาร/สํารวจ R <sub>5</sub> ทดลอง 1 R <sub>6</sub> ทดลอง 2
D <sub>4</sub> ถึงเป้าหมาย	R <sub>7</sub> ทดลอง 3 R <sub>8</sub> ประเมินสถานะสิ้นสุด

จากตารางที่ 2-1 สรุปได้ว่า ลำดับขั้นของการวิจัยและพัฒนานั้นเริ่มจากการกำหนดเป้าหมายในการพัฒนาด้วยวิธีการวิจัยเอกสารและการสํารวจ จากนั้นมีการประเมินสถานะเริ่มต้น แล้ววางแผนกระบวนการดำเนินการและปรับปรุงพัฒนา ด้วยวิธีการวิจัยเอกสาร สํารวจอีกครั้ง พร้อมทั้งมีการดำเนินการทดลอง จนกระทั่งบรรลุถึงเป้าหมายด้วยการทดลองอีกครั้งและประเมินสถานะสิ้นสุด

จรรยา สุวรรณทัต (2537:1-10) ได้เสนอขั้นตอนสำคัญในวัฏจักรของการวิจัยและการพัฒนาทางสังคมพฤติกรรมศาสตร์ไว้ ดังนี้

1. การรวบรวมการวิจัยและข้อมูล เป็นการรวบรวมการทบทวนวรรณกรรมการวิจัยที่เกี่ยวข้อง การสังเกตภายในสถานการณ์ต่าง ๆ
2. การเตรียมการ รวมทั้งให้คำนิยามทักษะการระบุวัตถุประสงค์ การกำหนดลำดับขั้นตอน และการทดสอบความเป็นไปได้ในสเกลเล็ก ๆ
3. การพัฒนาผลิตผลในรูปแบบขั้นต้น ขั้นนี้ จะรวมการเตรียมวัสดุอุปกรณ์หรือเนื้อหา ในเชิงการสอนหรือการถ่ายทอด คู่มือและเครื่องมือประเมิน
4. การทดสอบขั้นต้น โดยรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจากการสังเกตและแบบสอบถาม
5. การปรับปรุงผลิตผลในด้านสำคัญ ๆ โดยอาศัยการเสนอแนะจากผลที่ได้จากการทดลองภาคสนาม
6. การทดสอบภาคสนามขั้นสำคัญ ๆ โดยอาศัยการเสนอแนะจากผลที่ได้จากการทดลองภาคสนาม

7. การปรับปรุงผลิตผลในขั้นนำไปใช้ แก้ไขปรับปรุงโดยอาศัยผลที่ได้รับจากการทดลองภาคสนามขั้นสำคัญ

8. การทดลองภาคสนามเพื่อการปฏิบัติเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ การสังเกตและแบบสอบถาม

9. การปรับปรุงผลิตผลขั้นสุดท้ายปรับปรุงผลิตผลโดยใช้ผลจากเสนอแนะในขั้นที่ 8

10. การเผยแพร่และการจำหน่ายจ่ายแจก โดยรายงานเกี่ยวกับผลิตผลให้แก่ที่ประชุมวิชาการและวิชาชีพ และนำรายงานลงในวารสาร ทำงานกับสำนักพิมพ์เพื่อการจำหน่ายเชิงพาณิชย์ และมีการควบคุมเพื่อให้เกิดคุณภาพจากลำดับขั้นตอนทั้ง 10 นี้จะสามารถให้ผลผลิตที่มีคุณภาพซึ่งวางอยู่บนพื้นฐานของการวิจัยได้

อุทัย บุญประเสริฐ (2542:48-54) ได้กล่าวถึงขั้นตอนกระบวนการในการวิจัยและพัฒนา โดยต้นแบบมาจากการวิจัยเชิงทดลองประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ ดังนี้

1. การศึกษาวิเคราะห์สภาพปัจจุบัน (Situation Analysis) และกำหนดเป้าหมายหรือลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ (Product Desired)

2. การออกแบบต้นแบบ (Prototype Design) หรือระบบในขั้นต้น (System Design)

3. การทดสอบต้นแบบในขั้นทดลองใช้ (Trial Test) หรือในการทดลองแบบนำร่อง (Pilot Test)

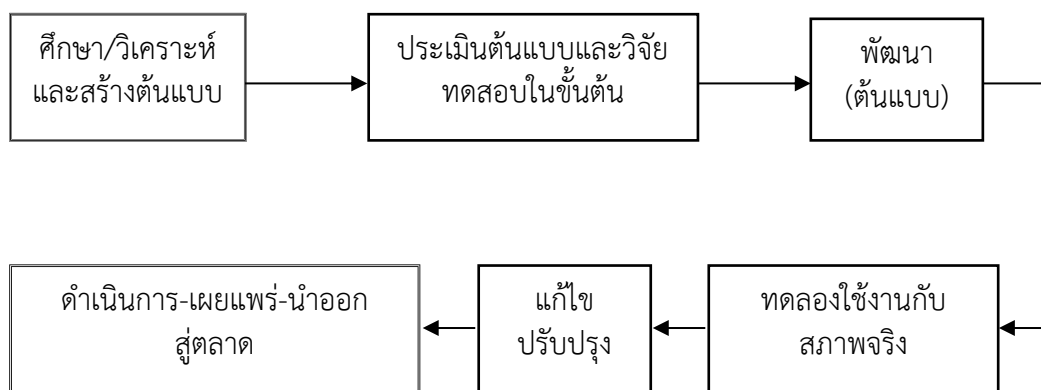
4. การปรับปรุงต้นแบบหรือพัฒนาระบบจากผลการทดลอง (Product หรือ System Improvement)

5. การทดสอบภาคสนามหรือทดสอบระบบ (Field Test หรือ System Improvement)

6. ปรับปรุงให้เหมาะสมยิ่งขึ้น (Improvement)

7. ดำเนินการผลิตและเผยแพร่ หรือนำออกสู่ตลาด

จากกระบวนการดังกล่าวสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2-1 ดังนี้



แผนภูมิที่ 2-1 แสดงขั้นตอนกระบวนการวิจัยและพัฒนา

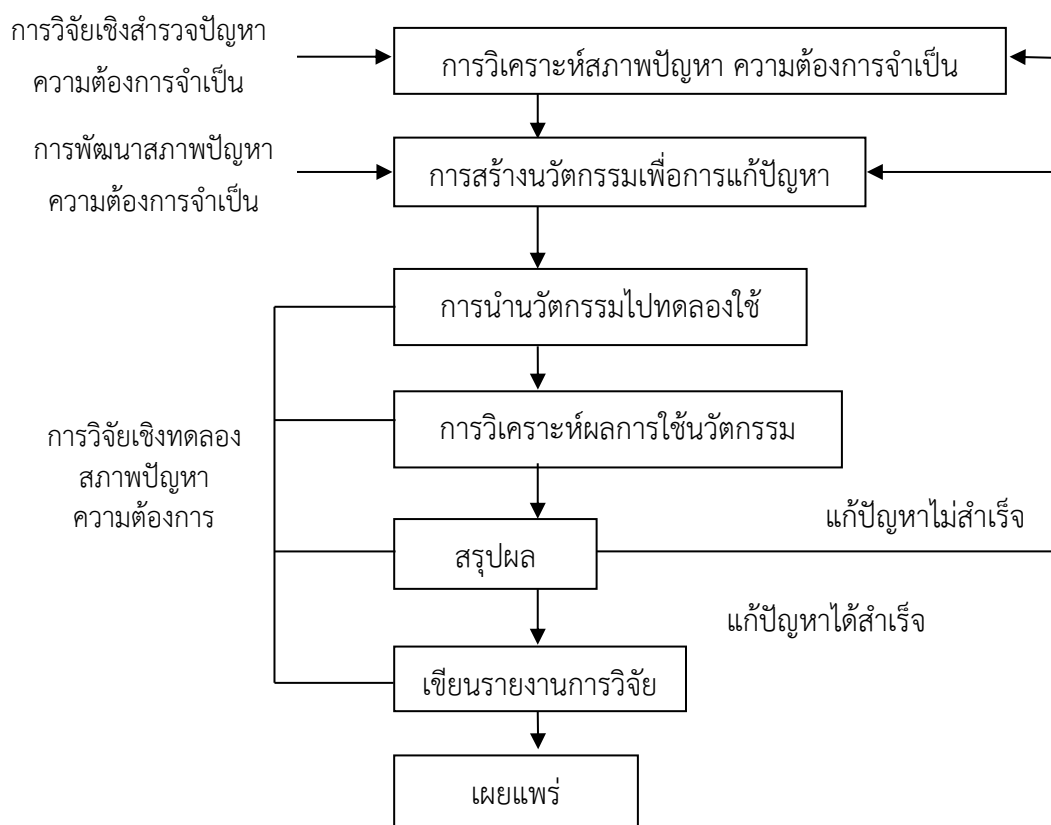
(ที่มา : อุทัย บุญประเสริฐ, 2542:48-54)

วรรณิ โสมประยูร (2546 : 10-14) ได้กล่าวถึงกระบวนการวิจัยและพัฒนาไว้ว่า เป็นกระบวนการพัฒนาที่มีขอบเขตค่อนข้างกว้าง สมบูรณ์แบบและครบวงจร รวมทั้งจะต้องมีการทดลอง ทดสอบ ตรวจสอบ ทดลองซ้ำ ประเมินผล และติดตามผลทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติที่แน่นอนและเป็นระบบอย่างต่อเนื่อง

เมื่อถึงช่วงกำลังดำเนินการวิจัยอยู่และหรือเมื่อได้ผลสรุปของการวิจัยออกมาแล้ว ผู้วิจัยมักจะต้องเสริมหรือต่อยอดการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ด้วยการเผยแพร่หรือขยายผลไปสู่ผู้ใช้ (Dissemination) เพื่อให้ผลการวิจัยเป็นที่ยอมรับ รวมทั้งเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้หรือสังคมอย่างแท้จริง

จากขั้นตอนของกระบวนการวิจัยและพัฒนาที่นำเสนอมาในรูปแบบต่าง ๆ นี้ จะเห็นได้ว่าการวิจัยและพัฒนา มีขั้นตอนหลักอยู่ 6 ขั้นตอน คือ การกำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ การศึกษาสภาพและประเมินความต้องการจำเป็น การสร้างและพัฒนานวัตกรรม การดำเนินการทดลอง ทดสอบ การปรับปรุง/ดำเนินการซ้ำ การประเมินผล การเผยแพร่อาจดำเนินการซ้ำไปเรื่อย ๆ เพื่อให้ผลการพัฒนา มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

ธีรวุฒิ เอกะกุล (2555: 66-67) ได้กล่าวถึงกระบวนการวิจัยและพัฒนาไว้ว่า การวิจัยและพัฒนา เป็นการนำเอากระบวนการวิจัยที่มีขั้นตอนที่เป็นระบบโดยเริ่มต้นด้วยการวิจัยเชิงสำรวจ เมื่อทราบข้อค้นพบสภาพปัญหา แล้วยังสามารถจัดทำนวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหาและทำการวิจัยด้วยกระบวนการวิจัยเชิงทดลอง เมื่อแก้ปัญหาไม่สำเร็จยังสามารถปรับปรุงนวัตกรรมแล้วทดลองใหม่จนแก้ปัญหาได้สำเร็จแล้วเผยแพร่ นั่นคือลักษณะของการวิจัยและพัฒนา โดยสรุปได้ดังภาพที่ 2-2 นี้



แผนภูมิที่ 2-2 แสดงรูปแบบการวิจัยและพัฒนา  
(ที่มา : ธีรวุฒิ เอกะกุล, 2555: 66-67)

กล่าวได้ว่ากระบวนการวิจัยและพัฒนาที่นำเสนอมาในรูปแบบต่าง ๆ เป็นกระบวนการที่มีความต่อเนื่อง มีการสะท้อนผลการวิจัยจากข้อค้นพบในวัตถุประสงค์การวิจัยต่าง ๆ ทำให้สามารถ

นำไปสู่กระบวนการสร้างและพัฒนาวัตกรรม ยังสามารถปรับแก้วัตกรรมให้มีคุณภาพ และนำไปสู่การพัฒนามาตรฐานการผลิตในด้านต่างๆ เช่น ด้านคุณภาพการจัดทำสิ่งประดิษฐ์อย่างมีคุณค่า

Borg and Gall (1979:662-670) ได้เสนอการวิจัยและพัฒนาการสอนอย่างเป็นระบบ ซึ่งมีการนำไปใช้อย่างกว้างขวางประกอบไปด้วย 10 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดจุดมุ่งหมาย สํารวจความพร้อมและประเมินความต้องการจำเป็น (Assess Needs to Identify Goal(s))

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์กระบวนการเรียนการสอน (Conduct Instructional Analysis)

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์ผู้เรียนและบริบท (Analyze Learners and Contexts)

ขั้นตอนที่ 4 กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (write Performance Objectives)

ขั้นตอนที่ 5 พัฒนาเครื่องมือในการประเมินผล (Develop Assessment Instruments)

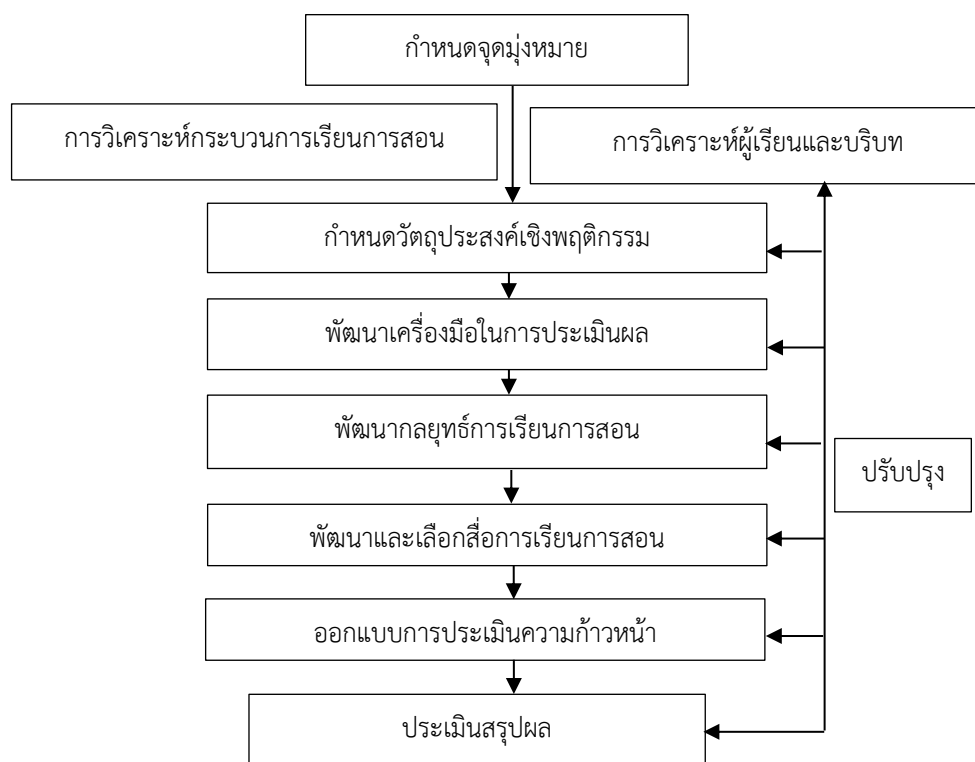
ขั้นตอนที่ 6 พัฒนากลยุทธ์การเรียนการสอน (Develop Instructional Strategy)

ขั้นตอนที่ 7 พัฒนาและเลือกสื่อการเรียนการสอน (Develop and Select Instructional Materials)

ขั้นตอนที่ 8 ออกแบบและประเมินความก้าวหน้า (Design and Conduct the Formative Evaluation of Instruction)

ขั้นตอนที่ 9 ปรับปรุงการเรียนการสอน (Revise Instruction)

ขั้นตอนที่ 10 ประเมินสรุปผล (Design and Conduct Summative Evaluation) ทั้ง 10 ขั้นตอน ดังนี้



แผนภูมิที่ 2-3 แสดงการวิจัยและพัฒนาการสอนอย่างเป็นระบบ (ที่มา : Borg and Gall, 1979: 662)



จากการสังเคราะห์กระบวนการขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยและพัฒนาพบว่า ในแต่ละกระบวนการและขั้นตอนจะต้องมีการศึกษาวิเคราะห์สภาพปัจจุบันประเมินสถานะเริ่มต้น การกำหนดเป้าหมายระบุวัตถุประสงค์ วางแผนกระบวนการดำเนินการและปรับปรุงพัฒนาด้วยวิธีการวิจัยเอกสาร สัมภาษณ์รวบรวมการวิจัยและข้อมูล พัฒนาเครื่องมือในการประเมินผล เลือกสื่อ นวัตกรรมที่เหมาะสม กำหนดลำดับขั้นตอนและการทดสอบ การเตรียมวัสดุอุปกรณ์ ดำเนินการทดลอง การทดสอบต้นแบบ รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ปรับปรุงผลิตผลการปรับปรุงต้นแบบ ทดสอบภาคสนาม การทดลองภาคสนาม เพื่อการปฏิบัติ การปรับปรุงผลิตผลขั้นสุดท้าย ประเมินสถานะสิ้นสุด ดำเนินการผลิตและเผยแพร่

สรุปได้ว่ากระบวนการวิจัยและพัฒนา ไม่ว่าจะเป็นวิธีการของนักวิชาการท่านใดตั้งได้กล่าวมาแล้วนั้น หากผู้ทำวิจัยดำเนินการตามกระบวนการแนวคิดของนักวิชาการนั้น ๆ ก็จะสามารถปฏิบัติการวิจัยได้บรรลุผล ซึ่งกระบวนการวิจัยและพัฒนาจะเป็นกระบวนการที่มีความต่อเนื่องเริ่มจากการศึกษาสภาพปัจจุบัน สภาพปัญหา แนวทางในการแก้ปัญหา การทดลองและพัฒนา การประเมินผลและการสรุปผล มีการสะท้อนผลการวิจัยจากข้อค้นพบในวัตถุประสงค์การวิจัยต่าง ๆ ทำให้สามารถนำไปสู่กระบวนการสร้างและพัฒนานวัตกรรม และยังสามารถปรับแก้นวัตกรรมให้มีคุณภาพและนำไปสู่การพัฒนา มาตรฐานการผลิตในด้านต่าง ๆ ได้เช่น ด้านการพัฒนาคุณภาพ ด้านการสร้างและพัฒนานวัตกรรม สิ่งประดิษฐ์ เป็นต้น

## ตอนที่ 2 การวิจัยเชิงปฏิบัติการ

### 2.1 ความเป็นมาของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

การวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) เกิดขึ้นในปี ค.ศ. 1944 โดย Kurt Lewin (วิจัย วงษ์ใหญ่ 2537: 11 และยาใจ พงษ์บริบูรณ์, 2537 ก : 11-12)

ธีระวุฒิ เอกะกุล (2546: 12-13) กล่าวถึงการวิจัยปฏิบัติการว่า มีจุดกำเนิดจากการแสวงหาแนวทางแก้ไขปัญหาด้านสังคมของ Kurt Lewin ต่อมาได้มีการนำกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการไปประยุกต์ใช้กับวงจรต่าง ๆ ของการศึกษา ต่อมา Stephen M Corey ได้นำเอาวิจัยเชิงปฏิบัติการมาใช้ในลักษณะการปรับปรุงหลักสูตรและการเรียนการสอนในช่วงทศวรรษ 1970 ประเทศอังกฤษ และออสเตรเลียได้นำเอาวิจัยเชิงปฏิบัติการมาใช้ในการพัฒนาการเรียนการสอนระดับโรงเรียน เปลี่ยนบทบาทครูผู้สอนเป็นครูในฐานะนักวิจัย และในปี ค.ศ. 1972-1975 Elliott and Adelman ได้นำการวิจัยเชิงปฏิบัติการมาใช้ในการดำเนินการตามโครงการสอน Ford Teaching Project เป็นโครงการที่ประกอบด้วยครูจากโรงเรียนประถมศึกษาและมัธยมศึกษา จำนวน 40 คน ทำการตรวจสอบผลปฏิบัติงานของตนเองโดยผ่านกระบวนการวิจัยปฏิบัติการ ซึ่งมีจุดเน้นเพื่อช่วยให้ครูได้พัฒนาการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน แล้วนำผลงานปฏิบัติการมาแลกเปลี่ยนประสบการณ์กันคนอื่น ๆ โดยใช้วิธีการติดตามผลการกระทำที่เกิดจากช่องว่างระหว่างความคาดหวังกับการปฏิบัติงานครู

ต่อมาในประเทศออสเตรเลีย Kemmis and McTaggart ได้กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นส่วนสำคัญต่อการปรับปรุงโรงเรียนและการวิจัยการศึกษา โดยมีสาเหตุสำคัญ 2 ประการ คือ ความก้าวหน้าเกี่ยวกับการตรวจสอบ และการพัฒนาการเรียนรู้อะดับโรงเรียนและความตระหนักทางด้านวิชาชีพเพิ่มขึ้นระหว่างผู้แสวงหาวิธีการใหม่ ๆ ในการทำงานและการทำความเข้าใจงานซึ่ง Kemmis and McTaggart ได้พัฒนากระบวนการวิจัยปฏิบัติการทางการศึกษาจากแนวคิด

พื้นฐานของ Lewin มาใช้กำหนดขั้นตอนของการวิจัยให้อยู่บนไคเวียน (Action Research Spirals) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ การวางแผน การปฏิบัติ การสังเกต การสะท้อนกลับ

## 2.2 ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

การวิจัยเชิงปฏิบัติการนั้น นักการศึกษาหรือนักวิจัยแต่ละท่านอาจจะเรียกแตกต่างกัน เช่น การวิจัยในชั้นเรียน การวิจัยเชิงปฏิบัติการ การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน การวิจัยของครู การวิจัยเพื่อแก้ปัญหาเฉพาะหน้า การวิจัยเพื่อพัฒนางาน การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน โดยมีผู้ให้ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้ ดังนี้

กุลยา ตันติผลาชีวะ (2545: 33) ได้ให้ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การศึกษาค้นคว้าหาวิธีแก้ปัญหา ปรับปรุง เปลี่ยนแปลง เพื่อพัฒนาคุณภาพของงานที่ตนกำลังปฏิบัติ อยู่ และขณะเดียวกันสร้างความเข้าใจถึงสภาพปัญหาและกระบวนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น โดยผ่านกระบวนการของวงจรบันไดเวียน ข้อมูลที่รวบรวมได้ระหว่างดำเนินงานเป็นฐานของการปรับแก้ไขในขั้นถัดไป

Kemmis & Mc Taggart (1988, อ้างถึงในคงศักดิ์ ธาตุทอง 2542: 41) ได้อธิบายความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้ว่า เป็นการรวบรวมปัญหาหรือคำถามจากการสะท้อนการปฏิบัติการของผู้มีส่วนร่วมในการปฏิบัติการในสังคมใดสังคมหนึ่ง เพื่อต้องการที่จะพัฒนาหลักการ เหตุผล และวิธีการปฏิบัติงาน เพื่อให้ได้รูปแบบหรือแนวทางไปใช้ในการพัฒนาคุณภาพการปฏิบัติงาน นั้น

คงศักดิ์ ธาตุทอง (2542: 40) ได้ให้ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้ว่า

1. เป็นการวิจัยอย่างมีระบบ เกี่ยวข้องกับความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล และสะท้อนที่ได้อย่างมีพินิจพิเคราะห์ เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ในการปรับปรุงการปฏิบัติการอย่างต่อเนื่องจนเป็นที่พอใจของผู้วิจัย
2. เป็นการค้นหาปัญหาเพื่อการปรับปรุงและทำความเข้าใจปัญหาด้วยการกระทำและเรียนรู้จากผลการกระทำนั้น ๆ
3. เป็นการทำวิจัยในงานของผู้วิจัยและงานที่กลุ่มวิจัยเป็นการทำงานของกลุ่มที่เกี่ยวข้องเพื่อช่วยพัฒนางานของผู้วิจัยไปพร้อม ๆ กัน และช่วยกระตุ้นให้เกิดการทำงานร่วมกันอย่างมีจุดหมาย
4. การวิจัยเชิงปฏิบัติการใช้แนวคิดทางสังคมศาสตร์ เกี่ยวข้องกับบุคคลและการพัฒนาให้ดีขึ้นจะเป็นระบบที่หมุนไปเรื่อย ๆ เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ตัวผู้ทำวิจัยเองและสถานการณ์แวดล้อม

ประวิต เอวารธรรม (2542: 3) กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการที่ผู้ปฏิบัติงานมุ่งศึกษาทำความเข้าใจในงานหรือกิจกรรมในหน้าที่เพื่อค้นหาวิธีการแก้ไข ปรับปรุงและพัฒนางานหรือกิจกรรม และการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนเป็นการศึกษาค้นคว้าของครู ซึ่งจัดว่าเป็นผู้ปฏิบัติงานในชั้นเรียนเพื่อแก้ปัญหาการจัดการจัดการเรียนการสอน หรือพฤติกรรมของนักศึกษาและคิวิเคราะห์ เพื่อพัฒนานวัตกรรมการเรียนการสอน

สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ (2544: 6) ได้ให้ความหมายของกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่า เป็นการวิจัยที่ทำโดยครูในชั้นเรียน โดยมีจุดประสงค์เพื่อแก้ปัญหา

ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน มีการดำเนินการที่มีแผนชัดเจนกระทำอย่างรวดเร็ว สามารถนำผลมาใช้ได้ทันที ในระหว่างการทำวิจัยจะมีการสะท้อนข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติงานต่าง ๆ ซึ่งผลที่ได้ก็นำมาปรับปรุงการเรียนรู้ โดยมีจุดเน้นเป็นประโยชน์ต่อตัวนักศึกษามากที่สุด กระบวนการทำวิจัยในชั้นเรียนจะมีการทำอย่างต่อเนื่องจนกว่าจะได้ผลตามเป้าหมายที่ต้องการ

ธีรวุฒิ เอกะกุล (2546: 4) กล่าวถึงความหมายของวิจัยเชิงปฏิบัติการว่าเป็นการศึกษารวบรวมหรือแสวงหาข้อเท็จจริง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสรุปอันจะไปสู่การแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ทั้งในประสิทธิภาพและประสิทธิผล การปฏิบัติงานนั้นบรรลุจุดประสงค์หรือแก้ไขปัญหาที่ประสบอยู่ได้สำเร็จ วิธีการนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการปฏิบัติงานในสาขาต่าง ๆ เช่น การศึกษา สังคมวิทยา

สรุปได้ว่าความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการได้ว่า เป็นกระบวนการแก้ปัญหาโดยผ่านการวางแผนและการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบ มุ่งเน้นเอาผลที่ได้มาใช้แก้ปัญหาบางประการที่เกิดขึ้นขณะปฏิบัติงาน โดยหาสาเหตุเพื่อให้มีความเข้าใจในเหตุการณ์ต่าง ๆ และดำเนินการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนต่อไป เป็นวงจรต่อเนื่องกันโดยผู้วิจัยคือผู้ปฏิบัติงานจริงหรือมีส่วนเกี่ยวข้องกับสถานการณ์นั้น

### 2.3 จุดมุ่งหมายของการวิจัยปฏิบัติการ

ยาใจ พงษ์บริบูรณ์ (2537: 13) กล่าวว่าไว้ว่าจุดมุ่งหมายสำคัญของการวิจัยเชิงปฏิบัติการคือมีความมุ่งหมายที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพของการปฏิบัติงานประจำให้ดีขึ้นโดยนำงานที่ปฏิบัติอยู่มาวิเคราะห์สาระสำคัญของสาเหตุที่เป็นปัญหา อันเป็นเหตุให้งานที่ปฏิบัตินั้นไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร จากนั้นจะใช้แนวคิดทางทฤษฎีและประสบการณ์การปฏิบัติที่ผ่านมาเสาะหาข้อมูลและวิธีการที่คาดว่าจะแก้ปัญหาได้ แล้วนำวิธีการดังกล่าวไปทดลองใช้กับกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการวิจัยเชิงปฏิบัติการไม่จำเป็นต้องมีกลุ่มตัวอย่างเพราะกลุ่มตัวอย่างคือ ประชากรของเรื่องที่ศึกษาและเป็นหน่วยงานหรือห้องเรียน ซึ่งมีขนาดไม่ใหญ่นักและประการสำคัญการวิจัยชนิดนี้ไม่ต้องการผลที่ไปสรุปอ้างอิง (Generalization) ถึงกลุ่มอื่น ๆ ด้วย

ธีรวุฒิ เอกะกุล (2546: 5) กล่าวว่า การนำวิธีการวิจัยเชิงปฏิบัติการมาใช้ในการเรียนรู้มีจุดประสงค์ที่สำคัญคือ เพื่อให้ครูได้ปรับเปลี่ยนบทบาทของตนเองจากการเป็นผู้บริโภคงานวิจัยไปเป็นผู้ทำการศึกษาด้วยตนเอง และเพื่อให้เกิดการพัฒนาคุณภาพการจัดการศึกษาอย่างมีประสิทธิภาพ

### 2.4 ลักษณะสำคัญของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

ยาใจ พงษ์บริบูรณ์ (2536: 11-15) เสนอกรอบแสดงลักษณะการวิจัยเชิงปฏิบัติการทางการศึกษา (Action Research in Education) ดังนี้

1. เป็นการวิจัยแบบมีส่วนร่วมและมีการร่วมมือ (Participation and Collaboration) ใช้การทำงานเป็นกลุ่ม ผู้ร่วมวิจัยทุกคนมีส่วนร่วมสำคัญและมีบทบาทเท่าเทียมกัน ในทุกกระบวนการของการวิจัย ทั้งการเสนอความคิดเชิงทฤษฎีและการปฏิบัติ ตลอดจนการวางนโยบายการวิจัย
2. เน้นการปฏิบัติการ (Action Orientation) การวิจัยชนิดนี้ใช้การปฏิบัติเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและศึกษาผลของการปฏิบัติเพื่อมุ่งให้เกิดการพัฒนา
3. ใช้การวิเคราะห์วิจารณ์ (Critical Function) การวิเคราะห์การปฏิบัติการอย่างลึกซึ้งจากสิ่งที่สังเกตได้จะนำไปสู่การตัดสินใจที่สมเหตุสมผล เพื่อการปรับแผนการปฏิบัติการ

4. ใช้วงจรการปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis & Mc Taggart คือ การวางแผน การปฏิบัติ การสังเกตและการสะท้อนการปฏิบัติการ ตลอดจนการปรับปรุงแผนเพื่อนำไปปฏิบัติในวงจรต่อไป จนกว่าจะได้รูปแบบของการปฏิบัติงานพึงพอใจและได้ข้อเสนอเชิงทฤษฎีเพื่อเผยแพร่ต่อไป

ผ่องพรรณ ตรียมงคลกุล (2543: 28) ได้กล่าวถึงการวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นการวิจัยที่มีลักษณะสำคัญ 3 ประการ ดังนี้

1. เป็นการวิจัยที่เรียกว่า “Self-Reflective Inquiry” กล่าวคือ ไม่ใช่มุ่งพัฒนาความรู้ใหม่แต่จุดเน้นอยู่ที่การมองสะท้อนกลับสภาพการณ์หรือปัญหาที่ตนเผชิญอยู่ เช่น ปัญหาที่ครูพบในการสอน ซึ่งเป็นปัญหาใกล้ตัวไม่ใช่ปัญหาที่เริ่มจากภายนอก

2. เป็นการวิจัยที่ดำเนินการโดยผู้มีส่วนร่วมโดยตรงในหน่วยงานหรือองค์กรนั้น เช่น ในกรณีของโรงเรียนจะเป็นการวิจัยโดยครูในโรงเรียนนั้น และถ้าจะให้ดีที่สุดควรจะเป็นการวิจัยร่วมกันของบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้อง (Collaborative/Participatory Research) ในกรณีการวิจัยในชั้นเรียนอาจจะเป็นการวิจัยร่วมกันระหว่างครู และนักวิจัยสนับสนุนภายนอกด้วยก็ได้

3. เป็นการวิจัยเพื่อหวังผลในการปรับปรุง/พัฒนาวิธีการปฏิบัติในหน่วยงานหรือองค์กรนั้น ๆ โดยตรง ในกรณีการวิจัยในชั้นเรียนนั้นจะเป็นการดำเนินการเพื่อปรับปรุงหลักสูตรโครงการหรือการเรียนการสอนของครูผู้ดำเนินการวิจัยนั้น ซึ่งเป็นการมุ่งผลในการปฏิบัติอย่างแท้จริง เพื่อการพัฒนาตามแนวทางใดแนวทางหนึ่งคือ การปรับวิธีการเดิมให้เหมาะสมยิ่งขึ้น หรือการเปลี่ยนแปลงไปสู่แนวทางปฏิบัติใหม่ ๆ

กุลยา ตันติผลาชีวะ (2545: 33) กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นวิธีการวิจัยที่มุ่งถึงการกระทำเพื่อปรับปรุง การปฏิบัติด้วยการศึกษาผลจากการกระทำอย่างเป็นระบบ โดยเน้นปัญหาและความต้องการเฉพาะของผู้วิจัยที่ต้องการแก้ปัญหาหรือเปลี่ยนแปลงการวิจัยจะประกอบด้วย

1. การสืบค้นหาวิธีการแก้ปัญหาที่มีความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ
2. การร่วมมือระหว่างผู้เชี่ยวชาญในการปฏิบัติการวิจัย
3. การเปลี่ยนแปลงระหว่างวิจัย
4. การสร้างความกระจ่างในทฤษฎี

การวิจัยเชิงปฏิบัติการ เป็นการวิจัยในสภาพจริงตามธรรมชาติเป็นวงจรของการศึกษาค้นคว้าเพื่อแก้ปัญหาในชั้นเรียนอย่างเป็นระบบ ประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 4 ประการ คือ การวางแผน การปฏิบัติ การคิดทบทวนและการประเมินผล

## 2.5 กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

ผ่องพรรณ ตรียมงคลกุล (2543: 29-31) ได้เสนอองค์ประกอบของการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้ 3 ประการ คือ

1. การวางแผนโดยพิจารณาในประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น สิ่งที่ต้องการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงคืออะไร จะเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงอย่างไร มีขั้นตอนอย่างไร จะประสานกับผู้เกี่ยวข้องอย่างไร จะต้องใช้ทรัพยากรอะไรบ้าง มีข้อควรคำนึงในแง่จริยบรรณของการวิจัยอย่างไรบ้าง (บนพื้นฐานของข้อมูลที่ได้จากการวินิจฉัยวิเคราะห์)

2. การปฏิบัติตามแผนที่กำหนดไว้จะประกอบด้วย การดำเนินการตามขั้นตอนที่วางไว้ การกำกับดูแลวิธีการปฏิบัติให้เป็นไปตามแผน

3. การประเมินผลการปฏิบัติ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาผลจากการทดลองปฏิบัติ โดยพิจารณาผลที่มุ่งหวัง (Intended Effects) และผลข้างเคียง (Unintended Effects) พิจารณาข้อมูลหลายด้าน หลายมุมมอง เพื่อช่วยให้ประเมินได้เที่ยงตรงมากที่สุด ผลจากการประเมินนักวิจัยจะนำมาสรุปร่วมกัน เพื่อตัดสินใจว่าการปฏิบัตินั้นได้ผลน่าพอใจ หรือควรทดลองปฏิบัติใหม่ ซึ่งในกรณีที่ต้องทดลองปฏิบัติใหม่ ก็จะนำไปสู่การเริ่มต้นวงจรใหม่ของการวิจัยในประเด็นปัญหาเดิมต่อไป ซึ่งลักษณะเด่นของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ คือ วงจรของการวิจัยที่อาจต่อเนื่องเป็นเสมือนเกลียว (Spiral) กล่าวคือ ผลของการประเมินอาจนำไปสู่การวางแผนและทดลองปฏิบัติใหม่จนกว่าจะบรรลุ

## 2.6 รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

ยาใจ พงษ์บริบูรณ์ (2537 ข: 12) เสนอกรอบแสดงลักษณะการวิจัยเชิงปฏิบัติการทางการศึกษา ดังนี้

1. เป็นการวิจัยแบบมีส่วนร่วมและมีการร่วมมือ (Participation and Collaboration) ใช้การทำงานเป็นกลุ่ม ผู้ร่วมวิจัยทุกคนมีส่วนร่วมสำคัญและมีบทบาทเท่าเทียมกัน ในทุกกระบวนการของการวิจัย ทั้งการเสนอความคิดเชิงทฤษฎีและการปฏิบัติ ตลอดจนการวางแผนการวิจัย

2. เน้นการปฏิบัติ (Action Orientation) การวิจัยชนิดนี้ใช้การปฏิบัติเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง และศึกษาผลการปฏิบัติเพื่อมุ่งให้เกิดการพัฒนา

3. การใช้วิเคราะห์วิจารณ์ (Critical Function) การวิเคราะห์การปฏิบัติอย่างลึกซึ้งจากสิ่งที่สังเกตได้ จะนำไปสู่การตัดสินใจที่สมเหตุสมผลเพื่อปรับแผนการปฏิบัติการ

4. ใช้วงจรการปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart คือ การวางแผน การปฏิบัติ การสังเกต และการสะท้อนกลับตลอดจนการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อนำไปปฏิบัติในวงจรต่อไป จนกว่าจะได้รูปแบบของการทำงานที่พึงพอใจและได้ข้อเสนอเชิงทฤษฎีเพื่อเผยแพร่ต่อไป

สุวิมล ว่องวานิช (2544: 17) กล่าวถึงรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่า มีการจัดประเภทของรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้ 2 ประเภท คือ

1. การวิจัยแบบเป็นทางการ (Formal Research) เป็นงานวิจัยที่มีแบบแผน การวิจัยที่เคร่งครัด การดำเนินงานและการนำเสนอเหมือนงานวิจัยเชิงวิชาการ (Academic Research) ของนักวิจัยมืออาชีพมีการออกแบบที่รัดกุมเพื่อตอบคำถามวิจัยได้ชัดเจน

2. การวิจัยแบบไม่เป็นทางการ (Informal Research) เป็นงานวิจัยที่ไม่ยึดรูปแบบการวิจัยอย่างเคร่งครัดเหมือนการวิจัยเชิงวิชาการ มุ่งเน้นตอบคำถามวิจัยมากกว่าการยึดรูปแบบข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยพยายามใช้ข้อมูลที่มีอยู่แล้วจากการเรียนการสอนปกติ นำเสนอผลการวิจัยเพียงประเด็นที่ผู้วิจัยต้องการนำเสนอ

ธีรวุฒิ เอกะกุล (2546: 34-44) ได้กล่าวถึงขั้นตอนของการดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการที่สำคัญเท่าที่ปรากฏอยู่ในขณะนี้คือ ขั้นตอนของ Lewin ขั้นตอนของ Elliot ขั้นตอนของ Ebbutt และขั้นตอนของ Cohen and Manion ถึงแม้จะมีหลายรูปแบบแต่ก็มีลักษณะคล้ายคลึงกันคือ เป็นการวางแผนการปฏิบัติงานเพื่อพัฒนา ปรับปรุงสิ่งใด สิ่งหนึ่งให้มีคุณภาพดีกว่าที่เป็นอยู่ และขั้นตอนในการดำเนินงาน

เป็นวัฏจักร สามารถดำเนินการซ้ำได้หลาย ๆ ครั้งประเด็นสำคัญคือ ก่อนที่จะลงมือดำเนินงานในครั้งต่อไป จะต้องมีการรวบรวมวิเคราะห์ข้อเท็จจริงที่เกิดจากการปฏิบัติของครั้งที่ผ่านมาด้วย เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการวางแผนการปรับแก้จุดประสงค์ดำเนินการ

สรุปได้ว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบบันไดเวียนตามแนวคิดของ Lewin เน้นที่ความจำเป็นสำหรับการวางแผนการปฏิบัติงานที่ต้องมีความยืดหยุ่น และมีการสนองตอบแต่ในสภาพความเป็นจริงทางสังคม ต้องยอมรับว่าในการปฏิบัตินั้นไม่สามารถทำทุกสิ่งได้ตามความต้องการซึ่งพอจะขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการจะทำในจุดเล็ก ๆ ไม่เกี่ยวข้องกันจะเริ่มต้นจากการวางแผนซึ่งได้มาจากการตรวจสอบแนวความคิดอย่างละเอียด รอบคอบ โดยพิจารณาจากความเป็นไปได้รวมทั้งแสวงหาข้อเท็จจริงเกี่ยวกับสถานการณ์ที่เผชิญอยู่ด้วย จากนั้นจึงนำแผนงานที่ได้ไปปฏิบัติจริง คือ การติดตามผลการปฏิบัติ และการสังเกต โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการปฏิบัติงานตามแผน นำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการปรับปรุงแก้ไข แผนงาน คือการสะท้อนกลับ การปรับปรุงแผนแล้วดำเนินการตามขั้นตอนเดิมซ้ำอีก โดยนำมาใช้เป็นข้อมูลประกอบการวางแผนการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานได้

### ตอนที่ 3 การสร้างรูปแบบ

#### 3.1 ความหมายของรูปแบบ

Kaplan (1964: 264); Keeves (1988:559); Good (1973: 70) ได้ให้ความหมายของคำว่า รูปแบบ (Model) หมายถึง การออกแบบโครงสร้างอย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อแสดงให้เห็นถึงความต่อเนื่องความสัมพันธ์และความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ภายใต้การออกแบบเป็นการย่อส่วนหรือจำลองปรากฏการณ์ของตัวแปรนั้น ๆ เพื่อเป็นแนวทางหรือแบบอย่างสำหรับทำตามรูปแบบ คือ ตัวแทนของการใช้แนวความคิดของโปรแกรมที่กำหนดเฉพาะ หรือรูปย่อของความจริงของปรากฏการณ์ ซึ่งแสดงด้วยข้อความ จำนวน หรือภาพ โดยการลดทอนเวลา ทำให้เข้าใจความจริงของปรากฏการณ์ได้ดียิ่งขึ้น สามารถทำตามและลอกเลียนแบบได้

ทิตานา แชมมณี (2550: 220) และ เซวรัตน์ เตมียกุล (2552: 14) กล่าวว่า รูปแบบเป็นรูปธรรมของความคิดที่เป็นนามธรรม ซึ่งบุคคลแสดงออกมาในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง เช่น เป็นคำอธิบาย เป็นแผนผัง ไตรอะแกรมหรือแผนภาพ เพื่อให้ตนเองหรือบุคคลอื่นสามารถเข้าใจได้ชัดเจนขึ้น รูปแบบหมายถึง โครงสร้าง โปรแกรม แบบจำลอง หรือตัวแบบที่จำลองสภาพความเป็นจริง ที่สร้างขึ้นจากการลดทอนเวลา ทำให้เข้าใจง่าย

สรุปได้ว่ารูปแบบหมายถึง รูปย่อของความจริงของปรากฏการณ์ ซึ่งแสดงด้วยข้อความ จำนวน หรือภาพสำหรับปรากฏการณ์ทำให้เข้าใจความจริงของปรากฏการณ์ได้ดียิ่งขึ้น และพิจารณาว่ามีสิ่งใดบ้างที่จะต้องนำมาศึกษา เพื่อใช้ทดแทนแนวความคิดหรือปรากฏการณ์ใดปรากฏการณ์หนึ่ง โดยอธิบายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่างๆ ของรูปแบบนั้น

#### 3.2 องค์ประกอบของรูปแบบ

Keeves (1988: 559); Brown and Moberg Keeves (1980: 15-18) กล่าวว่า รูปแบบโดยทั่วไปมีองค์ประกอบที่สำคัญ ดังนี้

3.2.1 รูปแบบจะต้องนำมาสู่การทำนาย (Prediction) ผลที่ตามมาซึ่งสามารถพิสูจน์ทดสอบได้ กล่าวคือสามารถนำไปสร้างเครื่องมือเพื่อไปพิสูจน์ทดสอบได้โดยกรณีศึกษาสภาพแวดล้อม

3.2.2 โครงสร้างของรูปแบบจะต้องประกอบด้วยความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (Causal Relationship) หรือการนำเทคโนโลยีมีกระบวนการจัดการที่นำมาอธิบายปรากฏการณ์เรื่องนั้นได้

3.2.3 รูปแบบจะต้องสามารถช่วยสร้างจินตนาการ (Imagination) ความคิดรวบยอด (Concept) และความสัมพันธ์ (Interrelations) รวมทั้งช่วยขยายขอบเขตของการสืบเสาะความรู้และสามารถนำไปสู่อำนาจการตัดสินใจได้

3.2.4 รูปแบบควรจะต้องประกอบด้วยความสัมพันธ์เชิงโครงสร้าง (Structure Relationships) มากกว่าความสัมพันธ์เชิงเชื่อมโยง (Associative Relationships)

### 3.3 รูปแบบการเรียนการสอน

รูปแบบการเรียนการสอน คือ สภาพลักษณะของการเรียนการสอนที่ครอบคลุมองค์ประกอบสำคัญซึ่งได้รับการจัดไว้อย่างเป็นระเบียบ ตามหลักปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิดหรือความเชื่อต่าง ๆ

ทิตนา แชมมณี (2550: 221-222) ซึ่งรูปแบบการเรียนการสอนต้องได้รับการพิสูจน์ทดสอบ สามารถทำนายผลได้ และมีศักยภาพในการสร้างความคิดรวบยอดและความสัมพันธ์ใหม่ ๆ ได้ ซึ่งกล่าวว่ารูปแบบการเรียนการสอนจำเป็นต้องมีองค์ประกอบสำคัญ ๆ ดังนี้

3.3.1 มีปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิด หรือลักษณะของการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับหลักการที่ยึดถือ

3.3.2 มีการบรรยายหรืออธิบายสภาพ ลักษณะของการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับหลักการที่ยึดถือ

3.3.3 มีการจัดระบบ คือ มีการจัดองค์ประกอบและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของระบบให้สามารถนำผู้เรียนสู่เป้าหมายของระบบหรือกระบวนการนั้น ๆ

3.3.4 มีการอธิบายหรือให้ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการสอน และเทคนิคการสอนต่างๆ อันจะช่วยให้กระบวนการเรียนการสอนนั้น ๆ เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

Enggen And Kauchak (2001: 14-15) กล่าวว่ารูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่ดียังสามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบหลักสูตร หรือประกอบการพิจารณาและวางโครงสร้างของสื่อการสอนได้อีกด้วย

### 3.4 ลักษณะของรูปแบบ

Kaplan (1964: 264) กล่าวว่ารูปแบบ (Model) ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปมี 5 แบบ หรือ 5 ลักษณะ คือ

3.4.1 รูปแบบเชิงเปรียบเทียบ (Analogue Model) ได้แก่ ความคิดที่แสดงออกในลักษณะของการเปรียบเทียบสิ่งต่างๆ อย่างน้อย 2 สิ่งขึ้นไปรูปแบบนี้ใช้กันมากทางด้านวิทยาศาสตร์กายภาพ สังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์

3.4.2 รูปแบบเชิงภาษา (Semantic Model) ได้แก่ ความคิดที่แสดงออกผ่านทางภาษา ใช้ภาษา (พูดและเขียน) รูปแบบนี้ใช้กันมากทางด้านศึกษาศาสตร์

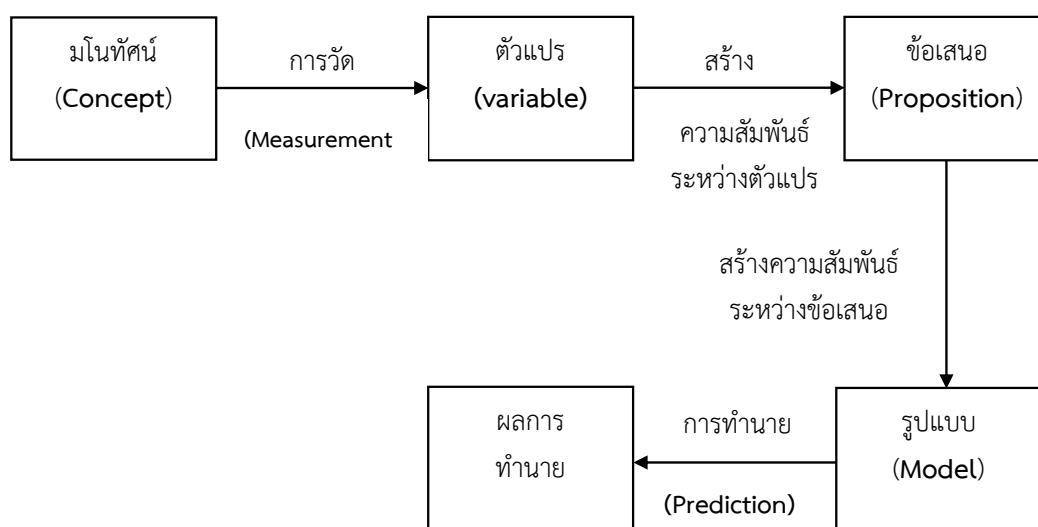
3.4.3 รูปแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) ได้แก่ ความคิดที่แสดงออกผ่านทางสูตรคณิตศาสตร์ ซึ่งส่วนมากจะเกิดขึ้นหลังได้รูปแบบเชิงภาษาแล้ว

3.4.4 รูปแบบเชิงแผนผัง (Schematic Model) ได้แก่ ความคิดที่แสดงออกผ่านทางแผนผัง แผนภาพ ไดอะแกรม กราฟ เป็นต้น

3.4.5 รูปแบบเชิงสาเหตุ (Causal Model) ได้แก่ ความคิดที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ของสภาพการณ์ปัญหาใดๆ

### 3.5 การสร้างรูปแบบ

Engen And Kauchak (2001: 16-17); Moore (1994: 15-20); Calhoun and Finch (1976: 153,192) การสร้างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มการงานอาชีพและเทคโนโลยี จะต้องให้ครอบคลุมด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัย โดยพุทธิพิสัยเป็นศูนย์กลางในการพัฒนาสติปัญญา ขณะที่จิตพิสัยมีความสำคัญต่อการพัฒนาด้านอารมณ์ ส่วนทักษะพิสัยช่วยในการพัฒนาการเคลื่อนไหวอย่างถูกต้องและเหมาะสม ดังนั้นการเรียนรู้วิชาชีพ จึงจำเป็นจะต้องจัดรูปแบบการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับความถนัดของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนสามารถเลือกเรียนในอาชีพที่ตนสนใจส่วน Keeves (1988 : 560) กล่าวว่า การสร้างรูปแบบคือ การกำหนดมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กันอย่างเป็นระบบเพื่อชี้ให้เห็นชัดเจนว่า รูปแบบเสนออะไร เสนออย่างไร เพื่อให้ได้อะไร และสิ่งที่ได้นั้นอธิบายปรากฏการณ์อะไรและนำไปสู่ข้อค้นพบอะไรใหม่ ดังรายละเอียดการสร้างรูปดังภาพที่ 2-4 แสดงขั้นตอนการสร้างรูปแบบ



แผนภูมิที่ 2-4 แสดงขั้นตอนการสร้างรูปแบบ  
(ที่มา : Engen And Kauchak, 2001: 16-17)

กล่าวโดยสรุปจากภาพที่ 2-4 แสดงขั้นตอนการสร้างรูปแบบสำหรับนำไปใช้ให้ได้ประโยชน์สูงสุดนั้น รูปแบบต้องประกอบด้วยลักษณะสำคัญคือ มีความสัมพันธ์เชิงโครงสร้าง สามารถทำนายผลได้ สามารถขยายความผลการทำนายได้กว้างขวางขึ้น และสามารถนำไปสู่แนวคิดใหม่ ๆ สำหรับการพัฒนารูปแบบนั้น ผู้วิจัยจะต้องศึกษาแนวคิดทฤษฎีในการสร้างรูปแบบนำเอาข้อมูลมาจัดเก็บมาวิเคราะห์ และสังเคราะห์เพื่อกำหนดความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของรูปแบบ กำหนดโครงสร้างและข้อเสนอของรูปแบบอย่างชัดเจนเพื่อนำไปสู่ผลการสรุปอธิบายปรากฏการณ์ที่มุ่งหวังของการวิจัย วิธีการทดสอบและปรับปรุงรูปแบบก่อนนำรูปแบบไปใช้งานจริง



### 3.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างรูปแบบ

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวิจัยการสร้างรูปแบบจากงานวิจัยภายในประเทศจำนวน 7 เรื่องในระหว่างปี พ.ศ. 2550-2554 โดยมีนักวิจัยดังนี้ วีระ ทองประสิทธิ์ 2550: 127-136; กนก สารสิทธิธรรม 2551: 142-147; ฉัตรชาญ ทองจับ 2552: 185-192; ประวิทย์ สิมมาทัน 2552: 107-116; สุรพล ชยภพ 2552: 303-354; สิริพงศ์ เพชรนาค 2553: 267-281; สิทธิพล อาจอินทร์ 2554: 72 โดยมีผลการวิจัย ดังต่อไปนี้

วีระ ทองประสิทธิ์ (2550: 127-136) การศึกษารูปแบบการจัดการประสบการณ์วิชาชีพสาขางานยานยนต์ในสถานประกอบการ กลุ่มตัวอย่างแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ผู้อำนวยการวิทยาลัย หัวหน้าแผนก และนักศึกษา โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษารูปแบบการฝึกงานของนักศึกษาทั้งภาครัฐและเอกชน หลังจากนั้นได้พัฒนารูปแบบและนำรูปแบบที่ปรับปรุงแล้วนำไปจัดประสบการณ์และเก็บข้อมูลผลการศึกษารูปแบบประสบการณ์วิชาชีพสาขางานยานยนต์ในสถานประกอบการที่สร้างขึ้นมีความแตกต่างกันจากการฝึกแบบเดิมเนื่องจากรูปแบบการฝึกงานแบบเดิมมีคู่มือ นักเรียน คู่มือครู มีครูนิเทศก์ ออกติดตามตลอดจนมีครูฝึกในสถานประกอบการดูแลให้ความรู้แนะนำการทำงานในด้านต่าง ๆ มีการจัดทำเอกสารประกอบการฝึกประสบการณ์วิชาชีพในสถานประกอบการ กลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษาที่เห็นด้วยกับรูปแบบที่พัฒนาขึ้นมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

กนก สารสิทธิธรรม (2551: 142-147) ได้ทำวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบการจัดการเรียนการสอนวิชาชีพแบบบูรณาการของหลักสูตร โดยวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพรูปแบบการจัดการเรียนการสอนวิชาชีพแบบบูรณาการของหลักสูตร มุ่งองค์ประกอบ 6 ด้าน ได้แก่ ด้านการจัดองค์กร ด้านบุคลากร ด้านขั้นตอนการดำเนินการ ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก ด้านงบประมาณ และด้านหลักสูตรการฝึกอบรม ดำเนินการฝึกอบรมผู้เชี่ยวชาญเห็นว่า หลักสูตรอบรมมีความเหมาะสมมากทุกองค์ประกอบ จากการนำไปใช้งานพบว่า มีประสิทธิภาพร้อยละ 84.18/80.91 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด การติดตามผลการฝึกอบรมด้านการนำความรู้ที่ได้รับไปปฏิบัติงานด้านทฤษฎี ด้านปฏิบัติ อยู่ในระดับดี และดีเลิศ สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ผลการประเมินจากความคิดเห็นของผู้บังคับบัญชา ผู้ร่วมงานโดยสรุปเห็นด้วยในการนำหลักสูตรฝึกอบรมมาใช้อบรมครูในสถานศึกษาอยู่ในระดับมาก

ฉัตรชาญ ทองจับ (2552: 185-192) ได้ทำวิจัยเรื่องรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะแรงงานในสถานประกอบการ โดยกำหนดสมรรถนะแรงงาน 6 ข้อ คือความรู้ในการปฏิบัติงาน คุณภาพและผลสำเร็จของงาน การใช้และการบำรุงรักษาเครื่องมือ การปรับตัวในการทำงาน ความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อมในการทำงาน และจิตพิสัยในการทำงานได้พัฒนาหลักสูตรในการฝึกอบรมจากการนำรูปแบบที่พัฒนาขึ้นมาใช้ผลการวิจัยพบว่า สมรรถนะแรงงานมีความสำคัญระดับมาก และมีความสอดคล้องตามข้อกำหนดของรูปแบบทุกรายการ ส่วนผลการวิเคราะห์หลักสูตรที่พัฒนาขึ้นพบว่า สมรรถนะมีความจำเป็นอย่างมากจะต้องมีการฝึกอบรมและมีการประเมินการทำงาน คือประเมินปฏิบัติการตอบสนอง ประเมินผลการเรียน ประเมินพฤติกรรม และประเมินผลที่เกิดขึ้นต่อหน่วยงาน ผลที่เกิดขึ้นมีความแตกต่างกันเปรียบเทียบกับระดับที่ผู้บริหารคาดหวัง

ประวิทย์ สิมมาทัน (2552: 107-116) การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบร่วมมือบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยอาศัยแนวทฤษฎี คอนสตรัคติวิสต์ การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อสังเคราะห์รูปแบบการเรียนการสอนแบบร่วมมือบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยอาศัยแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่มีประสิทธิภาพ 2) เพื่อพัฒนาบทเรียนบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่มีรูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยอาศัยแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่มีประสิทธิภาพ 3) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนในรูปแบบการเรียนการสอนแบบร่วมมือบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยอาศัยแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ 4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนในรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นและ 5) เพื่อเปรียบเทียบเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนในรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นกับการเรียนแบบปกติ

ผลการวิจัยสรุปได้ ดังนี้ การสังเคราะห์รูปแบบการเรียนการสอนได้รูปแบบที่มีองค์ประกอบ 4 องค์ประกอบคือ องค์ประกอบด้านทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ ทฤษฎีการเรียนการสอนบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ แนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ องค์ประกอบด้านหลักการ ได้แก่ บทบาทของผู้สอน บทบาทของผู้เรียน ระบบของบทเรียนบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ องค์ประกอบด้านกิจกรรมการเรียนการสอน มี 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นปฐมนิเทศ ขั้นกระตุ้นความคิดและปรับโครงสร้างทางปัญญา ขั้นวางแผนการเรียนรู้ ขั้นเรียนรู้ผ่านสื่อ และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ขั้นสรุปความคิด ขั้นประเมินผลการเรียนรู้ องค์ประกอบด้านการประเมิน ได้แก่ ประเมินการเรียนรู้ ประเมินพฤติกรรมของผู้เรียน ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญพบว่า 1) ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อรูปแบบการเรียนการสอนอยู่ในระดับสูงสุด 2) การพัฒนาบทเรียนบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ได้บทเรียนที่มีประสิทธิภาพ โดยผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นต่อบทเรียนอยู่ในระดับสูง 3) ผู้เรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน 4) ความพึงพอใจของผู้เรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับสูง

สุรพล ชยภพ (2552: 303-354) ได้ทำการวิจัยการพัฒนารูปแบบการดูแลผู้สูงอายุ โดยการมีส่วนร่วมชุมชน เพื่อศึกษาประวัติการดูแลผู้สูงอายุในจังหวัดนครราชสีมา สภาพการดำรงชีวิตของผู้สูงอายุ และเพื่อศึกษารูปแบบการดูแลผู้สูงอายุโดยการมีส่วนร่วมชุมชน ประวัติการดูแลผู้สูงอายุในจังหวัดนครราชสีมา มี 4 ยุค คือ ยุคก่อตั้งชุมชน ยุคชุมชน ยุคสถานีอนามัย และยุคพัฒนา สภาพการดำรงชีวิตของผู้สูงอายุพบว่า มีการดำรงชีวิตที่แตกต่างกันในหลายด้านเช่นด้านการศึกษา ด้านเศรษฐกิจ มีทั้งฐานะร่ำรวย ปานกลางและยากจนและยังพบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่ไม่ดูแลสุขภาพและสุขภาพจิต การเข้าไม่ถึงการดูแลและให้บริการสุขภาพ ไม่มีปัญหาถูกทอดทิ้งเนื่องจากการดูแลของครอบครัว ญาติพี่น้อง โดยสรุปแล้วรูปแบบในการดูแลผู้สูงอายุมีรูปแบบทางสังคมแบบพหุภาคี โดยเกิดจากทุนทางสังคม คนในครอบครัว คนในชุมชน ที่มีปฏิสัมพันธ์กับปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอก การมีส่วนร่วมของภาครัฐ ชุมชน องค์กรเอกชน ประสานความร่วมมือซึ่งกันและกัน เป็นเครือข่ายดูแลผู้สูงอายุด้วยกัน

สิริพงศ์ เพชรนาค (2553: 267-281) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้วิชาโครงการ โดยมีวัตถุประสงค์ สร้างรูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้วิชาโครงการ เพื่อสร้างหลักสูตรการจัดกระบวนการเรียนรู้วิชาโครงการ เพื่อประเมินรูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้วิชาโครงการ ขั้นการสร้างรูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้วิชาโครงการผู้วิจัยได้นำเสนอรูปแบบ

ให้ผู้เชี่ยวชาญและผู้เกี่ยวข้อง 36 คนเห็นด้วยกับรูปแบบที่สร้างขึ้นอยู่ในระดับมาก ขึ้นการสร้างหลักสูตร การจัดการกระบวนการเรียนรู้วิชาโครงการ นำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 11 คน ผลการพัฒนาหลักสูตร พบว่า ผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วย กับหลักสูตรว่ามีความเหมาะสมระดับมากที่สุด สามารถนำไปใช้ได้ ขึ้นการดำเนินการ ทดลอง ครูผู้สอนวิชาโครงการ ที่ผ่านการอบรมตามหลักสูตร มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันโดยใช้สถิติ One-Way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 การประเมินรูปแบบการจัดการกระบวนการเรียนรู้วิชา โครงการพบว่า คู่มือการจัดทำเอกสารและการประเมิน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

สิทธิพล อาจอินทร์ (2554: 72) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่องการพัฒนารูปแบบการจัดการ เรียนรู้ที่เน้นการคิดวิเคราะห์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพ ปัจจุบันและความต้องการด้านการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการคิดวิเคราะห์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาครูด้านการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการคิดวิเคราะห์และประเมินผลของการพัฒนา เพื่อศึกษา ประสิทธิภาพของรูปแบบโดยศึกษาการคิดวิเคราะห์ที่เกิดขึ้นกับนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า สภาพปัจจุบันครูมีการ จัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด รูปแบบการ จัดการเรียนรู้ที่เน้นการคิดวิเคราะห์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ คือ หลักการ จุดมุ่งหมาย สาระการเรียนรู้ขั้นตอนการสอนและการวัดและประเมินผลโดยมีขั้นตอนการสอน 5 ขั้นตอนคือ ปฐมนิเทศ นำเสนอบทเรียน ฝึกการคิดวิเคราะห์ ซึ่งแบ่งออกเป็นฝึกการคิดเป็นรายบุคคลและ ฝึกการคิดแบบกลุ่มย่อยนำเสนอ และอภิปรายผลการคิด และสรุปบทเรียน ผลการพัฒนาครูด้านการ จัดการเรียนรู้ ที่เน้นการคิดวิเคราะห์พบว่า ครูผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ที่ กำหนดไว้คือ ครูผู้ได้รับการฝึกอบรมสามารถจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการคิดวิเคราะห์ได้ระดับดี มาก ผลการศึกษาประสิทธิภาพของรูปแบบพบว่า นักเรียนมีคะแนนการคิดวิเคราะห์หลังเรียน ซึ่งสูงกว่า เกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือร้อยละ 70 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการ เรียนรู้ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

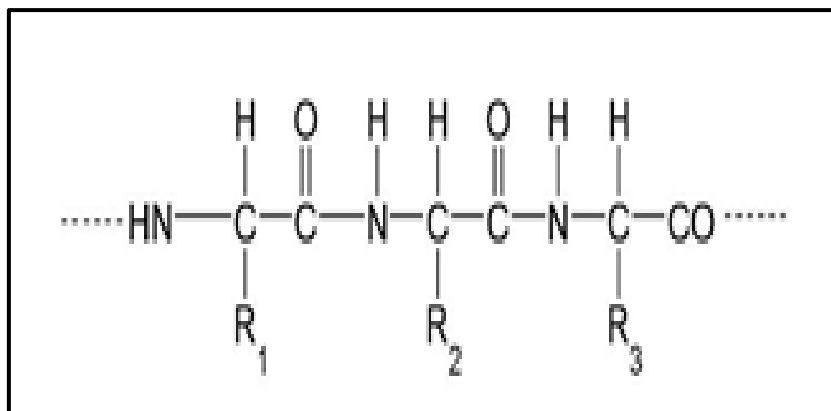
จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้สรุปแนวคิดในประเด็นสำคัญ ๆ เพื่อนำไป เป็นกรอบแนวคิดการวิจัย ซึ่งประกอบด้วย หลักการ ที่มีความสัมพันธ์ อธิบายขั้นตอนการทำงาน ในรูปแบบ ต่าง ๆ เช่น ไดอะแกรม สัญลักษณ์ ด้านองค์ประกอบของรูปแบบ จากการศึกษาแนวคิดและผลงานวิจัย องค์ประกอบมีทั้งที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ เนื้อหาสาระ และกลุ่มเป้าหมาย ด้านขั้นตอน การพัฒนารูปแบบ จากแนวคิดการพัฒนารูปแบบ ผู้วิจัยสรุปขั้นตอนการพัฒนาแบบการพัฒนา มี ขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาปัญหาและความต้องการ ขั้นตอนที่ 2 สร้างและตรวจสอบรูปแบบ ขั้นตอนที่ 3 ทดลองใช้รูปแบบ ขั้นตอนที่ 4 ประเมินผลอย่างไรก็ตามกระบวนการพัฒนารูปแบบนี้สามารถ ปรับปรุงและพัฒนาได้อย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งผลการทดลองบรรลุวัตถุประสงค์ทำให้สามารถนำมาใช้ สร้างรูปแบบการพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ได้เป็นอย่างดี

#### ตอนที่ 4 กระบวนการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย

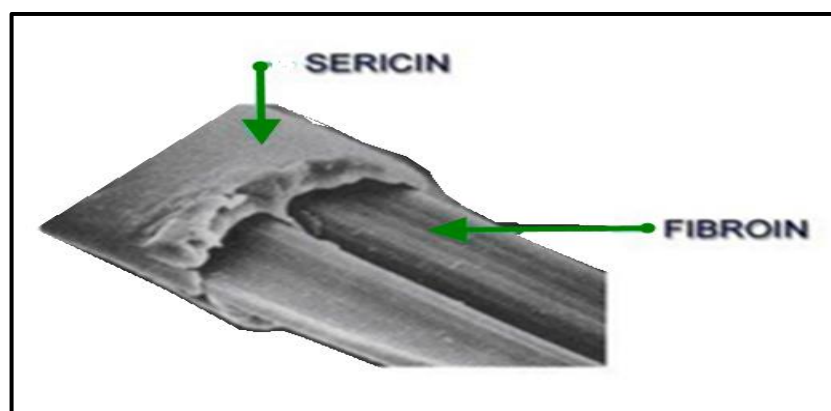
ผ้าไหมและผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติหนึ่งในภูมิปัญญาไทยที่สืบทอดมาแต่โบราณ มีการคัดสรรพันธุ์พืชหรือสัตว์ที่มีหลากหลายในท้องถิ่น ใช้เป็นวัตถุดิบให้สีแต่ละพันธุ์พืชที่ได้รับการพัฒนาจนใช้ย้อมได้สีคุณภาพดีสีไม่ตก และไม่ซีดจางง่าย มีจำนวนไม่กี่ชนิด และเริ่มไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ในขณะที่มีความนิยมในผลิตภัณฑ์ผ้าย้อมสีธรรมชาติเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีกระบวนการผลิตจากวัสดุธรรมชาติ และผ้าย้อมสีธรรมชาติมีลักษณะเด่นที่สีนูนนวล ไม่ฉูดฉาด เป็นที่ต้องการของตลาดโดยเฉพาะในต่างประเทศ

**4.1 วัสดุที่ใช้ในการทอผ้า** รัตนะ อุทัยผล (2523) กล่าวถึงวัสดุที่ใช้ในการทอว่า สิ่งที่น่ามาใช้ในการงานถักทอต้องเป็น วัสดุจำพวกที่มีลักษณะเป็นเส้นใยซึ่งอาจจะได้จากสัตว์และมนุษย์บ้าง เป็นบางโอกาส เช่น เส้นขน และเส้นผม เป็นต้น แต่ส่วนมากแล้วจะได้มาจากเส้นใยของพืชซึ่งก็จะได้จากส่วนประกอบต่าง ๆ ของพืชแล้วแต่ประเภทของพืชว่าจะสามารถนำส่วนใดมาใช้ได้อย่างเหมาะสม พืชบางชนิดอาจให้ดอก ต้น เปลือก หรือส่วนต่าง ๆ ที่สามารถจะให้เส้นใยได้ อย่างไรก็ตาม วัสดุหลักที่นิยมใช้ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ผ้าทั่วไปแยกออกได้เป็น 2 ชนิด คือไหมและฝ้าย

**4.2 เส้นใยไหม** คือ เส้นใยโปรตีนธรรมชาติเส้นไหมประกอบด้วยโปรตีน 2 ชนิด คือ ไฟโบรอิน (Fibroin, C16-26N6O6) ซึ่งใช้ในการทอเป็นผืนผ้าและกาวไหมเรียกว่า เซรีซิน (Sericin, C1625NsO8) ที่ทำหน้าที่เป็นกาวเคลือบเส้นไฟโบรอิน ซึ่งเป็นเส้นใยต่อเนื่องจำนวน 2 เส้นให้ยึดติดกัน นอกจากนั้นคือ ส่วนประกอบอย่างอื่น ได้แก่ ไขมัน น้ำมัน แร่ธาตุต่าง ๆ และสีที่ปรากฏตามธรรมชาติ เป็นต้น องค์ประกอบหลักของเส้นไหม มีดังนี้ คือ ไฟโบรอิน (Fibroin) 70 - 80% เซรีซิน (Sericin) 20 - 30% ไขมันแว็กซ์ (Cere) 0.4 - 0.8% สารไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) 1.2 - 1.6% สารสี (Pigment) 0.2% และปริมาณเถ้า (Ash) 0.7% โดยศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคที่ 6 กรมส่งเสริม อุตสาหกรรมร่วมกับภาควิชาวิทยาการสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งก่อนการย้อมสีเส้นใยไหมต้องทำการกำจัดกาวและสารประกอบอื่นๆ ออกเสียก่อน มิฉะนั้นจะทำให้การติดสีไม่ดี เส้นใยไหมมีความแข็งแรงสูงสุดในบรรดาเส้นใยธรรมชาติ มีสูตร โครงสร้างดังภาพที่ 2-5 และมีลักษณะทางกายภาพดังภาพที่ 2-6 จะย้อมติดสีได้ดีแต่มีปัญหาเรื่องความคงทนของสีต่อการซักล้างและแสงแดด (B.P. Coroman. 1983) โดยก่อนการย้อมสีเส้นใยไหม ต้องทำการกำจัดกาวและสารประกอบอื่น ๆ ออกเสียก่อน มิฉะนั้นจะทำให้การติดสีไม่ดี เส้นใยไหมมีความแข็งแรงสูงสุดในบรรดาเส้นใยธรรมชาติ มีสูตรโครงสร้างดังภาพที่ 2-5 และมีลักษณะทางกายภาพดังภาพที่ 2-6 จะย้อมติดสีได้ดีแต่มีปัญหาเรื่องความคงทนของสีต่อการซักล้างและแสงแดด (B.P. Coroman. 1983)



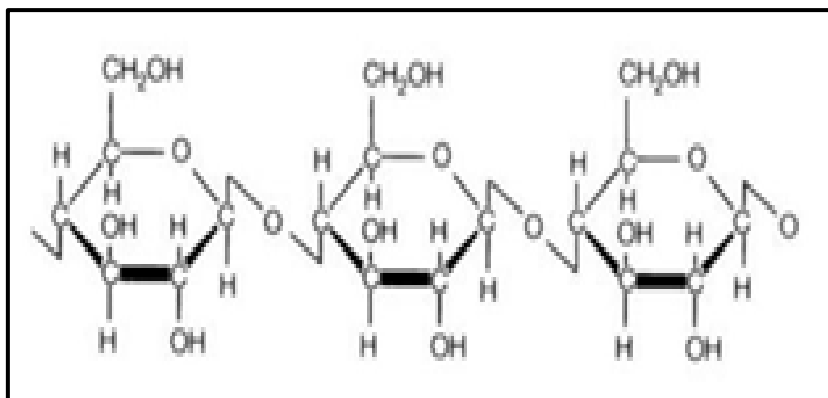
ภาพที่ 2-1 แสดงสูตรโครงสร้างของเส้นใยไหม  
(ที่มา : ชนิตา พงษ์ลิมานนท์, 2547)



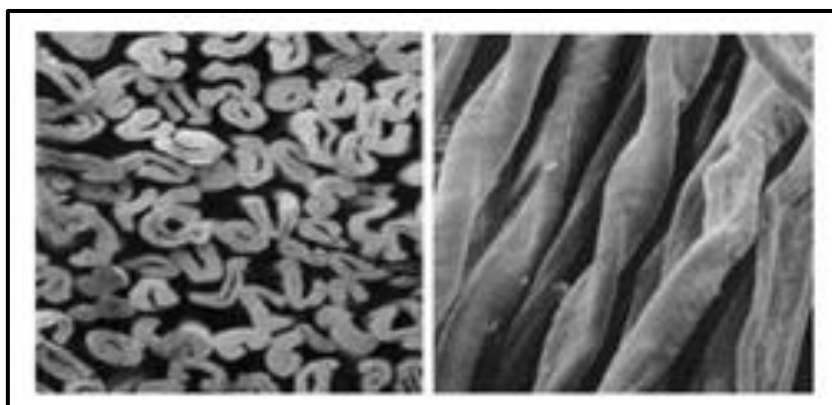
ภาพที่ 2-2 ลักษณะทางกายภาพเส้นใยไหม  
(ที่มา : บริษัทจูนแลบอราทอรีส์ จำกัด เดอร์มาโซลูชั่น)

**การใช้ประโยชน์** เส้นไหมใช้ประโยชน์ได้มากเมื่อนำไปทอหรือถักเป็นผืนผ้าหนาหรือบางได้ตามความต้องการ เช่น ผ้าชนิดบางเหมาะสำหรับใช้ทำเสื้อผ้า เนื้อละเอียดบางเบา ผ้าพันคอ ผ้าคลุมผม เนคไท โบลีโต ผ้าชนิดหนาเหมาะใช้ตัดเสื้อกางเกงหรือ เสื้อผ้าเมืองหนาว

**4.3 เส้นใยฝ้าย** เป็นเส้นใยเก่าแก่ชนิดหนึ่งซึ่งรู้จักและใช้กันมาตั้งแต่สมัยโบราณจนกระทั่งถึงปัจจุบัน แม้จะมีเส้นใยชนิดใหม่ ๆ เกิดขึ้นมากแต่ฝ้ายก็ยังคงเป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุด เราจะพบผ้าฝ้ายหรือผ้าผสมใยฝ้ายอยู่ทั่วไปรอบ ๆ ตัวเรา เช่น เสื้อกระโปรง ผ้าปูที่นอน ผ้าห่ม ผ้าเช็ดตัว ผ้าเช็ดหน้า หรือผ้ามาบ ฝ้ายจัดเป็นเส้นใยธรรมชาติที่ได้จากพืชเป็นเส้นใยของเซลลูโลสซึ่งเป็นพอลิเมอร์ของกลูโคส (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) มีสูตรโครงสร้างดังภาพที่ 2-7 และมีลักษณะทางกายภาพ ดังภาพที่ 2-8



ภาพที่ 2-3 แสดงสูตรโครงสร้างพอลิเมอร์ของกลูโคส  
(ที่มา : ชนิตา พงษ์ลิมานนท์, 2547)



ภาพที่ 2-4 แสดงลักษณะทางกายภาพของเส้นใยฝ้าย  
(ที่มา : ดร.รชนี พัทธวรารม, 2555)

ฝ้าย มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Gossypium* spp มีทั้งหมด 20 ชนิด แต่ที่นำมาปลูกเพื่อการค้า คือ *G. Herbaceum*L. *G. Arboreum*. *G. Hirsutum*L. และ *G. Barbadenes*L. ในปัจจุบัน ประเทศที่ผลิตฝ้ายที่สำคัญคือ สหรัฐอเมริกา สหภาพโซเวียต สาธารณรัฐประชาชนจีน อินเดีย ตุรกี ปากีสถาน บราซิล ในประเทศไทยปลูกฝ้ายกันมากทางภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง จังหวัดที่มีการปลูกฝ้ายมากคือ จังหวัดเลย นครสวรรค์ ลพบุรี เพชรบูรณ์ ปราจีนบุรี สุโขทัย จันทบุรี อุทัยธานี

**การใช้ประโยชน์** ฝ้ายมีความเหมาะสมที่จะใช้ประโยชน์หลายด้านทั้งการทำเป็นเสื้อผ้า เครื่องใช้ในบ้าน งานอุตสาหกรรมสำหรับการใช้ทำเสื้อผ้ามีความเหมาะสมอย่างยิ่ง เนื่องจากผ้าฝ้ายให้ความสบายในการสวมใส่หลายประการ เช่น เป็นตัวนำความร้อนที่ดีจึงไม่สะสมความร้อน ดูดความเปียกชื้นได้ดี และระเหยไปได้เร็วผ้าจึงดูดซับความเปียกชื้นได้อยู่เรื่อย ๆ คล้ายไส้ตะเกียงดูดซับน้ำมัน คุณสมบัตินี้เรียกว่า Wickability ฝ้ายไม่สะสมประจุไฟฟ้าสถิตจึงเหมาะจะสวมใส่ในขณะทำกิจกรรมที่อากาศเย็น และมีความชื้นต่ำ (ดร.รชนี พัทธวรารม, 2555)

**4.4 สีสังเคราะห์หรือสีเคมี** เป็นสีที่ได้จากการที่นักวิทยาศาสตร์นำเอาสารเคมีต่าง ๆ มาทำปฏิกิริยากันหรือเกิดจากการสังเคราะห์ขึ้นในห้องปฏิบัติการ สีเคมีหรือสีสังเคราะห์เป็นสีที่มีเนื้อสีอยู่ในปริมาณที่เข้มข้นมาก ทำให้ได้สีที่เข้มเมื่อนำไปใช้ย้อมและสามารถใช้ในปริมาณที่น้อย ๆ ได้ทำให้สะดวกในการใช้งาน สีสังเคราะห์อาจมีสารเคมีที่ป้องกันการตกสีผสมอยู่ด้วย การใช้สีสังเคราะห์มีผลเสียหลายประการ เช่น ทำให้เกิดมลพิษสูงในกระบวนการผลิตน้ำทิ้งที่เกิดจากการย้อมสีเคมี ทำให้ดินและน้ำเสียส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สีเคมีหลายชนิดเมื่อสลายตัวจะมีพิษต่อผิวหนังและสีเคมีส่วนใหญ่เป็นสีที่ต้องซื้อเพราะไม่มีการผลิตภายในประเทศ สีเคมีมีมากมายทั้งเฉดสีและคุณภาพของสี มีราคาแตกต่างกันตามคุณภาพของสีปัจจุบันพบว่า สีเคมีบางชนิดเป็นอันตรายต่อทั้งผู้ย้อมและผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงมีการห้ามใช้และในบางประเทศแถบยุโรป มีกฎหมายเกี่ยวกับการนำผลิตภัณฑ์บางชนิดและหรือทุกชนิดที่ย้อมสีดังกล่าวเข้าประเทศ ส่วนในประเทศไทยยังคงมีการใช้สีเคมีในงานย้อมระดับอุตสาหกรรมขนาดเล็กในครัวเรือน ทั้งนี้เนื่องจากต้นทุนของราคาของสีต่ำและยังไม่มียุติบัญญัติที่เกี่ยวข้องบังคับใช้ ตลอดจนการขาดความรู้ความเข้าใจของผู้ประกอบการทำให้มีการใช้ที่ไม่เหมาะสม ซึ่งหากปล่อยทิ้งไว้และไม่มีการจัดการที่ไม่ดีพออาจจะส่งผลกระทบต่อธุรกิจสิ่งทอพื้นบ้านต่อไปได้

**4.5 สีจากธรรมชาติ** เป็นสีที่ได้จากแหล่งในธรรมชาติ ได้แก่พืช สัตว์และแร่ธาตุ สีชนิดนี้เกิดขึ้นมาโดยกระบวนการตามธรรมชาติ ซึ่งเชื่อกันว่าไม่ก่อให้เกิดภาวะมลพิษใด ๆ เมื่อนำไปใช้ย้อมน้ำทิ้งที่ได้ก็ประกอบด้วยสารธรรมชาติที่สลายตัวได้ง่าย และสารที่เกิดจากการสลายตัวยังมีความเป็นพิษต่ำหรือไม่มีความเป็นพิษต่อสภาวะแวดล้อม มีความเป็นพิษต่ำต่อผิวหนังหรือสุขภาพของผู้ใช้งานชั่วคราวที่สำคัญของสีธรรมชาติ ได้แก่ ปริมาณของตัวสีในวัสดุให้สีมีน้อยส่งผลให้ย้อมสีได้ไม่เข้ม เมื่อย้อมสิ่งทอไปแล้วสีซีดจางโดยเฉพาะเมื่อโดนแสง การย้อมกลับมาให้เป็นสีเดิมทำได้ยากและในกรณีที่แหล่งตามธรรมชาติที่ให้สีหมดไปทำให้ขาดแคลนวัสดุให้สี

ในประเทศไทย ส่วนใหญ่แหล่งของสีจากธรรมชาติที่มีการนำมาใช้ประโยชน์มากที่สุดคือ พืช ส่วนต่าง ๆ ของพืชที่ให้สี ได้แก่ เปลือก ราก ลำต้น เปลือกต้น แก่นไม้ ใบ ดอก ผล และเมล็ด สีจากสัตว์เป็นสีที่ได้จากแมลง เช่น ครั่ง เป็นแหล่งของกลุ่มที่ให้สีแดงซึ่งขับออกมาจากตัวแมลง *Lucciferalacca* นิยมใช้ย้อมไหมและขนสัตว์และใช้เป็นสีผสมอาหาร สีจากจุลินทรีย์ พบมากในรายีสต์และแบคทีเรีย ความรู้และข้อมูลเกี่ยวกับการใช้สีย้อมธรรมชาติที่ได้จากพืชและสัตว์ได้ถูกบันทึกไว้ในเอกสารต่าง ๆ รวมทั้งถ่ายทอดด้วยปากเปล่าสืบมาจนถึงปัจจุบันเช่น บันทึกของพิพิธภัณฑสถานชาติเกี่ยวกับสีที่ใช้ย้อมผ้าดังแสดงในตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 สีย้อมที่ได้จากวัสดุธรรมชาติ

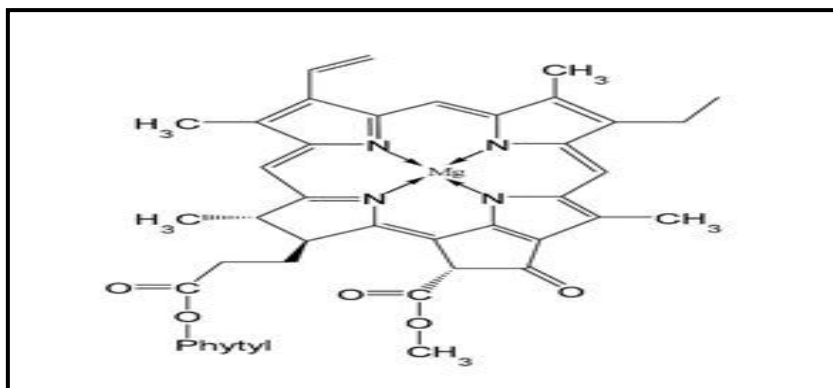
วัสดุธรรมชาติ	สีที่ปรากฏ
ขมิ้นชัน ใบสักและเปลือกไม้	สีกากี
แก่นขนุน	สีเหลืองแก่
ใบสมอป่า แก่นขนุน เปลือกเพกา	สีกากีแกมเขียว หรือเขียวแก่
ใบแค	สีเขียวอ่อน
เปลือกสมอกับใบสมอ	สีเขียวแก่
ใบสับปะรดอ่อนกับน้ำมะนาวหรือน้ำมะกรูด ขมิ้น แก่นไม้	เขียวตองอ่อน
แก่นแค แก่นขนุน ลูกมะกา	สีเหลือง
แก่นแคแล รากยอป่ากับผิวมะกรูด	สีเหลืองอ่อน
ดอกคำแสด	สีจำปา
แก่นยอป่า	สีไพร
รากยอป่า	สีนวล
ผลและใบแสด	สีแสด
เปลือกสมอ	สีแดงยอ
รากยอป่า ต่างไม้เหมือด ผลคำแสด	สีแดง
ใบครามและใบช่อม	สีน้ำเงิน
สมอมะเกลือ	สีดำ
ต้นมหาภาพ และต้นฝาง	สีชมพู
เปลือกนุ่น	สีน้ำตาลแก่-ดำ
ใบขี้เหล็ก	สีเขียวแก่

นอกจากการใช้พืชชนิดเดียวมาสกัดเอาสีย้อมแล้ว ยังมีการนำพืชหลายชนิดมาผสมกัน เพื่อให้เกิดเฉดสีเพิ่มขึ้น เช่น แก่นแคแลกับต้นครามให้สีเขียว ใบแคสดกับขมิ้นผงให้สีตองอ่อน ผลหมากสุกกับแก่นแคแลให้สีกากีแกมเหลือง ใบสับปะรดกับขมิ้นให้สีเขียว เป็นต้น รงควัตถุหรือสารสีที่ได้จากสิ่งมีชีวิตจะพบอยู่ในเซลล์หรือภายนอกเซลล์ของสิ่งมีชีวิต รงควัตถุที่พบในพืชโดยทั่วไปจะเป็นสารในกลุ่มเบต้าเมลานิน แอนทราควิโนน รงควัตถุที่พบได้ในพืชบางสกุล เช่น คาโรทีนอยด์ แซนโทฟิลล์ และฟลาโวนอยด์ ส่วนแอนทราควิโนนเป็นสารสีที่พืชจะสังเคราะห์ในบางสภาวะเท่านั้น เช่น ในผลไม้สุก เป็นต้น

**4.6 องค์ประกอบทางเคมีของสี** สีย้อมที่พบในโครงสร้างส่วนต่างๆ ของพืชสามารถแบ่งองค์ประกอบทางเคมีออกได้เป็น 4 กลุ่ม (ภาควิชาเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2539) ดังนี้

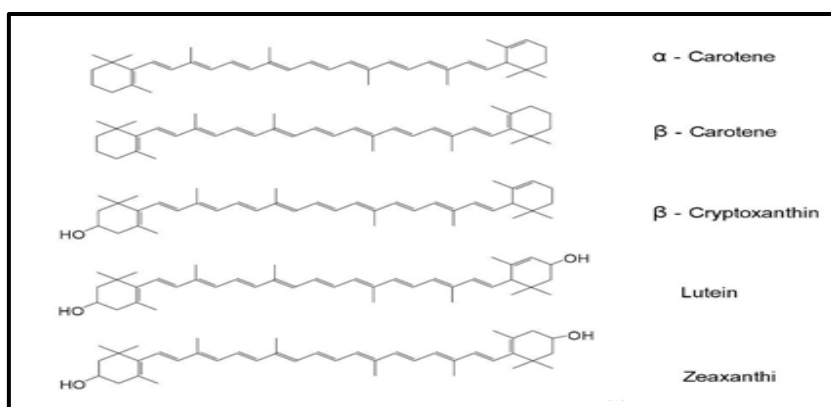
**4.6.1 เป็นสารสีเขียว** พบทั่วไปในโครงสร้างส่วนต่างๆ ของพืชมีการใช้สีเขียวจากใบพืชเป็นสีผสมอาหารและเครื่องดื่ม เช่น ใบเตยหอม (*Pandanus amaryliflorus* Roxb) สีเขียวจากใบหูกวางใช้ในการย้อมผ้า





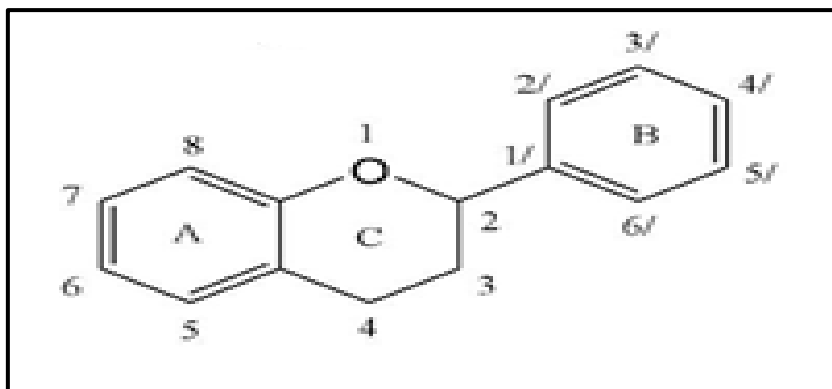
ภาพที่ 2-5 คลอโรฟิลล์มีโครงสร้างเป็นวงไพโรพริน (prophyrin)  
(ที่มา :ชนิตา พงษ์ลิมานนท์,2547)

4.6.2 แคโรทีนอยด์ (Carotenoids) เป็นสารสีที่มีโมเลกุลต่อกันเป็นโซ่ยาว ประกอบด้วยหน่วยของไอโซพรีนหลาย ๆ หน่วยมาเชื่อมต่อกันได้แก่ สีเหลือง ส้ม แดง และ ม่วงแดง ตัวอย่างเช่น สารไบซิน (bixin) สีส้ม ม่วงแดง ได้จากเมล็ดของต้นคำแสด (*Bixa orellana* L.) สารโครซิน (crocin) ซึ่งมีสีเหลือง-แดง ได้จากเนื้อผลของพุดจีน (*Gardenia jasminoides* Ellis)



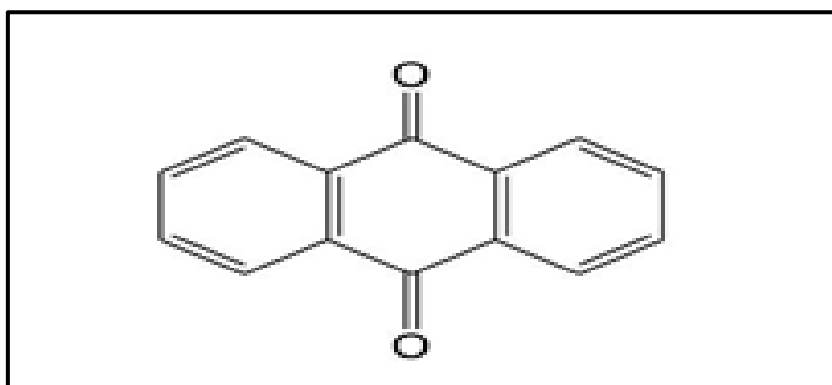
ภาพที่ 2-6 แสดงโครงสร้างสารแคโรทีนอยด์ (Carotenoids)  
(ที่มา : ชนิตา พงษ์ลิมานนท์, 2547)

4.6.3 ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) ประกอบด้วยกลุ่มของสารชนิดต่าง ๆ ดังนี้ คือ ชาลโคน (chalcones) ฟลาวานอน (flavanones) ฟลาโวน (flavones) ฟลาโวนอล (flavonols) แอนโทไซยานิน (anthocyanins) และไอโซฟลาโวนอยด์ (isoflavonoids) ตัวอย่างของสารสีในกลุ่มฟลาโวนอยด์ ได้แก่ มอริน (morin) ซึ่งให้สีเหลืองพบในพืชวงศ์ขนุน คือ MORACEAE และรูทีน (rutin) ซึ่งให้สีเหลืองพบในดอกของ Japanese pagoda tree หรือแปลเป็นภาษาไทยว่า ต้นเจดีย์ญี่ปุ่น นอกจากนี้สารอนุพันธ์ของฟลาโวนอยด์แทนนิน (flavonoid tannins) ยังถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมฟอกและย้อมหนังสัตว์



ภาพที่ 2-7 โครงสร้างพื้นฐานของฟลาโวนอยด์ (Flavonoids)  
(ที่มา : ชนิตา พงษ์ลิมานนท์, 2547)

**4.6.4 ควิโนน (Quinones)** เป็นสารสีที่ให้สีเหลืองถึงสีแดง แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มย่อย ได้แก่ เบนโซควิโนน (benzoquinones) แนพโทควิโนน (naphthoquinones) และแอนทราควิโนน (anthraquinones) สารสีในกลุ่มเบนโซควิโนน ได้แก่ ลอว์โซน (lawsone) ให้สีเหลือง พบในใบของ เทียนข้าว (Henna, *Lawsonia inermis* L.) และสีในกลุ่มแอนทราควิโนน ได้แก่ อะลิซาริน (alizarin) ให้สี ส้ม-แดง พบในพืชวงศ์กาแฟหรือ RUBIACEAE



ภาพที่ 2-8 แสดงโครงสร้างสารแอนทราควิโนน  
(ที่มา : ชนิตาพงษ์ ลิมานนท์, 2547)

**4.7 สารช่วยย้อม** พืชแต่ละชนิดที่นำมาย้อมใช้เส้นใยธรรมชาติมีการติดสีและคงทนต่อการ ซักดูหรือแสงไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบภายในของพืชและเส้นใยที่นำมาใช้ย้อม จึงมีการใช้ สารประกอบต่าง ๆ มาเป็นตัวช่วยในการทำให้เส้นใยดูดซับสีให้สีเกาะเส้นใยได้แน่นขึ้น มีความ ทนทาน ต่อแสงและการซักดูเพิ่มขึ้น ซึ่งเรียกว่าสารช่วยย้อมและสารช่วยให้สีติด สารเหล่านี้นอกจากจะเป็นตัว จับยึดสีและเพิ่มการติดสีในเส้นใยแล้ว ยังช่วยเปลี่ยนแปลงสีให้เข้มจาง หรือสดใส สว่างขึ้นมี รายละเอียด ดังนี้

**4.7.1 สารช่วยย้อม หรือ สารกระตุ้นสี** เป็นสารที่ช่วยให้สีติดกับเส้นด้ายดีขึ้น และ เปลี่ยนเฉดสีธรรมชาติให้เปลี่ยนแปลงไปจากสีเดิม ในสมัยโบราณจะใช้น้ำนมหรือ ปัสสาวะสัตว์

ลงไปในถังย้อม ปัจจุบันมีการใช้สารที่ได้จากทั้งสารเคมีและสารธรรมชาติ

**4.7.2 สารช่วยย้อมเคมี (มอร์แดนต์)** หมายถึง วัตถุประสงค์ที่ใช้ผสมสีเพื่อให้ สีสติดแน่น กับผ้าที่ย้อม ส่วนใหญ่เป็นเกลือของโลหะพวกอลูมิเนียม เหล็ก ทองแดง ดีบุก โครเมียม สำหรับมอร์แดนต์ที่แนะนำให้ใช้สำหรับการย้อมระดับอุตสาหกรรมในครัวเรือน เป็นสารเคมีเกรดการค้าซึ่งมีราคาถูก คุณภาพเหมาะสมกับงาน มีวิธีการใช้งานที่สะดวกโดยการชั่ง ตวง วัดพื้นฐาน แล้วนำไปละลายน้ำตามอัตราส่วนที่ต้องการและหาซื้อได้ง่ายจากร้านค้า สารเคมีทางวิทยาศาสตร์หรือทางการแพทย์ทั่วไป สารมอร์แดนต์ที่ใช้กันทั่วไป คือ

1. สารส้ม (มอร์แดนต์อลูมิเนียม) จะช่วยจับยึดสีกับเส้นด้ายและช่วยให้สีสด สว่างขึ้นมักใช้กับการย้อมสีน้ำตาล เหลือง เขียว

2. จุนสี (มอร์แดนต์ทองแดง) ช่วยให้สีติดและเข้มข้น ใช้กับการย้อมสีเขียวน้ำตาล ข้อแนะนำสำหรับการใช้มอร์แดนต์ทองแดงคือ ไม่ควรใช้ในปริมาณที่มากเกินไปเพราะจะทำให้เกิดการตกค้างของทองแดงในน้ำทิ้งหลังการย้อมได้

3. เฟอร์รัสซัลเฟต (มอร์แดนต์เหล็ก) เหล็กจะช่วยให้สีติดเส้นด้ายและช่วยเปลี่ยนเฉดสีธรรมชาติเดิมจากพืชเป็นสีโทนเทา-ดำ ซึ่งมอร์แดนต์เหล็กมีข้อดีคือ สามารถควบคุมปริมาณการใช้ได้แต่มีข้อควรระวัง คือไม่ควรใช้ในปริมาณที่มากเกินไปเพราะเหล็กจะทำให้เส้นด้ายเปื่อย

**4.7.3 สารช่วยย้อมธรรมชาติ (มอร์แดนต์ธรรมชาติ)** หมายถึง สารประกอบน้ำหมักธรรมชาติที่ช่วยในการย้อมสีและบางครั้งทำให้เฉดสีเปลี่ยน เช่น น้ำปูนใส น้ำด่าง น้ำโคลนและน้ำบาดาล

1. น้ำปูนใส ได้จากปูนขาวที่ใช้กินกับหมาก ทำจากปูนจากการเผาเปลือกหอย โดยละลายปูนขาวในน้ำสะอาดทิ้งไว้ให้ตกตะกอนจะได้น้ำปูนใส มาใช้เป็นสารช่วยย้อมต่อไป

2. น้ำด่างหรือน้ำขี้เถ้า ได้จากขี้เถ้าพืช เช่น จากสวนต่าง ๆ ของกล้วย ต้นผักขมเปลือกของผลุ่น กากมะพร้าว เป็นต้น เลือกพืชชนิดใดชนิดหนึ่งที่ยังสด ๆ นำมาผึ่งแดดให้หมาด จากนั้นเผาให้เป็นขี้เถ้าสีขาว นำขี้เถ้าไปใส่ในอ่างที่มีน้ำอยู่กวนให้ทั่วทิ้งไว้ 4 - 5 ชั่วโมง ขี้เถ้าจะตกตะกอนนำน้ำที่ได้ไปกรองให้สะอาดแล้วจึงนำไปใช้งานเรียกว่า “น้ำด่างหรือน้ำขี้เถ้า” อีกวิธีหนึ่งนำขี้เถ้าที่ได้ไปใส่ในกระป๋องที่เจาะรูเล็ก ๆ รองกั้นด้วยปุ๋ยฝ้ายหรือใย มะพร้าวใส่ขี้เถ้าจนเกือบเต็ม กดให้แน่นเติมน้ำให้ท่วมขี้เถ้าแขวนกระป๋องทิ้งไว้รองเอาแต่น้ำด่างไปใช้งาน

3. กรด ได้จากพืชที่มีรสเปรี้ยว เช่น น้ำมะนาว น้ำใบหรือฝักส้มป่อยน้ำมะขามเปียก

4. น้ำบาดาลหรือ น้ำสนิมเหล็กจะใช้น้ำบ่อบาดาลที่เป็นสนิมหรือนำเหล็กไปเผาไฟให้แดงแล้วนำไปแช่ในน้ำ ทิ้งไว้ 3 วัน จึงนำน้ำสนิมมาใช้ได้น้ำสนิมจะช่วยให้สีเข้มข้น ให้เฉดสีเทา-ดำเหมือนมอร์แดนต์เหล็ก แต่ถ้าสนิมมากเกินไปจะทำให้เส้นใยเปื่อยได้เช่นกัน

5. น้ำโคลน เตรียมจากโคลนใต้สระหรือบ่อที่มีน้ำขังตลอดปีใช้ดินโคลนมาละลายในน้ำเปล่าสัดส่วนน้ำ 1 ส่วนต่อดินโคลน 1 ส่วนจะช่วยให้ได้โทนสีเข้มข้น หรือโทนสีเทา-ดำเช่นเดียวกับน้ำสนิม การใช้สารช่วยย้อมในการย้อมผ้ามี 3 วิธี คือ

- การใช้ก่อนการย้อมสีซึ่งต้องนำเส้นด้ายไปชุบสารช่วยย้อมก่อนนำไปย้อมสีธรรมชาติ
- การใช้พร้อมกับการย้อมสีเป็นการใส่สารช่วยย้อมไปในน้ำสีแล้วจึงนำเส้นด้ายลงย้อม
- การใช้หลังย้อมสีนำเส้นด้ายไปย้อมสีก่อนแล้วจึงนำไปย้อมกับสารช่วยย้อม

**4.7.4 สารช่วยให้สีติด** ในการย้อมสีธรรมชาติมีการใช้สารช่วยให้สีติดเส้นด้าย โดยสารดังกล่าวจะใช้ย้อมเส้นด้ายก่อนการย้อมสี หรือใช้ผสมในน้ำสีย้อม

**4.7.5 สารฝาด หรือแทนนิน** สารแทนนินจะมีอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของพืชที่มีรสฝาดและขม เช่น ลูกหมาก เปลือกเพกา เปลือกสีเสียด เปลือกผลทับทิม เปลือกประดู่ ใบยูคาลิปตัส ใบเหมือดแอ เป็นต้น ซึ่งสารดังกล่าวมีคุณสมบัติช่วยให้สีติดกับเส้นด้ายได้ดีขึ้น โดยการต้มสกัดน้ำฝาด หรือแทนนินจากพืชดังกล่าว แล้วนำเส้นด้ายต้มย้อมกับน้ำฝาดก่อน จากนั้นจึงนำเส้นด้ายไปย้อมกับน้ำสีย้อมอีกครั้ง

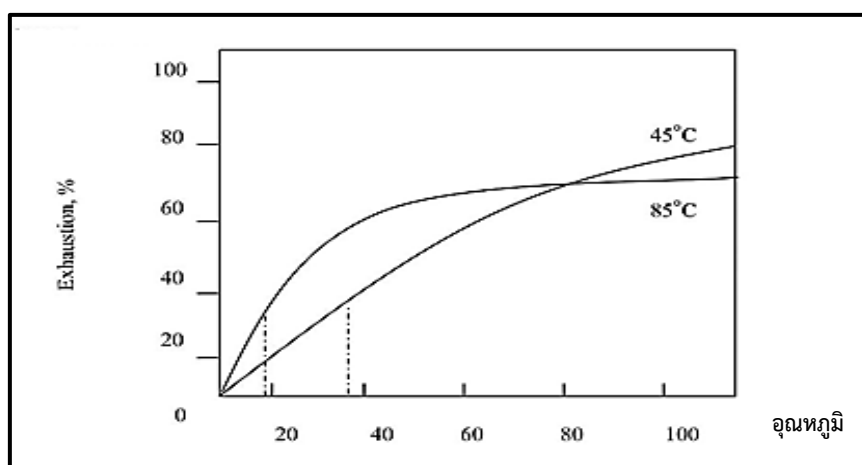
**4.7.5 โพรตีนจากน้ำถั่วเหลือง** ใช้ต้มกับเส้นด้ายก่อนการย้อมสีเพื่อช่วย ในการเพิ่มโปรตีนบนเส้นด้ายทำให้สามารถย้อมสีติดได้มากขึ้นทางญี่ปุ่นจะชุบฝ้ายไหมด้วย น้ำถั่วเหลืองก่อนเสมอ โดยแช่ไว้ 1 คืนยิ่งทำให้สีติดมาก

**4.7.6 เกลือแกง** จะใช้ผสมกับน้ำสีย้อมเพื่อช่วยให้สีติดเส้นด้ายได้ง่ายขึ้น

#### 4.8 อิทธิพลของสิ่งแวดล้อมต่อการย้อม

**4.8.1 อิทธิพลของความร้อนต่อการย้อม** การเพิ่มอุณหภูมิจะเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น ถ้าเพิ่มอุณหภูมิขึ้น 10 องศาเซลเซียส จะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าผลของการเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้เกิดผล ดังนี้

- 1) อัตราการย้อมเพิ่มขึ้น
- 2) สีที่ซึมเข้าไปในเส้นใยช่วงท้ายของสมดุลจะลดลง



กราฟที่ 2-1 แสดงการดูดซับสีที่อุณหภูมิต่างกัน  
(ที่มา : ดร.รชนี พัทธวรกรรม, 2555)

จากภาพที่ 2-1 จะเห็นว่าในช่วงเวลาการย้อมที่เท่ากัน การย้อมที่อุณหภูมิต่ำจะติดสีดีกว่าแต่การย้อมที่อุณหภูมิสูงจะติดสีได้เร็วกว่า แต่อย่างไรก็ตามการย้อมที่อุณหภูมิต่ำจะช้าและประสิทธิภาพการดูดซับสีก็ขึ้นกับการเพิ่มอุณหภูมิ ส่วนมากมักจะใช้อุณหภูมิจุดเดือดหรือใกล้เคียงกับจุดเดือด

**4.8.2 อิทธิพลของสารช่วยย้อม** เนื่องจากน้ำย้อมสามารถซึมเข้าไปภายในเส้นใยได้แต่ค่อนข้างช้าใช้เวลานาน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้สารเคมีเพิ่มลงไปใต้น้ำย้อมเพื่อเร่งปฏิกิริยาให้เร็วขึ้นและทำให้สีติดทนทานสม่ำเสมอ สารจำพวกนี้เรียกว่าสารช่วยย้อม (dye auxiliaries) สารช่วยย้อมที่สำคัญและนิยมใช้กันมากกับน้ำย้อมสีธรรมชาติ ได้แก่ เกลือ ซึ่งหาได้ง่ายมีราคาถูกและโซเดียมอิออนของเกลือจะทำหน้าที่ลดประจุลบของเส้นใยส่งผลให้ออนของสีสามารถซึมเข้าไปใกล้เส้นใยจนกระทั่งเกิดแรงแวนเดอร์วาลส์มีประสิทธิภาพทำให้เกิดการติดสีบนเส้นใยได้

**4.8.3 อิทธิพลของความเข้มข้นกรด-เบส** สีสส่วนใหญ่มักทำการย้อมในสภาวะที่เป็นกลาง การย้อมในสภาวะที่เป็นกรดไม่ทำให้เกิดผลดีต่อการย้อม และอาจทำให้เฉดสีเปลี่ยนไป การย้อมในสภาวะที่เป็นด่างอ่อนอาจทำได้เช่นกันแต่จะมีผลของการหน่วง (retarding effect) ต่ออัตราการดูดซึมสี (rate of absorption) การเติมโซดาแอซอาจเติมได้มากถึง 3 เปอร์เซ็นต์เพื่อลดความกระด้างของน้ำหรือมีละน้ันก็เป็นกรช่วยละลายสี เช่น การย้อมสีเดเร็กท์ซึ่งสีเดเร็กท์มีสมบัติเป็นเกลือโซเดียมของกรดซัลโฟนิค ในการเตรียมสีเดเร็กท์นั้นปฏิกิริยาอาจเกิดไม่สมบูรณ์กรดซัลโฟนิคอาจเปลี่ยนแปลงไปเป็นเกลือโซเดียมไม่หมดทำให้เส้นเปลืองสีในขณะที่ทำการย้อมสี ดังนั้นจึงนิยมใส่โซดาแอซลงในปริมาณเล็กน้อยเพื่อเปลี่ยนซัลโฟนิคที่เหลือให้เป็นเกลือโซเดียมของกรด

#### 4.8.4 อิทธิพลของวิธีการย้อม

**วิธีการย้อมโดยไม่ใช้มอร์แดนต์** โดยนำเส้นด้ายฝ้ายที่จะย้อมที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วไปใส่ในภาชนะที่บรรจุน้ำย้อมที่สกัดได้แล้วทำให้ร้อนที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียสนาน 1 ชั่วโมง จากนั้นนำเส้นด้ายฝ้ายที่ย้อมออกหมักไว้ 1 คืน บิดให้หมาดแล้วนำออกมาตากให้แห้งในที่ร่ม จากนั้นจึงล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดจนน้ำที่ล้างใสแล้วกระตุกเส้นด้ายฝ้ายจึงนำไปตากในที่ร่มให้แห้งอีกครั้ง

**วิธีการย้อมด้วยมอร์แดนต์** คำว่า Mordant มาจากภาษาฝรั่งเศสโบราณ Mordre ซึ่งหมายถึง การกัดหรือการกร่อนซึ่งนำมาใช้โดยหมายถึง การกระทำของมอร์แดนต์ที่ช่วยกัดกร่อนเส้นใยให้เกิดรูเล็ก ๆ เพื่อให้อนุภาคของสีย้อมเข้าไปติดได้ง่าย ทำให้การติดสีของสีย้อมบนเส้นใยดีขึ้นมอร์แดนต์มี 3 ชนิดคือ

1. Metallic mordant 6%40 chrome, alum, bluestone, coppers, tin salt
2. Tannin mordant 1927 cutch, sumac, tannin acid
3. Oil mordant เช่น turkey – red oil, galipoli oil, fatty acid

การย้อมแบบนี้การติดสีจะเกิดเป็น 3 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 สีย้อมจะซึมเข้าสู่ภายในเส้นใย

ขั้นที่ 2 มอร์แดนต์จะดูดซึมเข้าเส้นใย

ขั้นที่ 3 สีและมอร์แดนต์จะทำปฏิกิริยากันภายในเส้นใย กลายเป็นสารประกอบสีตัวใหม่ (อาจเกิดในน้ำย้อมก็ได้) ซึ่งเป็นสารประกอบสมบูรณ์หรือละอองสี (Lake) แล้วซึมผ่านช่องว่างของเส้นใยเข้าไปภายในการย้อมที่ต้องใช้มอร์แดนต์เป็นการย้อมสีพวกสารประกอบที่มีลักษณะเฉพาะ คือ

ทำให้เกิดสีเมื่อทำปฏิกิริยากับเกลือไฮดรอกไซด์ของโลหะ โดยหมู่ไฮดรอกซิลจะเกาะอยู่ที่ตำแหน่ง ortho ไนโมเลกุลของ chromophor การใช้มอร์แดนต์ต่าง ๆ กันทำให้ได้สีต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับชนิดของโลหะเช่น สีย้อมที่ชื่อ haemaen ซึ่งได้จากต้นไม้ชนิดหนึ่งซึ่งมีชื่อสามัญว่า Logwood และมี

ชื่อพฤกษศาสตร์ว่า Haematoxyloncompechianum เมื่อย้อมโดยใช้เกลือของอลูมิเนียมเป็นมอร์แดนท์จะได้สีน้ำเงิน ถ้าใช้เกลือของโครเมียมจะให้สีด้าอมน้ำเงิน สีย้อมที่มีชื่อว่า Alizalin เมื่อย้อมโดยใช้เกลืออลูมิเนียมเป็นมอร์แดนท์จะได้สีแดง ถ้าใช้เกลือของเหล็กจะให้สีม่วง มอร์แดนท์สมัยโบราณมักใช้เกลือของเหล็ก ดีบุก อลูมิเนียม ส่วนมอร์แดนท์สมัยใหม่ใช้เกลือของโครเมียมในรูปเกลือของโครเมท (chromate) และไบโครเมท (bichromate) ซึ่งใช้ได้ง่าย การจำแนกประเภทมอร์แดนท์ที่ไม่มีข้อกำหนดชัดเจนบ้างกำหนดมอร์แดนท์ไว้ว่าหมายถึงความถึงเกลือของโลหะเท่านั้น นอกจากนี้ในการย้อมสีบางอย่าง อาจมีการใช้สารอื่นเพิ่มเติมหลังจากการย้อมสีแล้ว เพื่อช่วยให้สีติดทนยิ่งขึ้นสารประเภทหลังนี้เรียกว่าสารฟิกซิงหรือสารช่วยตรึงสี (Fixing agents) ตัวอย่างสารเหล่านี้ได้แก่ แทนิน หรือกรดแทนนิก กรดแลคติก กรดอะซิติก น้ำมะขาม เป็นต้น

กระบวนการย้อมมอร์แดนท์ มีด้วยกัน 3 วิธี ดังนี้

1. การย้อมมอร์แดนท์ก่อนการย้อมสี (Pre-mordanting) วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้กันทั่วไปโดยนำสิ่งที่จะย้อมที่ผ่านการทำความสะอาดแล้ว ไปใส่ในภาชนะที่บรรจุสารละลายมอร์แดนท์ส่วนมากจะทำให้ร้อนนาน 15 นาทีก่อนปล่อยแช่ทิ้งไว้ในสารละลายต่ออีก 15 นาที ถึง 1/2 ชั่วโมง จากนั้นนำสิ่งที่จะย้อมออกไปย้อมน้ำย้อมสีต่ออีก 1 ชั่วโมง แล้วนำออกมาหมักไว้ 1 คืน และทำให้แห้งจากนั้นจึงล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดและทำให้แห้งอีกครั้ง

2. การย้อมมอร์แดนท์พร้อมการย้อมสี (Simultaneous mordanting) การย้อมสีวิธีการนี้สารละลายของมอร์แดนท์จะเติมลงไปโดยตรงในการย้อม การย้อมใช้อุณหภูมิเดียวกันกับการย้อมสี ทั้งนี้การเติมมอร์แดนท์มีทั้งที่เติมในน้ำย้อมก่อนย้อม เติมหลังการย้อม ผ่านไประยะเวลาหนึ่ง เติมเป็นช่วง ๆ ระหว่างการย้อมและการเติมก่อนการย้อมสีใกล้เคียงที่สุด การย้อมแบบนี้มีข้อเด่นที่ลดขั้นตอนของกระบวนการลง แต่สีที่ได้มักไม่คงทนเท่าการย้อมแบบแรก หลังการย้อมแล้วสิ่งที่ย้อมอาจถูกปล่อยแช่ไว้ในน้ำย้อมจนเย็นตัวลง หรืออาจถูกนำออกจากน้ำย้อมทันที ส่วนมากจะล้างด้วยน้ำที่อุณหภูมิลดลงเรื่อย ๆ หรือล้างในน้ำสบู่อ่อน ๆ จนกว่าสีย้อมไม่ตกอีกต่อไป จากนั้นจึงนำไปทำให้แห้ง การย้อมแบบนี้มีข้อด้อยที่น้ำย้อมที่ใช้แล้วอาจไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ นอกจากจะทำให้เกิดการสูญเสียสิ่งที่มีคุณค่าในน้ำย้อมแล้ว ยังก่อให้เกิดปัญหาในการบำบัดน้ำเสียตามมาอีกด้วย

3. การย้อมมอร์แดนท์หลังการย้อมสี (Post-mordanting) มอร์แดนท์บางอย่างสามารถย้อมหลังการย้อมสีได้ เช่น เกลือของดีบุก เกลือของเหล็ก แทนินหรือกรดแทนนิก การย้อมมอร์แดนท์แบบนี้อาจใช้วิธีย้อมแยกอิสระหรือในบางกรณี มอร์แดนท์จะถูกเติมลงไปลงในน้ำย้อมในช่วง 5 ถึง 10 นาทีสุดท้ายก่อนนำวัสดุที่แช่ในน้ำย้อมออก บางกรณีผู้ย้อมจะแช่วัสดุในสารละลายเกลือดีบุกหรือเกลือของเหล็กหลังการย้อมสีเพื่อช่วยในการเปลี่ยนแปลงเฉดสี

อย่างไรก็ตามการย้อมเส้นไหมด้วยสีธรรมชาติ มีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนากระบวนการย้อมให้ได้สีคุณภาพดี คงทนต่อแสงและการซักผ้าตามมาตรฐานอุตสาหกรรม ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และศึกษาหาพันธุ์ไม้ย้อมสีใหม่ ๆ ที่หาง่ายโตเร็ว และสามารถพัฒนาได้ในเชิงพาณิชย์

**4.9 เทคนิคและกระบวนการย้อมเส้นด้าย** ไม่ว่าจะเป็นการย้อมเส้นด้าย (ฝ้าย) หรือย้อมผ้าฝืนที่ทอเสร็จแล้วนั้น นับเป็นความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำความเข้าใจในเรื่องคุณสมบัติด้านต่างๆ ของวัสดุที่จะนำมาใช้ในการย้อม รวมทั้งเทคนิคที่จำเป็นในกระบวนการย้อมที่จะใช้กับวัสดุสำหรับย้อมแต่ละชนิดด้วย ทั้งนี้เพื่อให้เส้นด้ายหรือผ้าฝืนที่นำมาย้อมนั้นสามารถดูดซึมวัสดุย้อมหรือสีได้

อย่างมีประสิทธิภาพ และไม่ก่อให้เกิดการสูญเสียวัสดุที่นำมาใช้ในการย้อมโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้น เนื้อหาของกระบวนการย้อมผ้าจึงสามารถที่จะแบ่งรายละเอียดได้เป็น 2 ส่วน สีที่ได้จากวัสดุธรรมชาติ และวัสดุที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมี หรือสีย้อมสังเคราะห์

**4.9.1 สีที่ได้จากวัสดุธรรมชาติ** วัสดุหรือสีย้อมที่ได้จากธรรมชาติส่วนใหญ่ทำจาก ส่วนประกอบของพืชตั้งแต่ส่วนของเปลือก ใบ ดอก เกสร ผล เมล็ด และรากของต้นไม้ รวมทั้งสารที่ได้จากสัตว์ประเภทแมลงและวัสดุประเภทดิน หินหรือแร่ธาตุบางชนิด ซึ่งให้สีและความเข้มที่ต่างกันหลังจากผ่านกระบวนการย้อม วิธีการใช้สีที่ได้จากธรรมชาติจะต้องทำการสกัดเอาสารที่เป็น ส่วนประกอบของสีออกมาจากส่วนต่าง ๆ ของพืชก่อนที่จะนำไปทำสีย้อมผ้ากระบวนการในการสกัด สารประกอบของสีดังกล่าวสามารถทำได้ทั้งโดยใช้เครื่องมือหรือเครื่องจักรกลที่มีส่วนประกอบซับซ้อน หรืออาจสกัดโดยเทคนิคพื้นบ้าน ดังนี้ เทคนิคการหั่น เทคนิคการบด เทคนิคการหมัก

เทคนิคการหั่น วิธีนี้เป็นกระบวนการที่ต้องใช้เครื่องมือที่มีคมทำการตัด สับ หรือหั่น วัสดุธรรมชาติที่ต้องการสกัดสีให้กลายเป็นชิ้นเล็กๆ หรือทำให้มีขนาดบางที่สุดเท่าที่จะทำได้ จากนั้น นำไปแช่น้ำสะอาดเป็นเวลานานประมาณ 2 ชั่วโมง แล้วจึงนำวัสดุดังกล่าวไปต้มในภาชนะที่สามารถ ควบคุมความร้อนได้ดี ทิ้งไว้ให้เดือดนานประมาณ 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วจึงนำมากรองเอากากเศษ วัสดุที่ไม่ต้องการทิ้งไป จากนั้นนำเอาน้ำสกัดที่ได้มานั้นไปผสมน้ำที่เตรียมไว้ในภาชนะสำหรับย้อมผ้า ต่อไป

เทคนิคการบด กระบวนการนี้นอกจากจะใช้วิธีการที่กล่าวถึงในเทคนิคการหั่นแล้ว ยังอาจจะต้องทำการตำ บด หรือป่นให้สารสกัดจากธรรมชาติมีขนาดเล็กมาก ๆ ทั้งนี้เป็นเพราะวัสดุ บางประเภทมีความแข็งและอาจจะไม่ละลายสารประกอบออกมาได้ง่าย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ จะต้องทำให้สารสกัดละเอียด เมื่อทำการบดสารสกัดจนได้ขนาดตามต้องการแล้วจึงนำไปใส่น้ำต้ม นานประมาณ 1 ชั่วโมง จากนั้นจึงรินหรือกรองเอาเศษวัสดุทิ้งไป และนำน้ำสารสกัดที่ได้มาไปผสมน้ำ สำหรับย้อมผ้าอีกทีหนึ่ง

เทคนิคการหมัก การดองหรือหมักวัสดุจากธรรมชาติในภาชนะปากกว้าง มีฝาปิด มิดชิดสำหรับป้องกันฝุ่นละอองรวมทั้งแมลงต่าง ๆ เพื่อให้โครงสร้าง เส้นใย รวมถึงเซลล์ต่าง ๆ ของ วัสดุธรรมชาติเปื่อยหรือเน่าแล้วคายสารประกอบที่เป็นสีออกมา ซึ่งโดยมากจะต้องนำเอาน้ำต่างขี้เถ้า กับน้ำปูนใสมาผสมเพื่อเร่งปฏิกิริยาการสลายตัวและการตกตะกอนของเศษวัสดุ ทั้งนี้มักใช้เวลาในการ หมักดองพอสมควร พืชบางชนิดอาจใช้เวลาอย่างน้อยประมาณ 1 อาทิตย์ขึ้นไป ทั้งนี้การใช้เวลามาก หรือน้อยขึ้นอยู่กับประเภทของวัสดุธรรมชาติที่นำมาใช้ อย่างไรก็ตามเมื่อหมักจนได้ระยะแล้วจึงกรอง เอาน้ำสีที่ได้ไปผสมน้ำย้อมผ้าเป็นขั้นสุดท้าย

ฝ่ายเทคโนโลยีศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคที่ 6 จังหวัดนครราชสีมา ได้ทำการ ทดลองสกัดสีจากธรรมชาติ และสรุปผลที่ได้จากกระบวนการทดลองการสกัดสีจากส่วนต่าง ๆ ของพืช และวัสดุธรรมชาติว่า ส่วนประกอบของพืชแต่ละส่วนและแต่ละพันธุ์ก็จะให้สีที่ไม่เหมือนกันรวมถึง สารต่าง ๆ จากธรรมชาติที่หาได้ง่าย อาทิเช่น ดิน โคลน หินแร่ต่าง ๆ ล้วนแต่สามารถสกัดเป็นสีย้อม ได้ แต่ปัญหาใหญ่ของการย้อมคือ ยังไม่สามารถกำหนดส่วนผสมของวัสดุธรรมชาติดังกล่าวให้เป็นสูตร แบบมาตรฐานได้ เพราะมักจะมี ความแตกต่างของสีทุกครั้งที่ย้อมอันเนื่องมาจากความแตกต่างของ สารประกอบในวัสดุธรรมชาติ แต่ละชนิดซึ่งอาจเป็นเพราะคุณสมบัติของแร่ธาตุในเนื้อดินที่ปลูกและ

อื่น ๆ แต่ความแตกต่างดังกล่าวกลับกลายเป็นคุณสมบัติพิเศษที่เหมือนกับเป็นการสร้างเสน่ห์หรือลักษณะพิเศษเฉพาะตัวให้กับให้กับผลิตภัณฑ์ผ้าฝ้ายสำเร็จรูปแต่ละชิ้น ผลการทดลองสกัดสีจากธรรมชาติมีรายละเอียดดังแสดงไว้ในตารางด้านล่าง (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรมร่วมกับภาควิชาวิทยาการสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคที่ 6, 2553)



ภาพที่ 2-9 แสดงวัสดุที่ได้จากธรรมชาติที่เตรียมไว้สำหรับกระบวนการสกัดสารเพื่อทำสีย้อมผ้า (ที่มา : สถาบันอุตสาหกรรมสิ่งทอ ฯ, เอกสารประกอบการอบรม 2553)

ตารางที่ 2-3 แสดงผลการทดลองสกัดสีย้อมเส้นด้ายจากพืชและวัสดุธรรมชาติ

ลำดับที่	ชื่อทางราชการ Official name	ชื่อวิทยาศาสตร์ Botanical name	ส่วนที่ให้สี Usage part	สีที่ให้ Colour
1	ห้อม	Strobilanthes flaccidifolius	ใบ	น้ำเงินแก่
2	อ้อยช้าง	Lanea	เปลือก	น้ำตาล
3	พุดซ้อน	Ervatamia coronaria	เนื้อหุ้มเมล็ด	แดง
4	เพกา	Oroxylum indicum	เปลือก	กากี
5	คำแสด	Bixa orella	เนื้อหุ้มเมล็ด	แสด
6	มะเกี๋ยม	Canarium kerrii	ผล	ดำ
7	ฝาง	Caesalpinia sappan	แก่น	แดง
8	อะราง, นนทรี	Peltophorum dasyrachis	เปลือก	น้ำตาลเหลือง
9	นนทรี	Peltophorum inerme	เปลือก	น้ำตาลเหลือง
10	มะขามไทย	Tamarindus indica	ใบ	เหลือง



ตารางที่ 2-3 แสดงผลการทดลองสกัดสารย้อมเส้นด้ายจากพืชและวัสดุ (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อทางราชการ Official name	ชื่อวิทยาศาสตร์ Botanical name	ส่วนที่ให้สี Usage part	สีที่ให้ Colour
11	สนทะเล	Casuarina equisetifolia	เปลือก	น้ำตาลแกม แดง
12	ฝาดแดง	Lumnitzera littorea	เปลือก	สีอิฐ
13	สมอไทย	Terminalia chebula	เปลือกและผล	ดำ
14	สมอพิเภก	Terminalia belerica	เปลือกและผล	สีขี้ม้า
15	รกฟ้า	Terminalia alata	เปลือก	ดำ
16	หูกวาง	Terminalia catappa	ใบแก่	สีขี้ม้า
17	คำฝอย	Carthamus tinctorius	ดอก	แดง
18	พะยอม	Shorea talura	เปลือก	น้ำตาลส้ม
19	เคี่ยม	Cotylebium melanoxyton	เปลือก	น้ำตาลดำ
20	ตับเต่าตัน	Diospyros ehretioides	ผล	ดำ

(ที่มา : สถาบันอุตสาหกรรมสิ่งทอ ฯ เอกสารประกอบการอบรม 2553)

**4.9.2 วัสดุที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมี หรือสรีวิทยาศาสตร์** วัสดุหรือสีที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมี หรือสรีวิทยาศาสตร์ที่ใช้ย้อมผ้า เป็นสีที่มีความคงทนดีและมีกรรมวิธีในการย้อมไม่ยาก โดยมากเป็นสีสำเร็จรูปที่สั่งซื้อมาจากต่างประเทศซึ่งอาจแบ่งออกตามลักษณะการทำปฏิกิริยาของสารผสมขณะทำการย้อมได้เป็น 2 ประเภทคือ สีรีแอคทีฟ (Reactive Dyes) สีแวต (Vat Dyes)

**สีรีแอคทีฟ** เกือบทุกสีละลายน้ำได้ดีแต่มีบางสีที่ทำปฏิกิริยาช้า อย่างไรก็ตามสีประเภทนี้สามารถย้อมด้วยอุณหภูมิค่อนข้างต่ำหรือที่เรียกว่าย้อมเย็นได้ เช่น สี Procion M ของ ICI สีรีแอคทีฟจะละลายตัวยึดติดเส้นใยด้ายโดยอาศัยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นโดยตรงระหว่างสีกับเส้นใยด้ายเมื่ออยู่ในสภาวะน้ำย้อมเป็นด่าง ดังนั้นจึงนับเป็นสีที่มีความทนทานต่อการซัก อบ รีด ดีมากแต่กลับมีปัญหาด้านเปอร์เซ็นต์ (%) การย้อมติดผ้าน้อย เนื่องจากเป็นสีที่ไวต่อปฏิกิริยาทำให้จำนวนสีส่วนหนึ่งสูญหายไปในการทำปฏิกิริยากับน้ำด่าง จึงจำเป็นต้องใช้จำนวนสีมากกว่าปกติและผลการย้อมสีจะได้สีค่อนข้างอ่อนเท่านั้น สำหรับสีรีแอคทีฟมีส่วนประกอบของสีและสารเคมี

ตารางที่ 2-4 แสดงส่วนประกอบของสีและสารเคมีในภาชนะย้อมสีรีแอคทีฟ

สีและสารเคมี	เส้นด้าย (ฝ้าย) 1 กิโลกรัม
อัตราส่วนเส้นด้าย (ฝ้าย) : น้ำ = 1 : 20	20 ลิตร หรือ 1 ปีบ
สี Reactive 0.5-5%	5-50 กรัม หรือ ½ - 3 ซ่อน
สบู่เปียก (Wetting agent) 1 กรัม/ลิตร	20 กรัม หรือ 2 ซ่อน
เกลือ 30-50 กรัม/ลิตร	600-1,000 กรัม หรือ 35-70 ซ่อน
โซดาแอช (Soda ash) 5-10 กรัม/ลิตร	10-200 กรัม หรือ 14-28 ซ่อน
อุณหภูมิในการย้อม	เย็นหรืออุ่น 50-60 องศาเซลเซียส

(ที่มา : สถาบันอุตสาหกรรมสิ่งทอ ฯ เอกสารประกอบการอบรม 2553)

**สีแวต (Vat)** เป็นสีที่ไม่ละลายน้ำ ดังนั้นเวลาย้อมเส้นด้ายต้องผสมสีประเภทนี้ด้วย โซดาไฟ (Caustic Soda) และโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ (Sodium Hydrosulphite) เพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยาให้อยู่ในรูปที่ถูกรีดิวส์ (reduced) แล้วจึงจะสังเกตเห็นจากการที่สีเปลี่ยนจากเดิมไปเช่นจากเดิมสีเหลืองเมื่อทำการรีดิวส์แล้วจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน เป็นต้น เมื่อทำการย้อมแล้วก็ต้องทำให้สีเดิมกลับคืนมาอยู่ในรูปเดิมที่เป็นสีไม่ละลายน้ำอีกครั้งโดยนำเส้นด้าย (ฝ้าย) ที่ย้อมนั้นไปผ่านอากาศหรือไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ( $H_2O_2$ ) ซึ่งกระบวนการนี้เรียกว่าการออกซิเดชัน (Oxidation) สี Vat ที่นิยมใช้ได้แก่ Celadon ของบริษัท ICI สี Indanthrene ของบริษัท Bayer, Hoechst, BASF สีแวต (Vat) มีส่วนประกอบของสีและสารเคมีดังตารางที่ 2-5

ตารางที่ 2-5 แสดงส่วนประกอบของสีและสารเคมีในภาชนะย้อมสีแวต (Vat Dyes)

สีและสารเคมี	เส้นด้าย (ฝ้าย) 1 กิโลกรัม
อัตราส่วนเส้นด้าย (ฝ้าย) : น้ำ = 1 : 20	น้ำ 20 ลิตร หรือ 1 ปีบ
สี Vat 0.5-3%	5-50 กรัม หรือ ½ - 3 ซ่อน
โซดาไฟเกล็ด 3-5 กรัม/ลิตร	60-100 กรัม หรือ 5-10 ซ่อน
โซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ 3-8 กรัม/ลิตร	60-160 กรัม หรือ 6-18 ซ่อน
เกลือ 5-20 กรัม/ลิตร	100-400 กรัม หรือ 5-20 ซ่อน
อุณหภูมิในการย้อม	เย็น

(ที่มา : สถาบันอุตสาหกรรมสิ่งทอ ฯ เอกสารประกอบการอบรม 2553)

**การย้อมด้วยสีที่ได้จากวัสดุธรรมชาติ**

การย้อมผ้าด้วยส่วนประกอบต่าง ๆ จากพืช เช่น ราก ลำต้น เปลือกไม้ ใบ ดอก ผล เมล็ดจะใช้สูตรที่ใกล้เคียงกันคือ มีส่วนผสมของน้ำและสีย้อมสกัดจากวัสดุเหล่านั้นแต่การที่จะให้สีสกัดจากวัสดุธรรมชาติดังกล่าวฝังตัวติดเส้นใยของเส้นด้าย (ฝ้าย) แน่นทนต่อแสงแดด และกระบวนการซัก อบ รีดต่าง ๆ ได้ดีจำเป็นต้องใช้สารเคมีประเภทสารช่วยติด (Mordant) เป็นตัวช่วย ซึ่งการใช้สารช่วยติดมากหรือน้อยในการย้อมแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่นำมาย้อม

อย่างไรก็ตาม การปฏิบัติการย้อมสีที่ได้จากวัสดุธรรมชาตินั้นมีขั้นตอน และวิธีการที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปริมาณส่วนผสมของวัสดุที่จะทำน้ำย้อม และประเภทส่วนประกอบของวัสดุจากธรรมชาติที่จะนำมาเป็นส่วนผสม ดังเช่น

**สีแดงจากดอกคำฝอย** ดอกคำฝอย มีสารประกอบด้วยสารสีแดงที่ชื่อคาร์ทามิน (Carthamin) และสารสีเหลืองชื่อ แซฟฟลาวเวอร์เยลโล (Safflower Yellow) ซึ่งเป็นสีที่ละลายน้ำได้ นอกจากนี้ยังประกอบ ด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวหลายชนิด เช่น โพรตีน เบต้าแคโรทีน ไบโตามีนอี เป็นต้น



ภาพที่ 2-10 แสดงต้นดอกคำฝอย

(ที่มา : กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2553)

วิธีย้อม นำดอกคำฝอยมาบดให้ละเอียดแล้วห่อด้วยผ้าขาวบาง นำไปต้มเคี่ยวจนน้ำมีลักษณะขุ่น แล้วเก็บน้ำดอกคำฝอยไว้ จากนั้นจึงเตรียมน้ำด่าง (โดยนำเอาขี้เถ้าจากการเผาต้นฝักขม หนามแห้งไปผสมกับน้ำที่ผ่านการต้มแล้วแช่ทิ้งไว้ให้ขี้เถ้าตกตะกอนจนใส) เอาน้ำด่างมาเทรวมเข้ากับน้ำดอกคำฝอยที่เตรียมไว้ เติมสารส้มหรือสารช่วยติด (Mordant) คนให้เข้ากันต้มให้ร้อนเตรียมไว้สำหรับย้อมผ้าหรือเส้นด้าย สำหรับเส้นด้ายที่จะนำมาย้อมนั้น ต้องชุบน้ำสะอาดให้เปียกทั่วกัน บิดให้หมาดแล้วตีให้เส้นด้ายกระจายเพื่อที่จะให้เส้นด้ายดูดซึมสีได้อย่างสม่ำเสมอ แล้วนำลงในน้ำย้อมที่ต้มเตรียมไว้ คอยกลับเส้นด้ายอย่างสม่ำเสมอใช้เวลาประมาณ 30 นาที แล้วยกขึ้นบิดให้หมาด กระจุกให้ตั้งก่อนนำขึ้นตากบนราวให้แห้ง

**สีแดงจากรากต้นยอ** ยอเป็นไม้ยืนต้นใบสีเขียวเข้มมีลักษณะคล้ายกับใบหูกวาง ส่วนประกอบทั้งใบและผลสามารถนำไปใช้ประกอบอาหารได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนที่เป็นรากมีคุณสมบัติสามารถนำมาทำเป็นสีย้อมผ้าได้เป็นอย่างดี



ภาพที่ 2-11 แสดงต้นยอ

(ที่มา : กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2553)

วิธีย้อม ตัดเอารากแก่ของต้นยอมาตากแห้งและนำมาหั่นให้เป็นแผ่นบาง ๆ หรือสับให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำไปต้มจนกระทั่งได้น้ำเป็นสีแดงคล้ำจึงกรองเอาน้ำสีมาย้อมได้ นำเส้นด้ายที่จะย้อมชุบน้ำให้เปียกทั่วกัน บิดให้หมาดและกระตุกเพื่อให้เส้นด้ายกระจายแล้วนำลงแช่ในน้ำสีที่ต้มพร้อมทั้งเติมสารส้มหรือสารช่วยติด (Mordant) เตรียมไว้ หมั่นกลับเส้นด้ายเพื่อให้สีดูซึมลงบนเส้นด้ายอย่างสม่ำเสมอใช้เวลาย้อมนานประมาณ 30 นาที แล้วจึงเอาชิ้นมาล้างน้ำสะอาดแล้วบิดให้หมาดน้ำก่อนที่จะนำขึ้นตากโดยกระตุกเส้นด้ายให้ตึง ก่อนนำขึ้นพาดบนราวตาก

**สีเหลืองจากแก่นขนุน** ขนุนเป็นไม้ยืนต้น เปลือกและแก่น (เนื้อไม้) ขนุนสามารถนำมาทำเป็นสีย้อมผ้าได้อย่างสวยงาม ให้สีเหลืองอ่อน

วิธีย้อม นำแก่นของต้นขนุนที่แห้งแล้วมาหั่นเป็นแผ่นบางๆ แล้วสับหรือป่นให้ละเอียด จากนั้นนำมาห่อด้วยผ้าขาวบางลงต้มนานประมาณ 4 ชั่วโมง แล้วตักเอากากทิ้งกรองให้เหลือแต่น้ำสีเหลืองของแก่นขนุน จากนั้นเติมสารส้มหรือสารช่วยติด (Mordant) เพื่อจะช่วยให้สีติดผ้าดี การย้อมฝ้ายนั้นจะต้องนำฝ้ายไปชุบน้ำให้เปียก แล้วตีเส้นฝ้ายให้แตกตัวเพื่อที่จะให้เส้นด้ายดูดสีน้ำย้อมได้อย่างทั่วถึง แล้วนำฝ้ายที่เตรียมเสร็จแล้วลงไปแช่ในน้ำย้อมที่เตรียมไว้

**สีแดงจากครั่ง** ครั่งคือ ยางหรือชันชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นสารที่ขับถ่ายออกจากตัวแมลงครั่ง ซึ่งอาศัยอยู่ตามกิ่งไม้ที่ใช่เลี้ยงครั่ง และใช้ปากซึ่งมีลักษณะเหมือนหลอดดูด เจาะเข้าไปในกิ่งไม้เพื่อดูดน้ำเลี้ยงมาเป็นอาหาร และขับถ่ายครั่งออกมาเพื่อห่อหุ้มตัวเป็นเกราะป้องกันอันตรายจากสิ่งภายนอก ครั่งมีลักษณะนิ่มเหนียวสีเหลืองทอง เมื่อถูกอากาศนาน ๆ จะแข็งและมีสีน้ำตาล ผลการย้อมด้วยครั่งจะได้สีแดงออกชมพู



ภาพที่ 2-12 แสดงครั่ง

(ที่มา : กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2553)

วิธีย้อม นำครั่งแห้งมาตำหรือบดให้ละเอียด จากนั้นแช่ในน้ำมะขามเปียกนานประมาณ 6 ชั่วโมง จึงเอาไปต้มก็จะได้น้ำสีแดง จากนั้นเตรียมเส้นด้ายที่จะย้อมโดยนำไปชุบน้ำแล้วบิดให้แห้งพอหมาด และกระตุกกลุ่มเส้นด้ายให้เรียงเส้น แล้วจึงนำลงแช่ในน้ำครั่งที่ต้มเตรียมไว้ (พร้อมทั้งเติมสารส้มหรือสารช่วยติด Mordant) ทุกครั้งนานประมาณ 30 นาทีเสร็จแล้วนำขึ้นมาบิดให้หมาด แล้วเอาไปล้างน้ำสะอาด บิดให้แห้งพอหมาดอีกครั้งและกระตุกให้เส้นด้ายตั้งก่อนตากเรียงบนราวที่เตรียมไว้



ภาพที่ 2-13 แสดงฝ้ายสีแดงที่ได้จากการย้อมด้วยครั่ง

(ที่มา : กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2553)

**สีน้ำเงินจากต้นคราม** คราม เป็นพืชล้มลุกขนาดเล็กสูง 1-2 เมตร มีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ ครามบ้านและครามป่า แต่ครามที่ใช้เป็นสีย้อมผ้าเป็นประเภทครามบ้าน ซึ่งมีใบเป็นรูปวงรี ปลายมน ขนาด 1 X 1.5-2 ซม. มีลักษณะคล้ายใบมะขาม ผลิดอกขนาดเล็กตามซอกใบ กลีบดอกมีสีชมพู ฝักกลมมีขนาดเล็ก ต้นครามมีสารเคมีชื่อ “IndigonTin” หรือ “Indigo Blue” ให้สีน้ำเงินเข้ม ส่วนประกอบของต้นครามที่สกัดสีได้คือ ส่วนของลำต้นและเมล็ด



ภาพที่ 2-14 แสดงต้นคราม

(ที่มา : กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2553)

วิธีย้อม ตัดลำต้นหรือกิ่งของต้นครามที่มีใบติดอยู่มามัดเป็นพ่อน ๆ นำไปแช่น้ำสะอาดทิ้งไว้ประมาณ 2-3 วันจนเปื่อย แล้วจึงคั้นเอาเฉพาะน้ำครามมาใส่ภาชนะแล้วใส่ปูนขาวลงไปจนเกิดฟองอากาศ ปล่อยให้ทิ้งไว้ให้ตกตะกอนจนฟองอากาศบนผิวน้ำหายไป หลังจากนั้นก็กรองเอาเศษตะกอนทิ้งให้เหลือเฉพาะน้ำเพื่อนำไปหมักและเก็บไว้ใช้ต่อไป การเตรียมน้ำย้อมครามให้นำน้ำต่างมาผสมน้ำย้อมที่หมักเก็บไว้ แล้วนำเส้นด้ายไปแช่ลงในน้ำย้อมครามดังกล่าว โดยไม่ต้มซึ่งเรียกว่า การย้อมเย็น การย้อมด้วยวิธีนี้ควรแบ่งน้ำย้อมออกเป็น 2 ส่วน เพื่อทำการย้อม 2 ครั้ง เพราะถ้าย้อมครั้งเดียวสีจะไม่เข้ม และติดไม่สม่ำเสมอ ในระหว่างที่ย้อมครามเส้นด้ายจะมีสีเหลืองแต่เมื่อสิ้นสุดกระบวนการย้อมแล้วจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน เมื่อนำมาผึ่งให้แห้ง ถ้าต้องการสีเข้มมากขึ้นจะต้องทำการย้อมซ้ำหลาย ๆ ครั้ง สุดท้ายให้นำเส้นด้ายที่ย้อมเสร็จแล้วไปซักในน้ำสะอาดแล้วตากให้แห้ง



ภาพที่ 2-15 แสดงฝ้ายสีน้ำเงินที่ได้จากการย้อมด้วยต้นคราม

(ที่มา : กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2553)

สีเหลืองจากขมิ้นชัน ขมิ้นชันเป็นพืชล้มลุกชอบขึ้นอยู่ตามที่ลุ่ม ลักษณะของลำต้นเหมือนกับต้นข่า ใบยาวเหมือนต้นพุทธรักษา หัวขมิ้นชันมีประโยชน์ใช้เป็นส่วนผสมในการทำยาและสามารถนำไปประกอบอาหารรับประทานได้ ส่วนที่นำมาสกัดให้สีย้อมผ้าคือ ส่วนหัวขมิ้นซึ่งให้สีเหลืองส้ม



ภาพที่ 2-16 แสดงต้นขมิ้น

(ที่มา : กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2553)

**วิธีย้อม** นำหัวขมิ้น มาตำหรือบดให้ละเอียดแล้วนำไปคั้นเอาน้ำสีที่ได้มากรองให้เหลือแต่น้ำสี นำเส้นด้ายไปซักน้ำสะอาด บิดให้หมาด แล้วจึงนำลงไปต้มในน้ำย้อมนานประมาณ 1 ชั่วโมง โดยเติมสารช่วยติดผสมลงไปในสีย้อมด้วย และจะต้องหมั่นพลิกเส้นด้ายอยู่ตลอดเวลา จากนั้นนำขึ้นมาซักในน้ำสะอาดบิดให้หมาด แล้วจึงนำไปตากบนราว



ภาพที่ 2-17 แสดงฝ้ายสีเหลืองที่ได้จากการย้อมด้วยขมิ้น

(ที่มา : กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2553)

**สีเหลืองจากต้นเขหรือแกแล** ต้นเขเป็นพืชประเภทไม้เลื้อยมีลักษณะเป็นเครือเถา มีหนามอยู่ทั่วไปและมักขึ้นอยู่ตามบริเวณป่าผลการย้อมให้สีเหลืองออกส้ม



ภาพที่ 2-18 แสดงต้นเข

(ที่มา : กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2553)

วิธีย้อม นำเครือไม้ต้นเขมาตัดเป็นท่อนเล็กๆ ตากแดดให้แห้งแล้วจึงนำมาผ่า และสับให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ จากนั้นนำไปต้มกับน้ำสะอาดจนเดือดประมาณ 1 ชั่วโมง จะได้น้ำย้อมสีเหลืองเข้มกรองเอาแต่น้ำ เติมสารส้มหรือสารช่วยติด (Mordant) เตรียมไว้ (กากที่เหลือจากการต้มครั้งแรกสามารถนำมาต้มซ้ำได้อีกประมาณ 2-3 ครั้ง แต่จะได้สีเหลืองอ่อนกว่าสีแรก ๆ) กระบวนการย้อมถ้าหากต้องการให้เส้นด้ายมีสีเข้มต้องย้อมประมาณ 3 ครั้ง โดยต้องต้มสีไว้ 3 ชุดเอาเส้นด้ายที่เตรียมไว้ต้มในน้ำสีสุดท้ายก่อน (สีอ่อนสุด) กลับฝ้ายไปมาอยู่เสมอ เพื่อให้ฝ้ายสามารถดูดซึมน้ำสีย้อมเข้าไปในฝ้ายได้อย่างทั่วถึง แล้วนำไปต้มในน้ำที่ 2 และที่ 3 (สีเข้มที่สุด) จนกระทั่งฝ้ายมีสีตามที่ต้องการแล้วจึงนำฝ้ายที่ย้อมแล้ว มาซักน้ำสะอาดอีกครั้ง ก่อนบิดและกระตุกให้เส้นด้ายเรียงตัวแล้วตากบนราว

**สีดาจากผลมะเกลือ** มะเกลือ เป็นไม้ยืนต้นที่มีขนาดกลางสูง 8-15 เมตรแต่บางครั้งสูงได้ถึง 30 เมตร ลำต้นตรง กิ่งอ่อนมีขนนุ่มทั่วไป เปลือกนอกไม่เรียบเป็นสีดำ ผลมะเกลือใช้ทำเป็นสีย้อมผ้าได้สีดำ



ภาพที่ 2-19 แสดงต้นมะเกลือ

(ที่มา : กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2553)

วิธีย้อม นำผลมะเกลือมาแช่น้ำประมาณ 2 อาทิตย์จนกระทั่งสีดำของผลมะเกลือละลายออกมาแล้วกรองเอาน้ำสีเก็บไว้เป็นน้ำย้อมผ้าต่อไป สำหรับกระบวนการย้อมควรแยกต้มน้ำย้อม 3-4 ชุดสำหรับการย้อมประมาณ 3-4 ครั้ง เพื่อเพิ่มความเข้มของสีและจะต้องนำเส้นด้ายฝั่ง



แดดให้แห้งก่อนทุกครั้งโดยไม่ต้องซักน้ำเปล่า เพื่อจะได้เห็นความเข้มของสีในการย้อมแต่ละครั้ง ครั้งสุดท้ายจึงนำไปซักในน้ำสะอาดและตากให้แห้ง



ภาพที่ 2-20 แสดงฝ้ายสีดำที่ได้จากการย้อมด้วยลูกมะเกลือ  
(ที่มา : กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2553)

**สีเขียวจากเปลือกต้นมะริดไม้ (ต้นเพกา)** การสกัดสีจากต้นมะริดไม้หรือเพกา อาจจะใช้ส่วนที่เป็นเปลือกหรือใบมาทำน้ำย้อม ซึ่งให้สีเขียวอ่อนออกน้ำตาล

วิธีย้อม หั่นเปลือกหรือใบมะริดไม้ให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปต้มนานประมาณ 20 นาที จึงเติมสารช่วยติดลงไป ปล่อยให้เย็นไว้นานประมาณ 30 นาที แล้วกรองให้เหลือแต่น้ำย้อมพร้อมที่จะย้อมได้ การย้อมเส้นด้ายให้ต้มน้ำย้อมที่อุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียส แล้วจึงนำเส้นด้ายที่ซักรน้ำและบิดพอหมาดลงต้มนานประมาณ 20 นาที แล้วจึงนำเส้นด้ายไปซักรน้ำสะอาด บิดให้แห้งพอหมาด กระทบให้เส้นด้ายตึงก่อนนำขึ้นตากบนราวต่อไป



ภาพที่ 2-21 แสดงฝ้ายสีเขียวที่ได้จากการย้อมด้วยเปลือกต้นมะริดไม้ (ต้นเพกา)  
(ที่มา : กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2553)

**สีเขียวจากใบหูกวาง** หูกวาง เป็นไม้ยืนต้น มีใบขนาดใหญ่แผ่เป็นชั้นๆ ให้ร่มเงา มีดอกและผล ส่วนที่นำมาสกัดเป็นสีย้อม คือ ส่วนใบซึ่งให้สารสกัดสีเขียว



ภาพที่ 2-22 แสดงต้นหูกวาง

(ที่มา : กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2553)

วิธีย้อม นำใบหูกวางมาสับ หรือบดให้ละเอียด แล้วนำไปต้มในน้ำเดือดกรองเอาน้ำสีเขียวเป็นน้ำย้อม เส้นด้ายที่จะนำมาย้อมต้องผ่านการซักล้าง และสละบัดให้เส้นด้ายแยกตัวไม่จับเป็นกลุ่มๆ ทั้งนี้เพื่อให้สีย้อมติดได้อย่างทั่วถึง เมื่อเตรียมเส้นด้ายพร้อมแล้ว ก็นำมาต้มในน้ำย้อมและเติมสารช่วยติดลงไปด้วย การต้มใช้เวลาประมาณ 20-30 นาที ต้องพลิกเส้นด้ายกลับไปมาเพื่อให้ฝ้ายดูดซึมสีเข้าไปได้อย่างสม่ำเสมอ หลังจากนั้นจึงนำฝ้ายขึ้นมาซักในน้ำสะอาดอีกครั้งก่อนนำไปตาก

**สีเขียวจากเปลือกสมอ** สมอเป็นพืชสามารถนำเอาส่วนที่เป็นเปลือกและผลมาทำเป็นสีย้อมผ้าได้สีเขียวอมเหลือง

วิธีย้อม นำเปลือกสมอมาต้มนานประมาณ 2 ชั่วโมง แล้วกรองเอาเฉพาะน้ำสีไว้ถ้าต้องการให้เส้นด้ายมีสีเขียวเข้ม ควรนำไปย้อมในน้ำสกัดจากต้นครามเสียก่อน แล้วจึงค่อยนำมาต้มย้อมในน้ำย้อมของเปลือกสมอนานประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปซักในน้ำสะอาดและตากให้แห้ง



ภาพที่ 2-23 แสดงฝ้ายสีเขียวที่ได้จากการย้อมด้วยเปลือกสมอ

(ที่มา : กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2553)

**4.10 การพอกย้อมสี** (คู่มือย้อมสีธรรมชาติ, 2546) เส้นไหมประกอบด้วยโปรตีน 2 ส่วนคือส่วนที่เป็นเส้นใยเรียกว่า ไผ์โปรอิน มีอยู่ประมาณ 62.5– 67.0% และกาวไหมเรียกว่า เซรีซิน มีประมาณ 23 - 27.5% นอกนั้นเป็นไขมัน น้ำมัน แร่ธาตุต่าง ๆ และน้ำ เป็นต้น ในการพอกย้อมสีไหม สิ่งแรกจะต้องพอกกาวของเส้นไหมเพื่อขจัดกาวและสิ่งสกปรกต่างๆ ออกก่อนแต่ต้องคำนึงถึงพันธุ์ไหมเนื่องจากเส้นไหมต่างกันจะมีเปอร์เซ็นต์ของกาวที่ไม่เท่ากัน ดังนั้นระยะเวลาในการต้มพอกกาวจะแตกต่างกันไปด้วย นอกจากนี้ขนาดเส้นไหมที่นำมาพอกย้อมควรจะมีขนาดพอเหมาะคือโดยประมาณ 100 กรัม/เช็ด หากขนาดใหญ่เกินไปจะทำให้การพอกกาวออกจากเส้นไหมไม่สม่ำเสมอ โดยเฉพาะเส้นไหมที่อยู่ด้านในของเช็ดก็จะมีเปอร์เซ็นต์กาวติดอยู่มากกว่าด้านนอก การกระตุกเส้นไหมเพื่อให้เรียงเส้นก็ทำได้ยาก เส้นไหมจะพันกันเมื่อย้อมสีจะทำให้เส้นไหมทั้งเส้นเช็ดติดสีไม่สม่ำเสมอ ส่งผลให้ผ้าไหมไม่ได้มาตรฐานขั้นตอนการพอกย้อม

1. การเตรียมไหม
2. การพอกกาว มี 2 วิธี คือ การลอกกาวไหมด้วยด่างสารเคมี และด่างสารธรรมชาติ
3. การเลือกวัสดุย้อมสี
4. สารช่วยย้อม
5. การย้อมสี มี 2 วิธี คือ ย้อมด้วยสีธรรมชาติ และสีสังเคราะห์หรือสีเคมี

เช็ดหรือใจ หมายถึง เส้นไหมที่ได้จากการกรอแบบสานยาวติดต่อกันรวมเป็นวง เพื่อป้องกันไม่ให้เส้นไหมพันกันในระหว่างการลอกกาว ควรเลือกเส้นไหมที่เป็นแบบเดียวกัน ขนาดเส้นและวงเช็ดเท่ากันควรมัดพลองอย่างน้อย 4 ช่วงและเหลือปลายเส้นตายที่มัดไว้ให้ยาวเกินกว่าความกว้างของเช็ดไหม 1 คืบหรือ 8 เซนติเมตร เพื่อให้เส้นไหมกระจายตัวและไม่พันกัน

การพอกกาวหรือการลอกกาวของเส้นไหม เป็นการนำเส้นไหมมาพอกต้มเพื่อเอาสิ่งสกปรกออก โดยต้องคำนึงถึงเรื่องระยะเวลาในการต้มพอกกาวและขนาดของเช็ดเส้นไหม ถ้ามีขนาดใหญ่ไปจะทำให้การพอกกาวออกจากเส้นไหมไม่สม่ำเสมอ โดยเฉพาะเส้นไหมที่อยู่ด้านในจะมีกาวติดอยู่มากกว่าด้านนอก เส้นไหมดิบมีส่วนประกอบของโปรตีน 2 ส่วน คือ เส้นใย และกาวไหม มี 2 วิธี คือ ลอกด้วยด่างธรรมชาติ และด่างสารเคมี

#### **การลอกกาวด้วยด่างสารเคมี**

1. สารเคมีที่ใช้ ได้แก่ สบู่ โซดาแอช น้ำยาอเนกประสงค์ (น้ำยาซักล้างที่ไม่มีสีไม่มีกลิ่น)
2. การเตรียมน้ำยา ใช้สบู่ 180 กรัม หั่นฝอยต้มละลายในน้ำ 30-40 ลิตร เติมโซดาแอช 50 กรัม น้ำยาอเนกประสงค์ 1 ซ้อนโต๊ะ แล้วคนให้เข้ากัน
3. วิธีการใช้โดยใช้น้ำยาลอกกาว 30 ลิตรต่อไหม 1 กิโลกรัม สำหรับไหมเหลือง ใช้น้ำยา 40 ลิตร

#### **การลอกกาวด้วยด่างธรรมชาติ**

เป็นสารน้ำต่างจากขี้เถ้าที่นิยมใช้ ได้แก่ ขี้เถ้าจาก ผักโขมหนาม ไม้สะแก เปลือกฝักนุ่น เหง้ากล้วย ไม้ประดู่บ้าน หรือเป็นขี้เถ้ารวมจากเตาไฟ

1. วิธีการลอกกาวด้วยด่างธรรมชาติการเตรียมน้ำต่าง อัดขี้เถ้าลงในถังพลาสติกที่เจาะรูกันถัง แล้ววางซ้อนบนถังอีกใบเพื่อรองเอาน้ำขี้เถ้า
2. แช่ไหมดิบในน้ำต่าง (ไม่ต้องตั้งไฟ) ประมาณ 1 ชม.

3. ต้มน้ำให้เดือดเทใส่ภาชนะจุ่มเส้นไหม ให้ทั่วท้าวจะลอกออกมาสังเกตได้จากเส้นไหมจะกลายเป็นสีครีม (สีมันปู)

4. นำเส้นไหมที่ท้าวลอกออกแล้วมาล้างในน้ำอุ่น 1-2 ครั้ง และล้างน้ำสะอาดอีก 3-4 ครั้ง

5. ปิดให้พอมหาตกระตุกให้เรียงเส้น ผึ่งตากในที่ร่มให้แห้ง

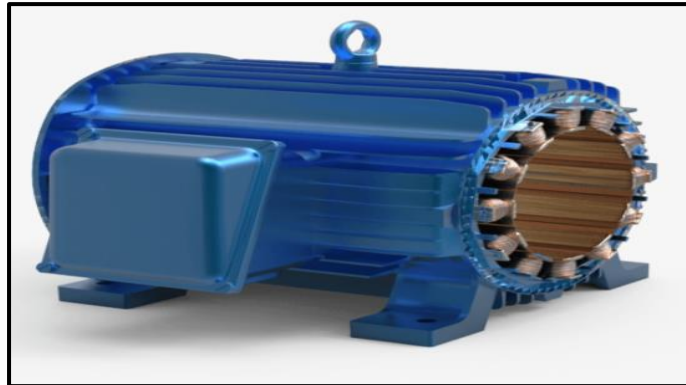
สารช่วยย้อม ส่วนใหญ่ที่ย้อมจากวัสดุธรรมชาติมักติดไม่คงทน เนื่องจากสีจากพืชจะละลายน้ำได้ดีจึงละลายออกมาเมื่อซัก และยิ่งถูกทำลายโดยแสง สีฟ้าจึงจืดจางได้ง่าย ดังนั้นสารช่วยย้อมจึงมีบทบาทในการย้อม ดังนั้นปรับสภาพน้ำสีสกัดจากพืชให้เหมาะกับเส้นใยช่วยรักษาสภาพน้ำสีย้อมให้คงตัวดีขึ้นบางชนิดช่วยให้สีกระจายตัวได้ดีในน้ำย้อม ทำให้เส้นใยพองตัวมากขึ้น เส้นใยจึงดูดสีได้มากขึ้น อาจทำหน้าที่เหมือนเป็นแขนยึดติดกับเส้นใยก่อนแล้วจึงยึดกับสีอีกครั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการฟอกย้อมสี ถังฟอกย้อมควรเป็นโลหะเคลือบหรือโลหะที่ไม่ทำปฏิกิริยากับสารเคมี ควรมีความลึกพอประมาณเพื่อให้เส้นไหมฟอกได้อย่างทั่วถึงและควรมีตะแกรงรองกันถังเพื่อไม่ให้เส้นไหมที่ฟอกย้อมสัมผัสกับก้นภาชนะที่รับความร้อนโดยตรง ห่วงฟอกย้อมเส้นไหม เพื่อแบ่งเส้นไหมเมื่อฟอกย้อม อาจทำด้วยเหล็กเส้นขนาดประมาณ 2 หุน ตัดโค้งเป็นวง หุ้มด้วยสารบางชนิดและหนา

สรุปได้ว่า กระบวนการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายจะต้องคัดเลือกวัสดุที่ใช้ในการทอผ้าเส้นใยไหมและเส้นใยฝ้ายที่ได้มาตรฐาน เพื่อนำมาย้อมสีโดยการย้อมสี มีทั้งระบบการย้อมสีจากธรรมชาติ สีสังเคราะห์หรือสีเคมี ทั้งนี้การย้อมสีแบบสีสังเคราะห์หรือสีเคมี องค์ประกอบของสีที่แตกต่างกันบางชนิดต้องเติมสารช่วยย้อมเพื่อให้สียึดเกาะเส้นไหมและเส้นฝ้ายได้อย่างคงทน อย่างไรก็ตามการได้มาของวัตถุดิบนั้นจะต้องคำนึงถึงแหล่งที่มาของวัตถุดิบที่ได้มาตรฐาน อิทธิพลของสิ่งแวดล้อมมีผลต่อการย้อมสี เช่นกัน จำเป็นอย่างยิ่งจะต้องใช้เทคนิคและกระบวนการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายรวมทั้งกระบวนการฟอกย้อมสีให้เหมาะสม ดังนั้นจากการศึกษากระบวนการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายนี้สามารถนำไปออกแบบและสร้างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานให้ถูกต้องตามหลักทางวิชาการและตามความต้องการของผู้ใช้งานได้เป็นอย่างดี

## ตอนที่ 5 มอเตอร์ไฟฟ้าและการควบคุม

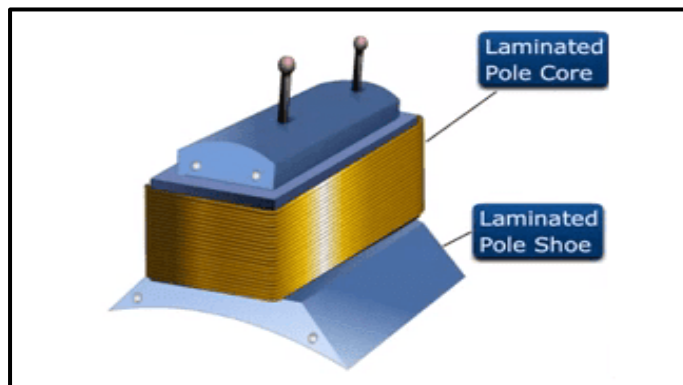
5.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน ดังนี้

1. ส่วนที่อยู่กับที่หรือที่เรียกว่าสเตเตอร์ (Stator) ประกอบด้วย เฟรมหรือโยค (Frame Or Yoke) เป็นโครงภายนอกทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนือไปขั้วใต้ให้ครบวงจรและยึดส่วนประกอบอื่นๆ ให้แข็งแรงทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กแผ่นหนาหมุนเป็นรูปทรงกระบอก



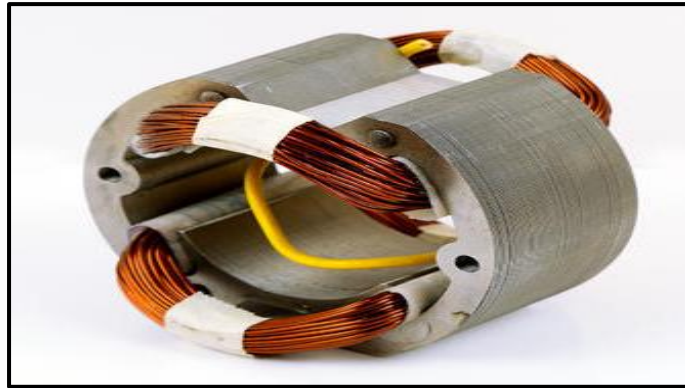
ภาพที่ 2-24 แสดงส่วนที่อยู่กับที่หรือสเตเตอร์  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)

ขั้วแม่เหล็ก (Pole) ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ แกนขั้วแม่เหล็กและขดลวด ส่วนแรกแกนขั้ว (Pole Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบาง ๆ กันด้วยฉนวนประกบกันเป็นแท่งยึดติดกับเฟรม ส่วนปลายที่ทำเป็นรูปโค้งงอเพื่อโค้งรับรูปกลมของตัวโรเตอร์เรียกว่า ขั้วแม่เหล็ก (Pole Shoes) มีวัตถุประสงค์ให้ขั้วแม่เหล็กและโรเตอร์ใกล้ชิดกันมากที่สุด เพื่อให้เกิดช่องอากาศน้อยที่สุดจะมีผลทำให้เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กผ่านไปยังโรเตอร์มากที่สุด แล้วทำให้เกิดแรงบิดหรือกำลังบิดของโรเตอร์มากทำให้มอเตอร์มีกำลังหมุน



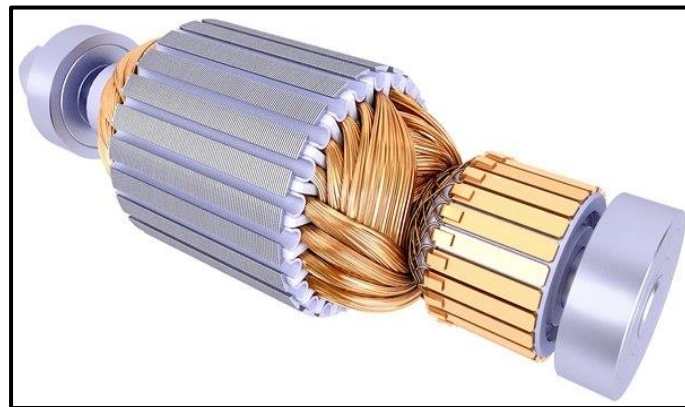
ภาพที่ 2-25 แสดงขั้วแม่เหล็ก  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)

ส่วนที่สองขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) จะพันอยู่รอบ ๆ แกนขั้วแม่เหล็ก ขดลวดนี้ทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอก เพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กเกิดขึ้นและเส้นแรงแม่เหล็กนี้จะเกิดการหักล้างและเสริมกันกับสนามแม่เหล็กของอาเมเจอร์ทำให้เกิดแรงบิดขึ้น



ภาพที่ 2-26 แสดงขดลวดสนามแม่เหล็ก  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2560)

2. ตัวหมุน (Rotor) ตัวหมุนหรือเรียกว่าโรเตอร์ตัวหมุนนี้ทำให้เกิดกำลังงานมีแกนวางอยู่ในตลับลูกปืน (Ball Bearing) ซึ่งประกอบอยู่ในแผ่นปิดหัวท้าย (End Plate) ของมอเตอร์



ภาพที่ 2-27 แสดงโรเตอร์  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2560)

ตัวโรเตอร์ประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกัน คือ

2.1 แกนเพลลา (Shaft) เป็นตัวสำหรับยึดคอมมิวเตเตอร์และยึดแกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core) ประกอบเป็นตัวโรเตอร์แกนเพลลานี้จะวางอยู่บนแบร์ริง เพื่อบังคับให้หมุนอยู่ในแนวหนึ่งไม่มีการสั่นสะเทือนได้

2.2 แกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางอาบฉนวน (Laminated Sheet Steel) เป็นที่สำหรับพันขดลวดอาร์มาเจอร์ซึ่งสร้างแรงบิด (Torque)

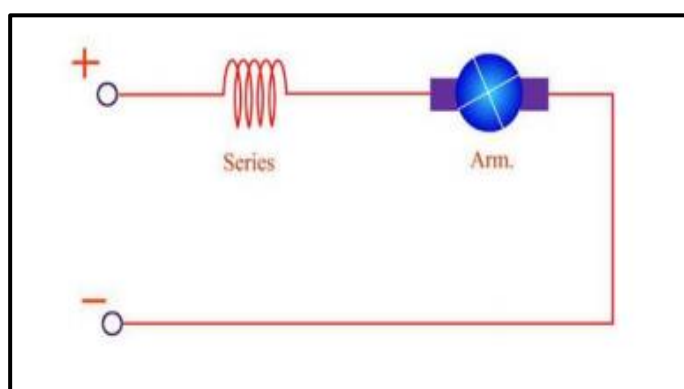
2.3 คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ทำด้วยทองแดงออกแบบเป็นซี่แต่ละซี่มีฉนวน ไมก้า (mica) คั่น ระหว่างซี่ของคอมมิวเตเตอร์ส่วนหัวซี่ของคอมมิวเตเตอร์จะมีร่องสำหรับใส่ปลาย สายของขดลวดอาร์มาเจอร์ตัวคอมมิวเตเตอร์นี้อัดแน่นติดกับแกนเพลลาเป็นรูปกลมทรงกระบอก มีหน้าที่สัมผัสกับแปรงถ่าน (Carbon Brushes) เพื่อรับกระแสจากสายป้อนเข้าไปยังขดลวดอาร์มาเจอร์

เพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วนหนึ่งให้เกิดการหักล้างและเสริมกันกับ เส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วน ซึ่งเกิดจากขดลวดขั้วแม่เหล็กดังกล่าวมาแล้วเรียกว่าปฏิกิริยามอเตอร์ (Motor action)

2.4 ขดลวดอาร์มาเจอร์ (Armature Winding) เป็นขดลวดพันอยู่ในร่องสลอต (Slot) ของแกนอาร์มาเจอร์ขนาดของลวดจะเล็กหรือใหญ่ และจำนวนรอบจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับารออกแบบของตัวโรเตอร์ชนิดนั้นๆ เพื่อที่จะให้เหมาะสมกับงานต่างๆ

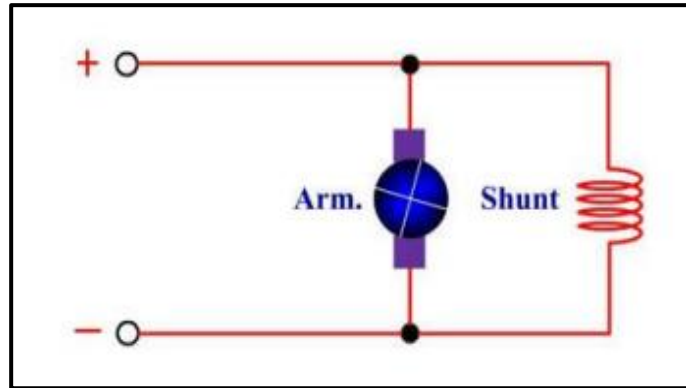
**5.2 หลักการของมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรง** หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Motor Action) เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในมอเตอร์ ส่วนหนึ่งจากแปรงถ่านผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์มาเจอร์ สร้างสนามแม่เหล็กขึ้นและกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) สร้างขั้วเหนือ-ใต้ขึ้นจะเกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนามในขณะเดียวกันตามคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กจะไม่ตัดกัน ทิศทางตรงข้ามจะหักล้างกันและทิศทางเดียวจะเสริมแรงกันทำให้เกิดแรงบิดในตัวอาร์มาเจอร์ ซึ่งแกนเพลานี้สวมอยู่กับตลับลูกปืนของมอเตอร์ทำให้อาร์มาเจอร์นี้หมุนได้ ขณะที่ตัวอาร์มาเจอร์ทำหน้าที่หมุนได้นี้เรียกว่า โรเตอร์ (Rotor) ซึ่งหมายความว่า ตัวหมุน การที่อำนาจเส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองมีปฏิกิริยาต่อกันทำให้ขดลวดอาร์มาเจอร์หรือ โรเตอร์หมุนไปนั้นเป็นไปตามกฎมือซ้ายของเฟลมมิง (Fleming left hand rule)

**5.3 วงจรการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มอเตอร์แบบอนุกรม (Series Motor)** คือมอเตอร์ที่ต่อขดลวดสนามแม่เหล็กอนุกรมกับอาร์มาเจอร์ของมอเตอร์ชนิดนี้ว่า ซีรีส์ฟิลด์ (Series Field) มีคุณลักษณะที่ดีคือ ให้แรงบิดสูงนิยมใช้เป็นต้นกำลังของรถไฟฟ้ายานยนต์ของเครนไฟฟ้า ความเร็วรอบของมอเตอร์แบบอนุกรมเมื่อไม่มีโหลดความเร็วจะสูงมาก แต่ถ้ามีโหลดมาต่อความเร็วก็จะลดลงตามโหลด เมื่อโหลดมากหรือทำงานหนักความเร็วจะลดลง จากคุณสมบัตินี้จึงนิยมนำมาใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านหลายอย่าง เช่น เครื่องดูดฝุ่น เครื่องผสมอาหาร สว่านไฟฟ้า จักรเย็บผ้า เครื่องเป่าผม มอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรม ดังนั้นเมื่อเริ่มสตาร์ทมอเตอร์แบบอนุกรมจึงต้องมีโหลดมาต่ออยู่เสมอ



ภาพที่ 2-28 แสดงวงจรการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม  
(ที่มา : วศัญญา บุตรศรี, 2560)

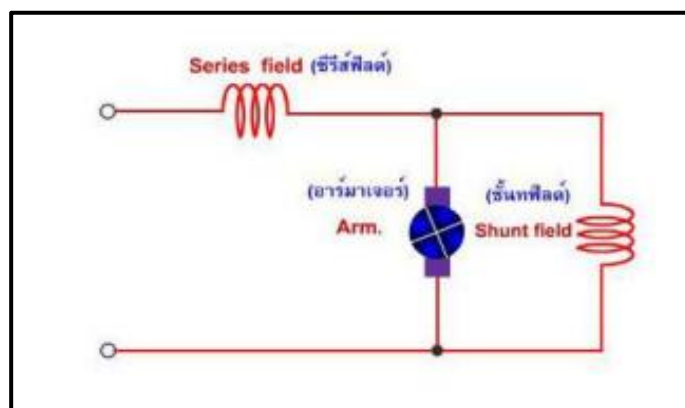
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน (Shunt Motor) หรือเรียกว่าชั้นท์มอเตอร์มอเตอร์แบบขนานนี้ขดลวดสนามแม่เหล็กจะต่อ(Field Coil) จะต่อขนานกับขดลวด ชุดอาเมเจอร์มอเตอร์แบบขนานนี้มีคุณลักษณะมีความเร็วคงที่แรงบิดเริ่มหมุนต่ำ แต่ความเร็วรอบคงที่ชั้นท์มอเตอร์ส่วนมากเหมาะก้งาน พัดลมเพราะพัดลมต้องการความเร็วคงที่และต้องการเปลี่ยนความเร็วได้ง่าย



ภาพที่ 2-29 แสดงวงจรการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม (Compound Motor) หรือเรียกว่าคอมปาวด์มอเตอร์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมนี้จะนำคุณลักษณะที่ดีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน และแบบอนุกรมมารวมกัน มอเตอร์แบบผสม มีคุณลักษณะพิเศษคือ มีแรงบิดสูง (High starting torque) แต่ความเร็วรอบคงที่ตั้งแต่ยังมีโหลดจนกระทั่งมีโหลดเต็มที มอเตอร์แบบผสมมีวิธีการต่อขดลวดขนานหรือขดลวดชั้นท์อยู่ 2 วิธี

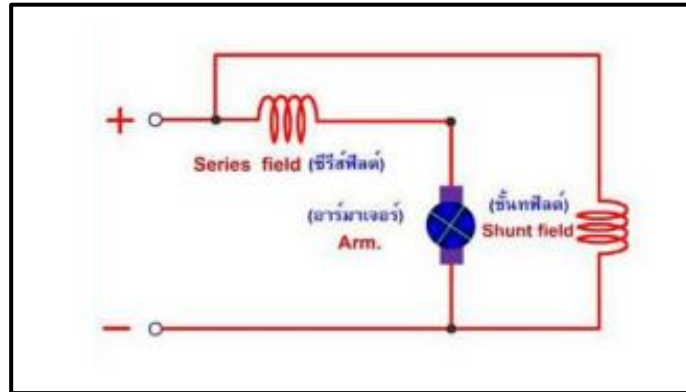
วิธีที่ 1 ใช้ต่อขดลวดแบบชั้นท์ขนานกับอาเมเจอร์เรียกว่าชอทชั้นท์ (Short Shunt Compound Motor) ดังรูปวงจร



ภาพที่ 2-30 แสดงวงจรการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบชอร์ทชั้นท์คอมปาวด์มอเตอร์  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)

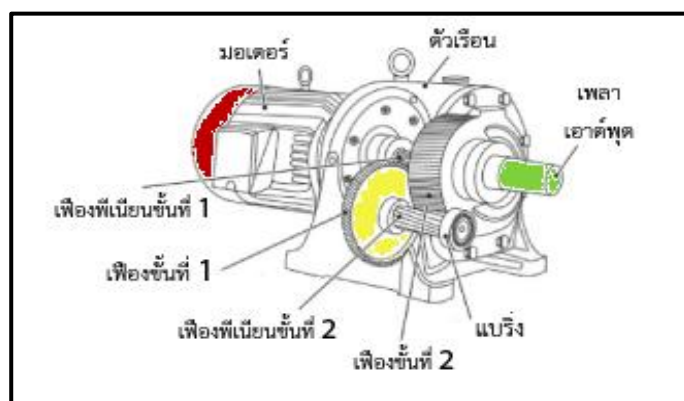


วิธีที่ 2 คือต่อขดลวด ขนานกับขดลวดอนุกรมและขดลวดอาเมเจอร์เรียกว่า  
 ลองชั๊นท์คอมปาวด์มอเตอร์ (Long shunt motor) ดังรูปวงจร



ภาพที่ 2-31 แสดงวงจรการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบลองชั๊นท์คอมปาวด์มอเตอร์  
 (ที่มา : วัทัญญ บุตศรี, 2560)

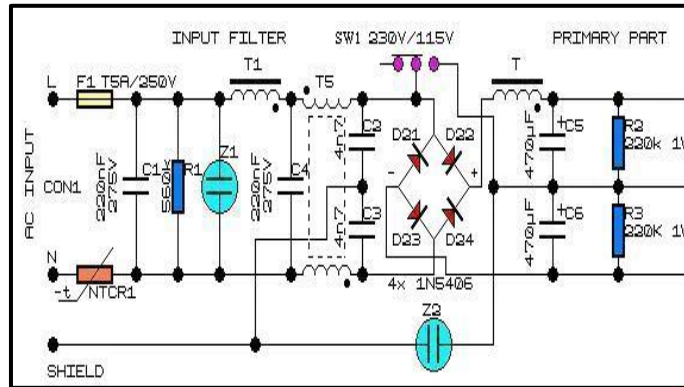
**5.4 มอเตอร์เกียร์ (Gear Motor)** คือ อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับควบคุมรอบการทำงานของการเคลื่อนที่วัตถุได้อย่างเหมาะสม เช่น เครื่องลำเลียงสินค้า โดยอาศัยหลักการทำงานจากมอเตอร์แปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลทำให้วัตถุสามารถเคลื่อนที่ได้ และฟันเฟืองหรือเกียร์ทำหน้าที่ลดรอบความเร็วหรือทดรอบแรงบิด ซึ่งลักษณะภายนอกของอุปกรณ์นี้จะมีรูปทรงคล้ายกับท่อนโลหะทรงกระบอกที่ประกอบด้วยตัวเรือนหน้าแปลน และก้านเพลายื่นออกมา ส่วนด้านในประกอบด้วยกลไกการทำงานต่าง ๆ เช่น ก้านเพลลา แบร์ริง ฟันเฟือง ทั้งนี้เนื่องจากมอเตอร์เกียร์มีหลายรูปแบบ ดังนั้นจึงควรพิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะสมกับประเภทงานเพื่อการทำงานที่มีประสิทธิภาพสูง



ภาพที่ 2-32 แสดงส่วนประกอบมอเตอร์เกียร์  
 (ที่มา : วัทัญญ บุตศรี, 2560)

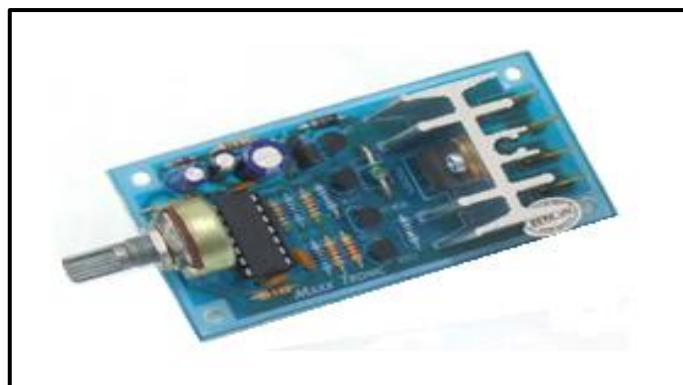
**5.5 แหล่งจ่ายไฟฟ้า** ใช้สวิตซิงเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply) เป็นแหล่งจ่ายไฟตรงคงค่าแรงดันแบบหนึ่ง และสามารถเปลี่ยนแรงดันไฟจากไปสลับโวลต์สูงให้เป็นแรงดันไฟตรงค่าต่ำเพื่อใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ได้เช่นเดียวกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น (Linear Power Supply) ถึงแม้เพาเวอร์ซัพพลายทั้งสองแบบจะต้องมีการใช้หม้อแปลงในการลดทอนแรงดันสูงให้

เป็นแรงดันต่ำเช่นเดียวกันแต่สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายจะต้องการใช้หม้อแปลงที่มีขนาดเล็กและน้ำหนักน้อย เมื่อเทียบกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น อีกทั้งสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายยังมีประสิทธิภาพที่สูงกว่าอีกด้วย



ภาพที่ 2-33 แสดงวงจรสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2560)

**5.6 วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์** วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์ ชุดนี้เป็นวงจรควบคุมมอเตอร์ DC ใช้แหล่งจ่ายไฟขนาด 12 VDC หรือ 24 VDC (เลือกจัมเปอร์ในการต่อใช้งานได้) สามารถควบคุมมอเตอร์ DC ขนาด 12/24 VDC กระแสไฟฟ้าสูงสุด 15 A ใช้หลักการ PWM (Pulse With Modulation) ในการควบคุมความเร็วมอเตอร์โดยสามารถปรับความเร็วมอเตอร์ได้ตั้งแต่ 0-100% ขนาดแผ่นวงจรพิมพ์ 3.28 x 1.82 นิ้ว จุดต่อและจุดปรับแต่ง จุด+12V เป็นจุดต่อไฟขนาด 12 V หรือ 24 V (เลือกจากจัมเปอร์) เพื่อนำไปเลี้ยงวงจรทั้งหมด จุด +M เป็นจุดต่อขั้วบวกของมอเตอร์ จุด -M เป็นจุดต่อขั้วลบของมอเตอร์ จุด G เป็นจุดต่อขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟ VR 10K ใช้สำหรับปรับความเร็วมอเตอร์ PWM 0-100% จุด J มีไว้สำหรับเลือกแหล่งจ่ายไฟมอเตอร์ที่ใช้ถ้าจัม J ไปที่ตำแหน่ง 12 V จะได้แหล่งจ่ายไฟขนาด 12 VDC และมอเตอร์ 12 VDC แต่ถ้าจัม J ไปที่ตำแหน่ง 24 VDC จะใช้แหล่งจ่ายไฟขนาด 24 VDC และมอเตอร์ 24 VDC ตามความต้องการของผู้ใช้งาน



ภาพที่ 2-34 แสดงวงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2560)

5.7 **สวิทช์ (Switch)** (Switch) สวิทช์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ตัดต่อวงจรไฟฟ้า และช่วยทำให้เกิดความปลอดภัยกับผู้ใช้งาน ถ้าเป็นชนิดที่ออกแบบโดยใช้ความร้อนและแม่เหล็กควบคุมเมื่อเกิดการลัดวงจร หรือการใช้กระแสไฟฟ้ามากเกินไป ก็สามารถที่จะตัดวงจรไฟฟ้าได้

**สวิทช์หยุดฉุกเฉิน (Emergency Stop Push Buttons)** สวิทช์ปุ่มกดหยุดฉุกเฉินหรือเรียกทั่วไปว่า สวิทช์ดอกเห็ดเป็นสวิทช์หัวใหญ่กว่าสวิทช์แบบธรรมดา เป็นสวิทช์ที่เหมาะสมกับงานที่ที่เกิดเหตุฉุกเฉินหรืองานที่ต้องการหยุดทันที



ภาพที่ 2-35 แสดงสวิทช์ปุ่มกดฉุกเฉิน  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2560)

**หลอดไฟแสดงสถานะ (Pilot Lamp)** ถือได้ว่าเป็นอุปกรณ์ที่พบเจอได้ทั่วไป ซึ่งเกือบจะทุกตู้คอนโทรลหรือตู้ควบคุมไฟฟ้าจะต้องมีอุปกรณ์นี้เพื่อบอกสถานะการทำงานต่างๆ เช่น หลอดไฟแสดงสถานะของเครื่องจักรโดยทั่วไปมักจะเลือกสีในการแสดงสถานะ 3 สี ดังนี้ คือ สีเขียวใช้แสดงว่าเครื่องจักรกำลังทำงานอยู่ สีแดง ใช้แสดงว่าเครื่องจักรหยุดทำงาน สีเหลืองหรือส้ม ใช้แสดงการแจ้งเตือนการทำงานที่ผิดปกติของเครื่องจักร นอกจากนี้สีดังกล่าวยังมีสีอื่น ๆ ที่ใช้กันทั่วไปเช่น สีขาว สีฟ้า หรือน้ำเงินที่ใช้แสดงสถานะของไฟ 3 เฟส เป็นต้น วิธีการเลือกว่าจะต้องระบอบะไรบ้าง ดังนี้

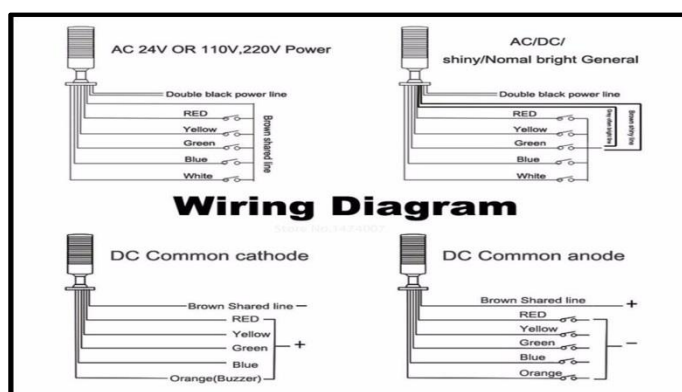
- 1) Supply หรือไฟเลี้ยงมีหลากหลายขนาดเช่น 24 VDC/AC .230 VAC .120 VAC
- 2) ขนาดของหลอดไฟ เช่น 22 mm, 8 mm, 12 mm, 16 mm มีผลต่อการเจาะรูเพื่อติดตั้ง
- 3) สี เป็นตัวบ่งบอกการใช้งานดังนั้นเป็นสิ่งจำเป็นมากในการสั่งซื้อ ชนิดหลอดไฟ ส่วนใหญ่จะมีสองแบบคือ แบบธรรมดาและแบบ LED รูปร่างและชนิดวัสดุตัวเรือน โดยปกติจะเป็นทรงกลม ตัวเรือนทำด้วยพลาสติก



ภาพที่ 2-36 แสดงหลอดไฟแสดงสถานะ  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2560)



ภาพที่ 2-37 แสดงหลอดไฟแสดงสถานะแบบชั้นของ HNTD  
(ที่มา : วิทยุ บุตรศรี, 2560)



ภาพที่ 2-38 แสดงการต่อสายหลอดไฟแสดงสถานะแบบชั้นของ HNTD  
(ที่มา : วิทยุ บุตรศรี, 2560)

คุณสมบัติหลอดไฟแสดงสถานะแบบชั้น (Signal Tower Light) มี ดังนี้

- เป็นอุปกรณ์แสดงสถานะการทำงานของเครื่องจักร
- มีขนาดเล็กกะทัดรัด 60 mm. มีให้เลือกทั้งไฟ AC และ DC
- สามารถแสดงสถานะได้สูงสุด 5 ชั้น 5 สี Red, Yellow, Green, Blue, White
- แสดงผลด้วยหลอด LED ช่วยยืดอายุการใช้งานได้นาน
- มีทั้งแบบติดต่อเนื่องและติดกระพริบในตัวเดียวกัน
- Buzzer แจ้งเตือนที่ความดัง 90 dB Max
- มีวงจร Push/Pull Connection สามารถใช้ได้ทั้ง NPN/PNP, Open Collector
- มีสาย RS-485 MODBUS RTU Protocol Communication
- มีวัสดุป้องกันสนิม Protection IP 54
- สามารถมองเห็นได้ชัดเจน 360°
- สามารถประกอบแยกส่วนชั้นส่วนได้ง่าย

เมื่อทำการติดตั้งและต่อวงจรตามรูปการต่อใช้งานและเมื่อ Switch สั่ง ON ตามตำแหน่งสีของ TL60 หลอดไฟของตำแหน่งนั้นจะสว่างขึ้นตาม Function ที่ต้องการเพื่อเตือนให้ผู้ปฏิบัติงานได้ทราบถึงสถานะของเครื่องจักร เช่น Green หมายถึง เครื่องจักรกำลังทำงาน, Yellow หมายถึง แจ้งผู้ปฏิบัติงานมาดูแลเครื่องจักร, Red หมายถึง เครื่องจักรหยุดการทำงานหรืออื่นๆ นอกจากนั้นยังมี Buzzer ส่งเสียงเตือนในกรณีที่ผู้ปฏิบัติงานอยู่ไกลจากเครื่องจักรได้ 3 แบบที่ความดัง 90 dB Max (at 1 M.) หรือส่งข้อมูลแจ้งเตือนผ่าน Computer ด้วย RS-485 ได้

สรุปได้ว่าการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน สามารถนำหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมาใช้เป็นต้นกำลัง ในการควบคุมการทำงานของระบบการยกขึ้นยกลงของเส้นไหมและเส้นฝ้าย โดยมีวงจรการควบคุมทิศทางการทำงานและควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และนอกจากนี้ยังมีการเลือกมอเตอร์ให้เหมาะสมกับการใช้งาน สำหรับใช้ในการทดสอบและเพิ่มแรงบิดเพื่อยกเส้นไหมและเส้นฝ้ายที่ใช้กับเครื่องโดยมอเตอร์เกียร์เป็นมอเตอร์ที่มีความเหมาะสมที่สุด อย่างไรก็ตามระบบควบคุมการทำงานจะต้องมีแหล่งจ่ายไฟให้กับชุดควบคุมการทำงานโดยในการสร้างและพัฒนาเครื่องนี้ ได้ใช้วงจรสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายแปลงไฟฟ้ากระแสสลับขนาดแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 24 โวลต์ โดยตัวเครื่องได้จัดให้มีไฟแสดงสถานะการทำงานที่หน้าตู้ควบคุมและมีการติดตั้งหลอดไฟแสดงสถานะแบบขึ้น อีกทั้งได้ทำการออกแบบติดตั้งใช้สวิตช์ฉุกเฉินบริเวณด้านหน้าตู้ควบคุมไฟฟ้าเพื่อให้ผู้ใช้งานได้รับความปลอดภัยมากที่สุด

## ตอนที่ 6 ขดลวดความร้อนและเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

**6.1 ขดลวดความร้อน (Heater)** ขดลวดความร้อนเป็นอุปกรณ์ทำความร้อนในอุตสาหกรรมที่มีหลักการพื้นฐานคือ เมื่อมีกระแสไหลผ่านลวดตัวนำที่มีค่าความต้านทานสูงลวดตัวนำจะร้อน ดังนั้นลวดที่ใช้ผลิตขดลวดความร้อนจะต้องมีคุณสมบัติเหนียวและทนอุณหภูมิได้สูง

**6.2 หลักการทำงานของขดลวดความร้อน** ขดลวดความร้อน มีหลักการการทำงานคือ เมื่อมีการกระแสไหลผ่านขดลวดตัวนำที่มีค่าความต้านทาน จะทำให้ลวดตัวนำร้อน และถ่ายเทความร้อนให้กับโหลด ดังนั้น ลวดตัวนำความร้อนจะต้องมีคุณสมบัติที่ทนความร้อนได้สูงสำหรับการผลิตขดลวดความร้อน โดยส่วนใหญ่ในตัวขดลวดความร้อนจะมีผงฉนวนแมกนีเซียมออกไซด์ (ยกเว้นขดลวดความร้อนอินฟราเรด, ขดลวดความร้อนรัดท่อและขดลวดความร้อนแผ่น) อยู่ภายในเพื่อทำหน้าที่กั้นระหว่างขดลวดตัวนำกับผนังโลหะของขดลวดความร้อน ซึ่งผงฉนวนนี้จะมีคุณสมบัติตัวนำความร้อนได้ดีมากแต่จะมีค่าความนำทางไฟฟ้าต่ำดังนั้นข้อควรระวังคือ ห้ามมีความชื้นในผงฉนวนนี้เด็ดขาด เพราะจะทำให้มีค่าความนำทางไฟฟ้าสูงขึ้น และอาจจะทำให้ขดลวดความร้อนเกิดการลัดวงจรได้หากพบว่าขดลวดความร้อนมีความชื้น (ผลจากการวัดโดยใช้เครื่องมือทางไฟฟ้า) สามารถแก้ไขโดยการนำขดลวดความร้อนไปอบเพื่อไล่ความชื้นออกจากตัวขดลวดความร้อน ขดลวดความร้อนที่ดีควรผ่านการทดสอบหาค่าความเป็นฉนวนของขดลวดความร้อน เพื่อให้แน่ใจว่าในการนำไปใช้งานจะไม่มีกระแสไฟฟ้ารั่วไหลจากขดลวดตัวนำ ดังนั้นมาตรฐานในการทดสอบความเป็นฉนวนของขดลวดความร้อนควรไม่ต่ำกว่า 1,500 VDC และค่าความเป็นฉนวนต้องไม่ต่ำกว่า 500 เมกะโอห์ม

### 6.3 ชนิดของขดลวดความร้อน

6.3.1 ขดลวดความร้อนครีบ/ขดลวดความร้อนท่อกลม (Finned Heater/Tubular Heater) โครงสร้างของ Tubular Heater คือ มีขดลวดความร้อนบรรจุอยู่ในท่อโลหะช่องว่างระหว่างขดลวดความร้อน และท่อโลหะ จะถูกอัดแน่นด้วยผงแมกนีเซียมออกไซด์และถูกรีดลงให้มี ความหนาแน่นตามมาตรฐานวัสดุที่ใช้ทำ Tubular Heater มีหลายชนิดต่างกันตามลักษณะการใช้งาน ดังนั้น ทองแดงใช้กับน้ำสะอาด สแตนเลส 304 ใช้กับอากาศที่มีการหมุนเวียน,เตาอบ,น้ำ,น้ำมัน,ของเหลวหรือในอุตสาหกรรมอาหารที่มี pH 5-9 สแตนเลส 316 ใช้กับอากาศที่มีการหมุนเวียนกรด,สารละลาย,สารเคมี หรือของเหลวที่มีลักษณะกัดกร่อน อินโคลอย 800 ใช้กับอากาศที่ไม่มีการหมุนเวียนเช่น ในเตาอบ ,น้ำ ,น้ำมันและของเหลวทั่วไปขดลวดความร้อนแบบครีบทำจาก Tubular Heater ที่ตัดเป็นรูปต่างๆ และเพิ่มแผ่นครีบบ้วนติดกับท่อขดลวดความร้อน อย่างต่อเนื่องจากปลายด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่งส่วนของแผ่นครีบที่เพิ่มขึ้นมาจะทำให้ขดลวดความร้อน สามารถถ่ายเทความร้อนได้เร็วขึ้น ส่วนขดลวดความร้อนท่อกลมคือ Tubular Heater ที่ใช้ความร้อนโดยตรง โดยไม่ติดครีบ



ภาพที่ 2-39 แสดงขดลวดความร้อนแบบครีบและขดลวดความร้อนแบบท่อกลม  
(ที่มา : บริษัท สุพรีมไลน์ จำกัด, 2561)

6.3.2 ขดลวดความร้อนแบบจุ่ม (Immersion Heater) ทำจาก Tubular Heater ที่ตัดเป็นรูปตัวยูและเชื่อมติดกับเกลียวซึ่งมีขนาดเกลียวตั้งแต่ 1 นิ้ว 1.1/4 นิ้ว, 1.1/2 นิ้ว, 2 นิ้ว และ 2.1/2 นิ้ว ขนาดของเกลียวจะขึ้นอยู่กับจำนวนเส้นของขดลวดความร้อน ซึ่งมีตั้งแต่ 1U, 2U, 3U และ 6U ตามความเหมาะสมของกำลังวัตต์และความยาวของตัวขดลวดความร้อน ขดลวดความร้อนแบบจุ่มเหมาะสำหรับใช้กับของเหลว เช่น ต้มน้ำ หรืออุ่นน้ำมัน การติดตั้งสามารถทำได้โดยเชื่อมเกลียวตัวเมียติดกับถังแล้วใส่ขดลวดความร้อนแบบจุ่มเข้าไป ควรระวังไม่ให้ส่วนของขดลวดความร้อนโผล่พ้นของเหลวเนื่องจากจะทำให้ส่วนที่อยู่เหนือของเหลวร้อนจัดเกินไป ทำให้อายุการใช้งานสั้น และเพื่อให้ความร้อนกระจายตัวทั่วถึงควรติดตั้งใบพัดกวนของเหลวด้วย



ภาพที่ 2-40 แสดงขดลวดความร้อนแบบจุ่ม  
(ที่มา : บริษัท สุพรีมไลน์ จำกัด, 2561)

6.3.3 ขดลวดความร้อนแบบบอบบี้ (Bobbin Heater) เป็นขดลวดความร้อนแบบจุ่มชนิดหนึ่งถูกออกแบบสำหรับให้ความร้อนกับของเหลว สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย ปลอกขดลวดความร้อนสามารถเลือกให้เหมาะสมกับการใช้งาน มีให้เลือกทั้งสแตนเลส 304, สแตนเลส 316 และคอปเปอร์โดยแบบสแตนเลสมีข้อดีคือเมื่อขดลวดความร้อนเสียสามารถซ่อมได้



ภาพที่ 2-41 แสดงขดลวดความร้อนแบบบอบบี้  
(ที่มา : บริษัท สุพรีมไลน์ จำกัด, 2561)

6.3.4 ขดลวดความร้อนแบบแท่ง (Cartridge Heater) ขดลวดความร้อนแบบแท่ง (Cartridge Heater) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ลักษณะการใช้งานทั่วไปของ Cartridge Heater คือ ใส่ไว้ในช่องบวมวัตถุความร้อนจะถูกส่งผ่านจากขดลวดความร้อน ไปยังวัตถุที่ต้องการให้ความร้อน ตัวอย่างการใช้งาน เช่น ให้ความร้อนแม่พิมพ์ของเครื่องบรรจุหีบห่อ Cartridge Heater แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ High Density กับ Low Density (บางครั้งเรียกว่า High Temperature และ Low Temperature)

1) High Density (H) หลักการทำ Cartridge Heater ชนิด High density จะต้องรีดท่อโลหะที่มีตัวนำอยู่ในท่อ และฉนวนแมกนีเซียมออกไซด์ ภายในฉนวนจะถูกอัดแน่น ทำให้ทนอุณหภูมิได้สูงและมีกำลัง (Watt/Cm<sup>2</sup>) สูง

2) Low Density (L) หลักการทำ Cartridge Heater ชนิด Low Density นำลวดที่พันเป็นแบบสปริงแล้วร้อยลวด Ceramic ใส่ไว้ในท่อโลหะ ช่องว่างระหว่างท่อโลหะกับลวดอัดด้วยผงแมกนีเซียมออกไซด์ ในการกำหนดว่า Cartridge Heater ตัวใดเป็น High Density หรือ Low Density จะพิจารณาจากค่า Watt Density ซึ่งเป็นหน้าที่ของทางผู้ผลิตทาง IQH สามารถผลิตขดลวดความร้อนให้ตามที่ต้องการ ได้โดยผู้ใช้งานเพียงระบุค่า 4 ค่าเท่านั้นคือ เส้นผ่าศูนย์กลาง ความยาว แรงดัน กำลังวัตต์ การกำหนดว่า Cartridge Heater ตัวใดเป็น High Density หรือ Low Density จะพิจารณาจากค่า Watt Density ซึ่งเป็นหน้าที่ของทางผู้ผลิต ทาง IQH สามารถผลิตขดลวดความร้อน ให้ตามที่ต้องการ ได้โดยผู้ใช้งานเพียงระบุค่า 4 ค่าเท่านั้น คือ เส้นผ่าศูนย์กลาง ความยาว แรงดัน กำลังวัตต์

#### 6.4 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เซนเซอร์ที่เหมาะสมมีหลายประเภท ดังนี้

**อาร์ทีดี (Resistance Temperature Detectors: RTD)** เป็นเซนเซอร์วัดอุณหภูมิที่ใช้หลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของวัสดุที่ใช้ทำเซนเซอร์ ค่าความต้านทานของเซนเซอร์จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เซนเซอร์แบบอาร์ทีดีมีความเป็นเชิงเส้นในช่วงอุณหภูมิแคบ ๆ เหมาะที่จะเป็นตัวเลือกในการวัดอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมในเขตลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาที่ต้องการความแม่นยำปานกลาง การติดตั้งทำได้ง่ายโดยสามารถเลือกใช้เซนเซอร์และอุปกรณ์ประกอบพร้อมใช้ที่ผลิตมาเพื่องานอุตสาหกรรมได้



ภาพที่ 2-42 แสดงอาร์ทีดี (Resistance Temperature Detectors: RTD)

(ที่มา : วิศรุต ศรีรัตนะ, 2554)

**เทอร์มิสเตอร์ (Thermistor)** เป็นเซนเซอร์วัดอุณหภูมิที่ใช้หลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานทางไฟฟ้าเช่นเดียวกับอาร์ทีดี การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมิมีค่าสูงกว่าการเปลี่ยนแปลงค่าของอาร์ทีดี ความเป็นเชิงเส้นของความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานและอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์มีค่าน้อยกว่าของอาร์ทีดี ข้อเด่นของเซนเซอร์แบบเทอร์มิสเตอร์คือ มีขนาดเล็ก ราคาถูก ติดตั้งได้ง่าย และต้องการวงจรประกอบในการวัดที่ไม่ซับซ้อน





ภาพที่ 2-43 แสดงเทอร์มิสเตอร์ (Thermister)  
(ที่มา : วิศรุต ศรีรัตนะ, 2554)

เซนเซอร์สารกึ่งตัวนำ เซนเซอร์สารกึ่งตัวนำเป็นเซนเซอร์วัดอุณหภูมิที่ให้แรงดันไฟฟ้าแปรตามอุณหภูมิ ตัวเซนเซอร์ทำจากสารกึ่งตัวนำส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปวงจรรวม (Integrated Circuit: IC) แรงดันที่ขา output ของเซนเซอร์มีค่าแปรตามอุณหภูมิและมีความเป็นเชิงเส้นสูง เซนเซอร์ประเภทนี้โดยทั่วไปต้องการวงจรขยายสัญญาณก่อนที่จะสามารถอ่านค่าได้โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ยกเว้นมีเซนเซอร์บางตระกูลที่มีวงจรแปลงอุณหภูมิเป็นค่าดิจิตอลภายในตัว และสามารถรับส่งข้อมูลกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรง โดยทั่วไปเซนเซอร์สารกึ่งตัวนำจะมีราคาปานกลางและผู้ใช้ต้องตัดแปลงหัววัดเองให้เข้ากันได้สภาพแวดล้อม

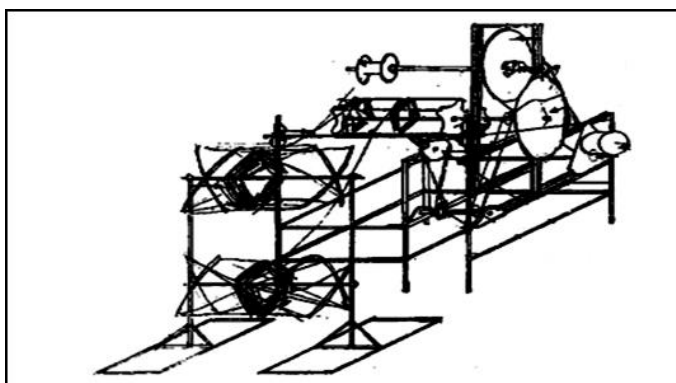


ภาพที่ 2-44 แสดงเซนเซอร์สารกึ่งตัวนำ  
(ที่มา : พรชัย ประทุมสุวรรณ, 2542)

สรุปได้ว่า หากนำขดลวดความร้อนที่นำมาใช้งานกับตัวเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน จะต้องคำนึงถึงลักษณะการใช้งานและหลักการทำงาน ตลอดจนชนิดของขดลวดความร้อนที่เหมาะสมกับรูปร่าง ขนาด ปริมาณของหม้อต้ม และจะต้องมีระบบชุดควบคุมอุณหภูมิเพื่อแสดงผลการทำงานในช่วงเวลาที่กำหนดได้

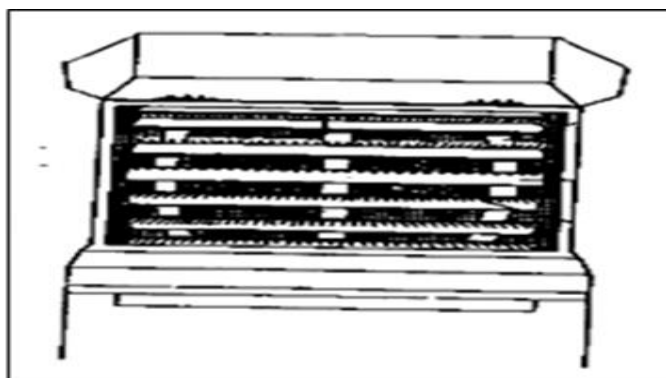
ตอนที่ 7 การสืบค้นข้อมูลสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ผู้วิจัยได้ดำเนินการสืบค้นข้อมูลสิทธิบัตรจากฐานข้อมูลของกรมทรัพย์สินทางปัญญา เพื่อไม่ให้เกิดการละเมิดทรัพย์สินทางปัญญาของผู้อื่นโดยมีรายละเอียดที่ได้ทำการสืบค้นซึ่งมีผลงานที่ใกล้เคียงกัน ดังนี้

7.1 ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ เครื่องกวักไหมแบบ 2 จังหวะ ผู้ขอรับสิทธิบัตร สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ วันที่ยื่นคำขอ 28 กันยายน 2550 ผู้ประดิษฐ์ นายชัยพร พัฒนจักร



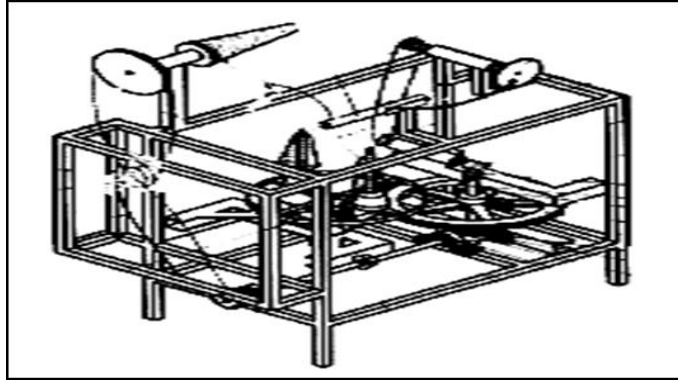
ภาพที่ 2-45 แสดงเครื่องกวักไหมแบบ 2 จังหวะ  
(ที่มา : กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2561)

7.2 ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ เครื่องตะกุกเส้นไหมอิตาลี เลขที่คำขอ 0503001629 ผู้ขอรับสิทธิบัตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น วันที่ยื่นคำขอ 27 ธันวาคม 2548 ผู้ประดิษฐ์ รศ.ศิวาลัย สิริมังกรารัตน์ และคณะ



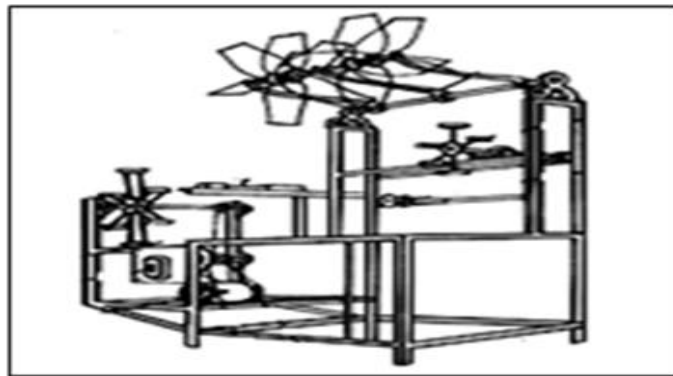
ภาพที่ 2-46 แสดงเครื่องตะกุกเส้นไหมอิตาลี  
(ที่มา : กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2561)

7.3 ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ เครื่องตีเกลียวเส้นไหมและด้าย เลขที่คำขอ 13030012 ผู้ขอรับสิทธิบัตร สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา วันที่ยื่นคำขอ 27 กันยายน 2556 ผู้ประดิษฐ์ นายเจริญ บุญใบ และคณะ



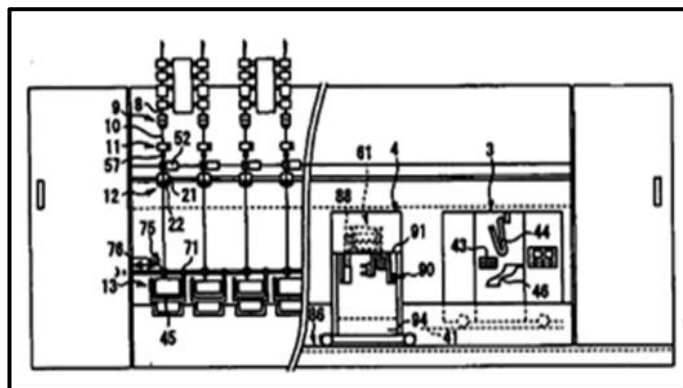
ภาพที่ 2-47 แสดงเครื่องตีเกลียวเส้นไหมและด้าย  
(ที่มา : กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2561)

7.4 ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ เครื่องทำใจเส้นไหมอีรี เลขที่คำขอ 120300827  
ผู้ขอรับสิทธิบัตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น วันที่ยื่นคำขอ 30 กรกฎาคม 2555 ผู้ประดิษฐ์ รศ.ศิวิไลย์  
สิริมังกรรัตน์ และคณะ



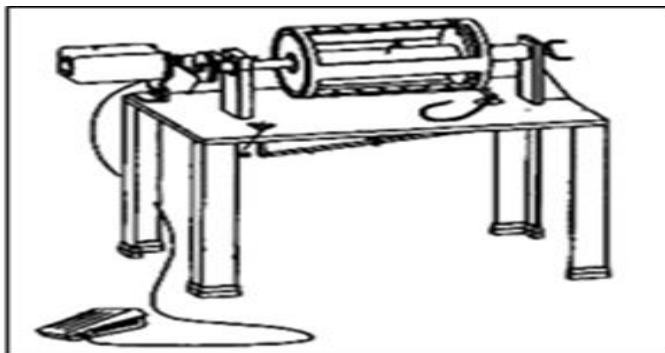
ภาพที่ 2-48 แสดงเครื่องทำใจเส้นไหมอีรี  
(ที่มา : กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2561)

7.5 ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ เครื่องปั่นด้าย เลขที่คำขอ 2007-335166 ผู้ขอรับ  
สิทธิบัตร มูราตะ แมซซึเนอริ, แอลทีดี วันที่ยื่นคำขอ 26 ธันวาคม 2550 ประเทศที่ยื่นคำขอครั้งแรก  
ญี่ปุ่น เลขที่คำขอที่ยื่นครั้งแรก 83209288 ผู้ประดิษฐ์ นายเคนจิ บาบะ



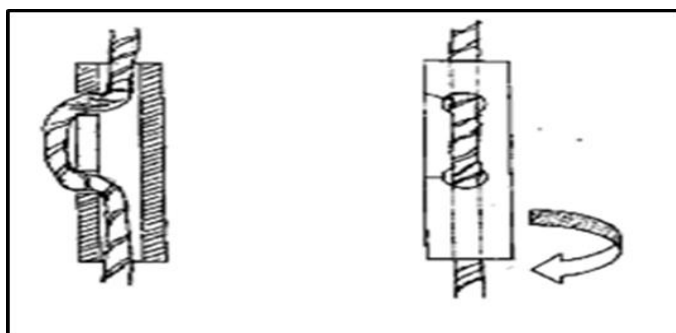
ภาพที่ 2-49 แสดงเครื่องปั่นด้าย  
(ที่มา : กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2561)

7.6 ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ เครื่องปั่นด้ายปั่นมือ เลขที่คำขอ 076135 ผู้ขอรับ สิทธิบัตร นายชเล วุฒินันท์ วันที่ยื่นคำขอ 28 สิงหาคม 2555 ผู้ประดิษฐ์ นายชเล วุฒินันท์



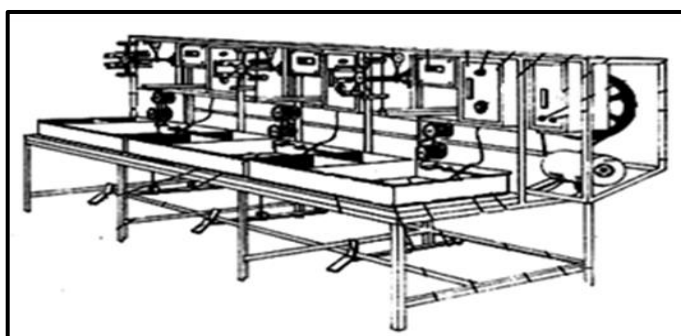
ภาพที่ 2-50 แสดงเครื่องปั่นด้ายปั่นมือ  
(ที่มา : กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2561)

7.7 ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ เครื่องปั่นรังไหม เลขที่คำขอ 1103001038 ผู้ขอรับ สิทธิบัตร สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา วันที่ยื่นคำขอ 27 กันยายน 2554 ผู้ประดิษฐ์ นายธวัชชัย เพชรนนท์



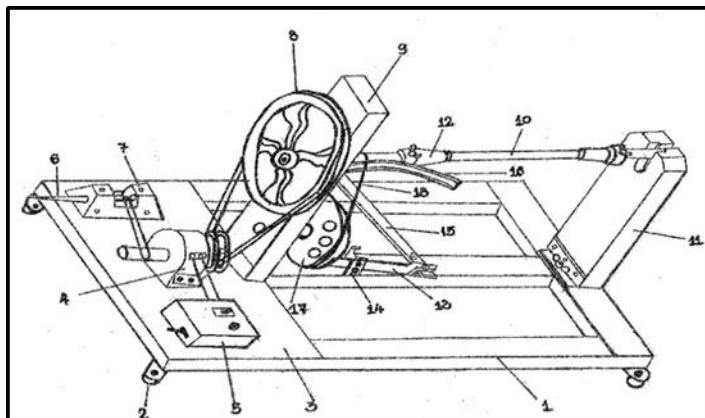
ภาพที่ 2-51 แสดงเครื่องปั่นรังไหม  
(ที่มา : กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2561)

7.8 ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์เครื่องสาวเส้นไหมอี่เชิงปริมาณ เลขที่คำขอ 803000776 ผู้ขอรับสิทธิบัตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น ,สกว. วันที่ยื่นคำขอ 30 พฤษภาคม 2551 ผู้ประดิษฐ์ รศ.ศิวิลัย สิริมังครารัตน์ และคณะ



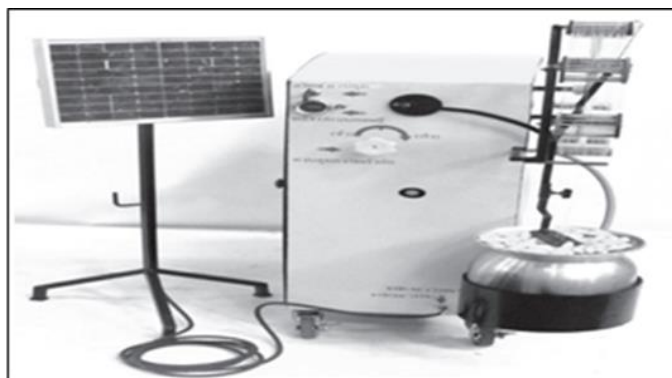
ภาพที่ 2-52 แสดงเครื่องสาวเส้นไหมอี่เชิงปริมาณ  
(ที่มา : กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2561)

7.9 ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ เครื่องกวักไหมและปั่นหลอดด้าย เลขที่คำขอ 0603000411 ผู้ขอรับสิทธิบัตร สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา วันที่ยื่นคำขอ 28/03/2549 ผู้ประดิษฐ์ นายวาทัญญ บุตระศรี และคณะ



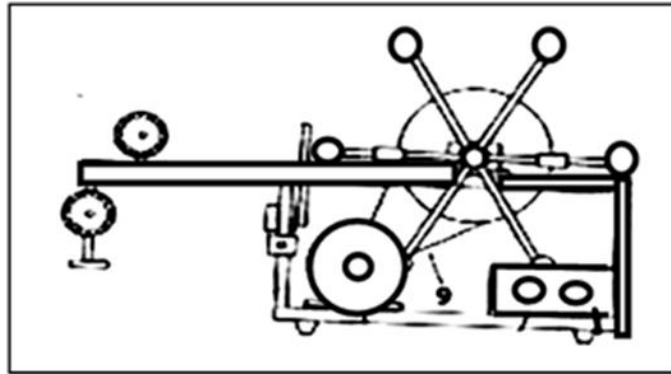
ภาพที่ 2-53 แสดงเครื่องกวักไหมและปั่นหลอดด้าย  
(ที่มา : กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2561)

7.10 ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ เครื่องสาวรังไหมเปิดและรังปิด เลขที่คำขอ 03030009999 ผู้ขอรับสิทธิบัตร รศ.ศิริลย์ สิริมังครารัตน์ และคณะ วันที่ยื่นคำขอ 5 กันยายน 2546 ผู้ประดิษฐ์ รศ.ศิริลย์ สิริมังครารัตน์ และคณะ



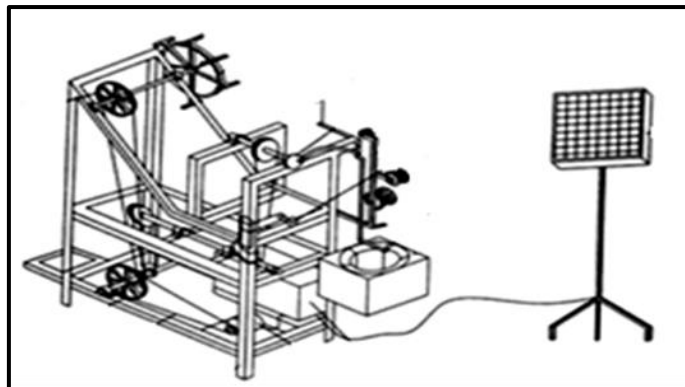
ภาพที่ 2-54 แสดงเครื่องสาวรังไหมเปิดและรังปิด  
(ที่มา : กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2561)

7.11 ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ เครื่องสาวไหม เลขที่คำขอ 0603001259 ผู้ขอรับสิทธิบัตร สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา วันที่ยื่นคำขอ 14 กันยายน 2549 ผู้ประดิษฐ์ นายเสรี ภูผาสุก



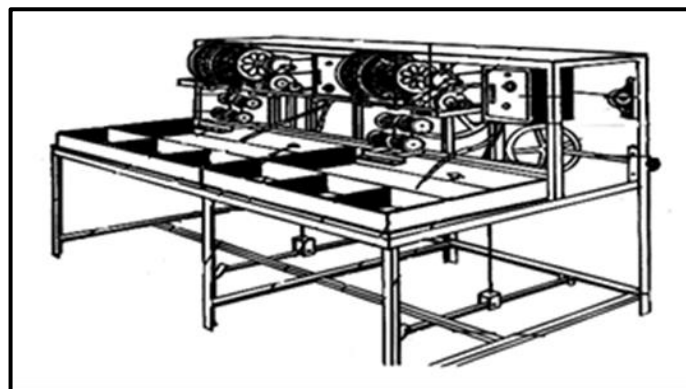
ภาพที่ 2-55 แสดงเครื่องสาวไหม  
(ที่มา : กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2561)

7.12 ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ เครื่องสาวไหมพลังงานแสงอาทิตย์ เลขที่คำขอ 0703001370 ผู้ขอรับสิทธิบัตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ วันที่ยื่นคำขอ 28 พฤศจิกายน 2550 ผู้ประดิษฐ์ ว่าที่ ร.ต.ชูชาติ พะยอม และคณะ



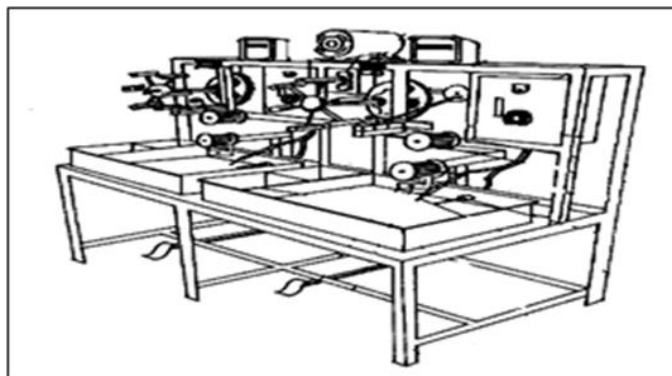
ภาพที่ 2-56 แสดงเครื่องสาวไหมพลังงานแสงอาทิตย์  
(ที่มา : กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2561)

7.13 ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ เครื่องสาวไหมอีรีแบบประหยัด เลขที่คำขอ 03000777 ผู้ขอรับสิทธิบัตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น, วันที่ยื่นคำขอ 30 กันยายน 2551 ผู้ประดิษฐ์ รศ.ศิริลักษณ์ สิริมังครารัตน์ และคณะ



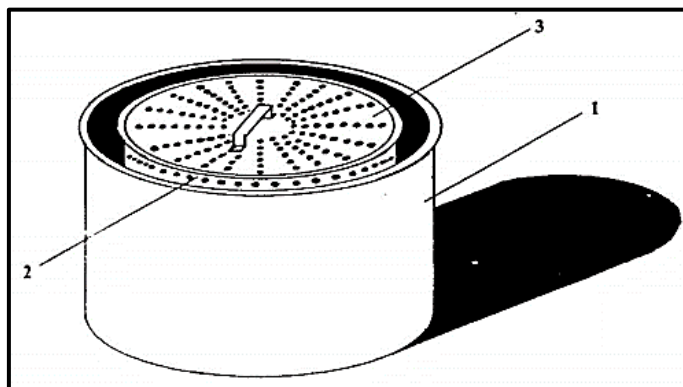
ภาพที่ 2-57 แสดงเครื่องสาวไหมอีรีแบบประหยัด  
(ที่มา : กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2561)

7.14 ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ เครื่องสาวไหมอีรี่แบบกึ่งอัตโนมัติ เลขที่คำขอ 03001319 ผู้ขอรับสิทธิบัตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น, สกว. วันที่ยื่นคำขอ 5 พฤศจิกายน 2551 ผู้ประดิษฐ์ รศ.ศิริลัย สิริมังกรรัตน์ และคณะ



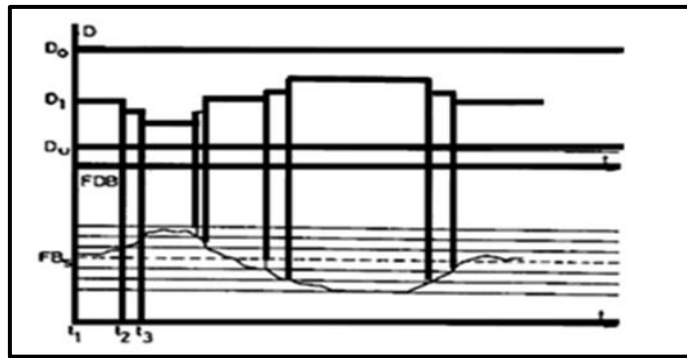
ภาพที่ 2-58 แสดงเครื่องสาวไหมอีรี่แบบกึ่งอัตโนมัติ  
(ที่มา : กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2561)

7.15 ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ ถังต้มฟอกรังไหมอีรี่ เลขที่คำขอ 0503001630 ผู้ขอรับสิทธิบัตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น วันที่ยื่นคำขอ 27 ธันวาคม 2548 ผู้ประดิษฐ์ รศ.ศิริลัย สิริมังกรรัตน์ และคณะ



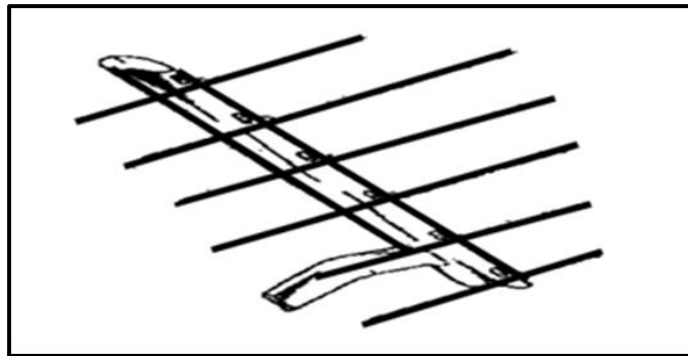
ภาพที่ 2-59 แสดงถังต้มฟอกรังไหมอีรี่  
(ที่มา : กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2561)

7.16 ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ ระบบสำหรับการเพิ่มผลผลิตของเครื่องปั่นด้าย เลขที่คำขอ 022913 ผู้ขอรับสิทธิบัตร เซลล์เวเจอร์ ลูวา เอจี วันที่ยื่นคำขอ 24 มิถุนายน 2537 ประเทศที่ยื่นคำขอครั้งแรก สวิสเซอร์แลนด์ เลขที่คำที่ยื่นครั้งแรก 02108/93-3 ผู้ประดิษฐ์ นายคริสโตฟท์ คาฟแมนน์



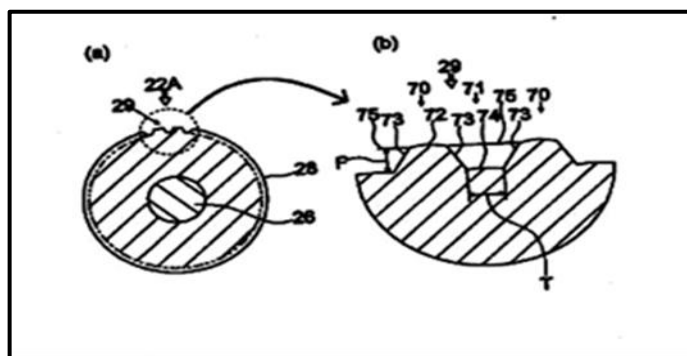
ภาพที่ 2-60 แสดงระบบสำหรับการเพิ่มผลผลิตของเครื่องปั้นด้าย  
(ที่มา : กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2561)

7.17 ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ ท่อดูดใยฝ้ายของเครื่องปั้นด้าย เลขที่คำขอ 034023  
ผู้ขอรับสิทธิบัตร นายลี- พุ-ซัน วันที่ยื่นคำขอ 1 พฤศจิกายน 2539 ผู้ประดิษฐ์ นายลี- พุ-ซัน



ภาพที่ 2-61 แสดงท่อดูดใยฝ้ายของเครื่องปั้นด้าย  
(ที่มา : กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2561)

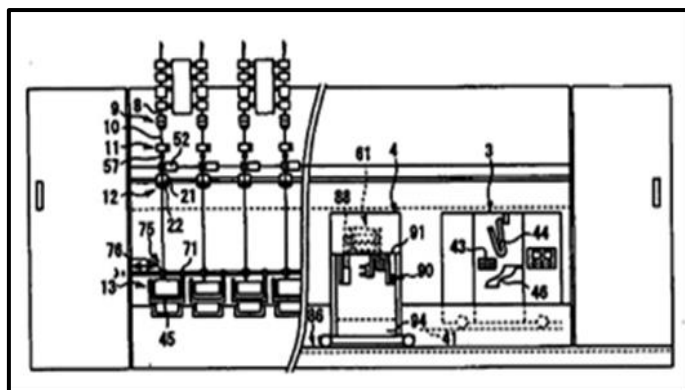
7.18 ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ ลูกกลิ้งการเคลื่อนที่ของเครื่องปั้นด้าย เลขที่คำขอ  
0801006505 ผู้ขอรับสิทธิบัตร มูราตะ แมซซึเนอริ, แอลทีดี วันที่ยื่นคำขอ 15 ธันวาคม 2551  
ผู้ประดิษฐ์ นายนาริโทชิ โอตะ และคณะ



ภาพที่ 2-62 แสดงลูกกลิ้งการเคลื่อนที่ของเครื่องปั้นด้าย  
(ที่มา : กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2561)



7.19 ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ อุปกรณ์จัดการหย่อนของเส้นด้ายและเครื่องปั่นด้าย เลขที่คำขอ 0801006604 ผู้ขอรับสิทธิบัตร มูราตะ แมซึนเนอริ, แอลทีดี วันที่ยื่นคำขอ 22 ธันวาคม 2551 ประเทศที่ยื่นคำขอครั้งแรก ญี่ปุ่น เลขที่คำที่ยื่นครั้งแรก 2007-337974 ผู้ประดิษฐ์ นายเคนจิ บาบะ



ภาพที่ 2-63 แสดงอุปกรณ์จัดการหย่อนของเส้นด้ายและเครื่องปั่นด้าย  
(ที่มา : กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2561)

จากการสืบค้นข้อมูลสิทธิบัตรในผลงานที่คล้าย ๆ กัน หรือใกล้เคียงกันจากฐานข้อมูลกรมทรัพย์สินทางปัญญา พบว่าการออกแบบสิ่งประดิษฐ์ที่จดสิทธิบัตรเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ของการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายในรูปแบบต่าง ๆ มีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาต่อยอดจากอนุสิทธิบัตรเลขที่ 4562 เครื่องย้อมสีเส้นไหม ผู้ประดิษฐ์นายวาทัญญ บุตระศรี โดยได้นำข้อดีและข้อเสียจากสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องและได้นำข้อมูลมาทำการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ซึ่งเครื่องที่ออกแบบสร้างและพัฒนาขึ้นนี้จะใช้การพอกกาวไหมและย้อมสีแบบใช้สีธรรมชาติแทนการย้อมสีเคมีของชาวบ้าน เพื่อช่วยลดปัญหาในเรื่องมลภาวะต่างๆ และการพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ที่ประดิษฐ์ขึ้นนี้สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ตามความต้องการของผู้ย้อมสีที่ต้องใช้อุณหภูมิที่แตกต่างกันออกไป และได้มีการออกแบบติดตั้งใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นตัวส่งกำลังในการเขย่าให้น้ำสีซึมเข้าเส้นไหมให้เร็วยิ่งขึ้น ไม่ต้องใช้แรงงานคนในการเขย่าสีและตีให้สีเส้นไหมซึมเข้าเส้นไหมให้เร็วยิ่งขึ้น รวมทั้งการพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ที่ประดิษฐ์ขึ้นนี้ได้ถูกออกแบบใช้หม้อย้อมสีแบบประหยัดพลังงานความร้อน โดยออกแบบให้มีฉนวนกันความร้อนหุ้มหม้อย้อมสีไม่ให้ความร้อนสูญเสียจำนวน 2 ถึง และได้มีการออกแบบระบบที่ใช้ในตรวจสอบอุณหภูมิ รวมทั้งใช้วัสดุอุปกรณ์ในการประดิษฐ์ภายในประเทศไม่ต้องพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศ ซึ่งเมื่อชาวบ้านได้นำเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ที่ประดิษฐ์ขึ้นนี้ไปใช้งานจะสามารถเพิ่มศักยภาพให้กับชุมชน เพิ่มผลผลิตและรายได้ให้กับกลุ่มผู้ประกอบการทำผ้าไหมและผ้าฝ้ายในจังหวัดอุบลราชธานีได้ เพราะเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องและใช้งานง่าย อีกทั้งเครื่องที่สร้างขึ้นไม่มีผลกระทบต่อธรรมชาติและทำลายสิ่งแวดล้อมอีกด้วย เพราะใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติในการพอกกาวไหมและการย้อมสี โดยใช้สีธรรมชาติแทนการย้อมสีเคมีของชาวบ้านที่มีใช้งานในปัจจุบันนี้

## ตอนที่ 8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน มีดังนี้

### 8.1 งานวิจัยในประเทศไทย

เนื่องจากได้มีการย้อมสีธรรมชาติในประเทศไทยมาเป็นเวลานาน จึงมีการวิจัยในรูปแบบต่างๆ เกี่ยวกับการย้อมสีธรรมชาติที่หลากหลาย ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลมีรายละเอียด ดังนี้

คันสนีย์ คำบุญชู (2541) ทำการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติจากแก่นขนุนและเปลือกมะพร้าว โดยใช้สารช่วยติดคือแบเรียมคลอไรด์ไดไฮเดรตพบว่า ภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการย้อมสีจากแก่นขนุนคือ อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 80 นาที และปริมาณแบเรียมคลอไรด์ 10% ของน้ำหนักเส้นด้ายและการย้อมสารช่วยติดก่อนการย้อมจะให้การดูดซับดีที่สุด

กุลธวัช ศรีจรรยา และกุลรัญญา พรหมเมืองยอง (2542) ศึกษาสมบัติของสีย้อมธรรมชาติที่สกัดจากเปลือกประตู ยอดสัก ดอกทองกวาวและสีเสียด โดยการปรับอุณหภูมิในการย้อมที่ 60 °C กับ 100 °C พบว่า ที่ 100 °C สีย้อมจะติดได้เร็วกว่า

อนันต์เสวก เหงาซึ่งเจริญ และคณะ (2543) ได้ศึกษาเพื่อพัฒนาและปรับปรุง กระบวนการย้อมสีธรรมชาติสำหรับอุตสาหกรรมครอบครัว โดยทำการศึกษาทางเคมีของพืชให้สี 6 ชนิด คือ สะเดา ยูคาลิปตัส หูกวาง มะพร้าว สาบเสือ และสมอไทย ทำการวิเคราะห์ หาแทนนินฟลาโวนอยด์ แอนทราควิโนน และสารฟีนอลิก ศึกษาชนิดสีที่ได้จากการย้อมโดยใช้ และไม่ใช้สารช่วยย้อม ซึ่งได้แก่ กรดแทนนิก โดยมี Al (SO<sub>4</sub>) FeSO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> Co(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> และ CuSO<sub>4</sub> เป็น มอร์แดนท์ และยังคงศึกษาวัตถุบ่อนที่นำมาใช้เป็นสีย้อมพบว่า ใบหญ้าหวาน ใบต้ว แดง ใบสาบเสือ ใบจามจุรี ใบขี้เหล็กฝรั่ง ให้สีเขียวโดยใช้จุนสีเป็นมอร์แดนท์ ใบสะเดา ใบและ เปลือกต้นหูกวาง เปลือกต้นยูคาลิปตัส เปลือกต้นรูกฟ้า เปลือกต้นสมอไทย เปลือกต้นกระโดน และผลตะแบกให้สีน้ำตาลและสีดำ กาบมะพร้าวแห้ง เปลือกผลมังคุดให้สีน้ำตาล การทำ ความสะอาดเส้นใยฝ้ายด้วยสบู่และโซดาแอชในอัตราส่วน ด้าย : สบู่ : โซดาแอช: น้ำ เป็น 100 : 10 : 1-16 : 1000 ศึกษาการดูดซับสีพบว่า ส่วนมากดูดซับได้ไม่เกิน 40%

ศิรินันท์ หอสมบัติ (2543) ได้ทำการศึกษาสกัดผงสีย้อมจากดอกดาวเรือง โดยศึกษาถึงผลของสภาวะในการสกัดต่อลักษณะและสมบัติของน้ำสีและผงสีพบว่า อัตราส่วนในการสกัดมีผลต่อค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ค่าร้อยละการส่องผ่าน (%T) ค่าการดูดกลืนแสง (A) ปริมาณแคโรทีนอยด์ อุณหภูมิในการสกัดมีผลต่อ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ค่า pH % TA และค่าปริมาณแคโรทีนอยด์ ระยะเวลาในการสกัดมีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้เพียงอย่างเดียว

กัจจกร แซ่เจียง (2544) ได้ทำการศึกษาสกัดผงสีย้อมจากดอกดาวเรือง โดยศึกษาถึง ผลของสภาวะในการสกัดต่อลักษณะและสมบัติของน้ำสีและผงสี พบว่า อัตราส่วนในการสกัด มีผลต่อค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ค่าร้อยละการส่องผ่าน (%T) ค่าการดูดกลืนแสง (A) ปริมาณแคโรทีนอยด์ อุณหภูมิในการสกัดมีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ค่า pH % TA และค่าปริมาณแคโรทีนอยด์ ระยะเวลาในการสกัดมีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้เพียงอย่างเดียว

สุภาพ รุ่งการ (2544) ศึกษาการย้อมไหมด้วยใบกล้วย โดยใช้มอร์แดนท์ 4 ชนิด คือ สารส้ม กรดน้ำส้ม เหล็ก และซีเถ้า ที่ความเข้มข้น 2, 4, 6, 8 % พบว่า ความคงทนต่อการซัก ผ้าที่ใช้ซีเถ้า เป็นสารช่วยติดมีความคงทนต่อการซักมากที่สุด ความคงทนต่อแสงพบว่า เหล็ก เป็นมอร์แดนท์ที่ให้

ความคงทนมากที่สุด ความคงทนต่อการขัดสีพบว่า กรดน้ำส้มเป็นมอร์แดนท์ที่ให้ความคงทนมากที่สุด สุรียี พุตระกูล และคณะ (2545) ได้ทำการศึกษาพัฒนาสารย้อมสีธรรมชาติในเขตภาคเหนือตอนบน โดยเน้นหนักสีหลัก 3 สี คือ สีแดงจากรากยอป่าและครั่ง สีเหลืองจากขมิ้น และสีน้ำเงินจากครามและฮ่อมและทำการศึกษาองค์ประกอบที่เป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติพบว่า สารสีแดงในรากยอป่าและครั่งเป็นสารในกลุ่มแอนทราควิโนนมีโครงสร้างของมอร์รินโดนกับกรดแลคติก มีค่าดูดกลืนแสงมากที่สุด (max) ที่ 446 nm และ 518 nm. สารสีเหลืองในขมิ้น คือ เคอร์คูมิน มีค่าดูดกลืนแสงมากที่สุดที่ 423 nm. สารที่ให้สีน้ำเงินในครามและฮ่อม คือ อินดิโกมีค่าดูดกลืนแสงมากที่สุดที่ 611 nm. สำหรับสภาวะที่เหมาะสมในการย้อมพบว่า การเตรียมเส้นด้ายฝ้ายด้วยการทำความสะอาดเส้นใยฝ้ายด้วยด่างสบู่ หรือผงซักฟอกและต้มกับน้ำถั่วเหลืองนาน 30 นาที จะช่วยให้ได้สีที่เข้มและติดทนกว่าปกติ

อนันต์เสวก เหง้าซึ่งเจริญ และคณะ (2546) ได้ศึกษาเพื่อพัฒนาและปรับปรุง กระบวนการย้อมสีธรรมชาติแบบพู่สำหรับอุตสาหกรรมครอบครัว ศึกษาทางเคมีของพืชให้สีอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการย้อมผลของมอร์แดนท์ต่อสีและความคงทนของสีต่อการซักและแสงพบว่า พืชที่ให้สีน้ำเงินได้แก่ ห้อม คราม พืชที่ให้สีเหลืองและเขียวได้แก่ แก่นขนุน ขมิ้นชัน ดอกคำฝอย ใบตัวแดง ใบหูกวาง ใบขี้เหล็กฝรั่ง และใบสาบเสือ พืชให้สีน้ำตาลได้แก่ เปลือกต้นรูกฟ้า ใบสะเดา เปลือกต้นกระโดน เปลือกตะเคียนหิน มอร์แดนท์ที่ใช้ศึกษาคือ อลูมิเนียม ทองแดง และเหล็ก และอุณหภูมิที่เหมาะสมพบว่า อุณหภูมิการย้อมที่เหมาะสม คือ 60 - 80 องศาเซลเซียส สำหรับการย้อมแบบพู่ใช้อัตราส่วนด้ายต่อน้ำต่อวัตถุให้สีเป็น 1 : 10 : 0.1 ถึง 1 : 10 : 0.2 และทดสอบความคงทนของสีในระบบ CIELAB โดยการทดสอบความคงทนต่อการซักที่อุณหภูมิ 40 และ 60 องศาเซลเซียสตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105C01 : 1989 และทดสอบความคงทนต่อแสง ตามวิธีการมาตรฐาน ISO 105-B02 : 1994

มณฑล นาคปฐม และ พิสมัย ลิขิตบรรณกร (2548) ได้ทำการศึกษาพัฒนากระบวนการย้อมผ้าฝ้ายและไหมด้วยสีธรรมชาติ โดยการใช้สารจากธรรมชาติ เช่น ไคโตซาน กรดแทนนิก และกรดทาร์ทาริก แทนมอร์แดนท์ ร่วมกับกระบวนการย้อมแบบจุ่มอัด-หมัก, นุ่มอัด-หมักแห้ง และจุ่มอัด-อบแห้ง-ผึ่งพบว่า ผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ได้จากการย้อมทุกกระบวนการ มีความนุ่ม และคงทนต่อแสงและการซัก

ปิณฑสันต์ ขวัญข้าว (2549) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนสีและสมบัติทางกายภาพของผ้าฝ้ายหลังการตกแต่งเพื่อป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ต โดยใช้สีย้อมที่เป็น reactive color และ dispersive color 3 ชนิด คือ แดง น้ำเงิน และเหลือง ด้วยความเข้มข้นของสี 0.5 - 4.0 % ของ น้ำหนักผ้าและใช้สารดูดซับรังสีอัลตราไวโอเล็ตเป็นสารตกแต่ง 2 ชนิด คือ ชนิดที่ใช้กับเส้นใย ฝ้ายและชนิดที่ใช้กับเส้นใยพอลิเมอร์ โดยใช้พร้อมกับการย้อมและหลังการย้อมแล้วทำการทดสอบ การเปลี่ยนแปลงสีผ้า การดูดซับน้ำ ความแข็งแรงต่างของผ้า ความคงทนต่อการซักและแสง การป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตพบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสี reactive พร้อมกับสารดูดซับรังสี ให้สีที่แตกต่างจากผ้าที่ย้อมโดยไม่ใช้สารดูดซับรังสี แต่ถ้าใช้สารดูดซับภายหลังการย้อมจะให้สีไม่แตกต่างกับการไม่ใช้สารดูดซับ ผ้าที่ใช้สารดูดซับรังสีมีความแข็งแรงลดลง 4% แต่ความแข็งแรงต่างเพิ่มขึ้น 2 % ให้ความคงทนของสีต่อการซักและแสงดีมาก สามารถป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้ดีกว่าผ้าที่ไม่ใช้สารดูดซับรังสี

เจริญศรี เบญจมาลา (2550) ได้ศึกษาผลของการติดสีที่มีต่อการย้อมผ้าไหมด้วย เปลือกมะพร้าวอ่อนต่อสีความคงทนของสีต่อการซักและความคงทนของสีต่อแสง โดยนำ เปลือกมะพร้าวอ่อนมาสกัดเป็นน้ำสีโดยวิธีการต้ม หลังจากนั้นนำน้ำสีที่ได้ไปย้อมผ้าไหมใช้สารช่วยติดย้อมทับหลังจากการย้อม 2 ชนิด ได้แก่ สารส้ม และกรดน้ำส้มที่มีระดับความเข้มข้นต่างกัน 5 ระดับคือ 2, 4, 6, 8 และ 10 % ของน้ำหนักผ้าไหม วัดค่าสีและทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและความคงทนของสีต่อแสงวัดค่าสีในระบบ CIELAB  $L^* a^* b^*$  ในการเปรียบเทียบสีผ้าไหมที่ย้อมใช้ค่า  $L^* a^* b^* H^*$  และ  $C^*$  ตามแผนการทดลองแบบ Factorial แบบ R C B โดยมีปัจจัย 2 ปัจจัย คือ ชนิดของสารช่วยติดกับความเข้มข้นของสารช่วยติดเปรียบเทียบความแตกต่างของสีผ้าตัวอย่างกับผ้าควบคุมพบว่า การใช้สารช่วยติดให้ผลที่แตกต่างกันมีผลต่อค่า  $AE^*$  และ  $AH^*$  และผ้าที่ใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดหลังย้อม มีลักษณะของสีแตกต่างจากผ้าควบคุมน้อยกว่าผ้าที่ใช้กรดน้ำส้มเป็นสารช่วยติดหลังการย้อม

ลัดดาวัลย์ น้อยกำบัง, ศิริพร สอนบุญเกิด และสมจิตร เล็งเอี่ยม (2546) ทำการวิจัยการย้อมสีเส้นใยด้วยสีธรรมชาติจากใบหูกวาง โดยใช้มอร์แดนต์ประกอบด้วย  $FeSO_4$ ,  $CuSO_4$ ,  $K_2Cr_2O_7$ ,  $NaCl$  และสารส้มพบว่า สีที่ได้มีความคงทนต่อการซักทนต่อแดด มอร์แดนต์ที่ดีที่สุดสำหรับใบหูกวางคือ  $CuSO_4$ ,

สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์ (2548) ได้ทำการศึกษาการย้อมสีบนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีที่สกัดจากเปลือกมังคุด และสารกันยับไกลออกซอล โดยใช้ร่วมกับตัวเร่งแมกนีเซียมคลอไรด์หรือ สารส้มแทนมอร์แดนต์พบว่า โลหะในตัวเร่งเหล่านี้ ทำให้เกิดร่างแหพันธะโคเวเลนต์ สามารถคงทนต่อการยับของผ้าและเพิ่มความคงทนของสีได้ด้วย เป็นการช่วยลดขั้นตอนการตกแต่งกันยับของผ้าฝ้าย

จันทน์ จันทรศร (2550) ได้ศึกษาผลของการใช้มอร์แดนต์และความคงทนของสีต่อแสงต่อการซัก และต่อการขัดถูของผ้าไหมที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมะพร้าวแก่โดยใช้สารช่วยติด 2 ชนิด คือ สารส้มและกรดน้ำส้มที่มีความเข้มข้น .75 , 2 และ 20 % ของน้ำหนักผ้าหลังการย้อมสีวัดค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ความเป็นสีแดง-เขียว ( $a^*$ ) ความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน ( $b^*$ ) ความสดใส ( $C^*$ ) และสี ( $h^*$ ) ของผ้าตามระบบ CIELAB ก่อนและหลังการทดสอบความคงทน ของสีต่อแสงการซักและการขัดถูหาค่าเปลี่ยนแปลงของสี  $dL^*, da^*, db^*, dh^*$  และค่า เปลี่ยนแปลงของสีโดยรวม ( $dE^*$ ) ผลการวิจัยพบว่า ความเข้มข้นของสารช่วยติดมีผลต่อค่า  $L^*$  อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เมื่อใช้ความเข้มข้นสูงสีผ้าจะมีค่า  $L^*$  สูงขึ้นชนิดและความ

ตารางที่ 2-6 แสดงรายละเอียดในการสังเคราะห์งานวิจัยในประเทศไทย มีรายละเอียด ดังนี้

ชื่อผู้วิจัย	วิธีการย้อมสีแบบใช้สีธรรมชาติ	วิธีการย้อมสีแบบใช้สีเคมี	อุณหภูมิที่เหมาะสมในการย้อมสี (องศาเซลเซียส)	เวลาที่ใช้ในการย้อมสี (นาที)	การดูดซับสีที่ได้
คันสนีย์ คำบุญชู	√	-	65	80	ดีที่สุด
กุลธวัช ศรีจรรยา และกุลรัญญา	√	-	60 - 100		ติดได้เร็ว (ดี)
อนันต์เสวก เห่าซึ่งเจริญ และคณะ	√	-	-	-	40 % (พอใช้)
ศิริพันธ์ หอสมบัติ	√	-	-	-	-
กำจร แซ่เจียง	√	-	-	-	-
สุภาพ ฐิติการ	√	-	-	-	-
สุรีย์ พุตระกูล และคณะ	√	-	-	-	-
อนันต์เสวก เห่าซึ่งเจริญ และคณะ	√	-	60 - 80	-	-
มณฑล นาคปทุม และพิสมัย ลิขิตบรรณกร	√	-	-	-	-
บดินทร์ ชวัญข้าว	-	√	-	-	-
เจริญศรี เบญจมาลา	√	-	-	-	-
ลัดดาวัลย์ น้อยกำบัง และคณะ	√	-	-	-	-
สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์	√	√	-	-	-
จันทน์ จันทรร	√	√	-	-	-

จากตารางตารางที่ 2-6 จะเห็นได้ว่าผลจากการสังเคราะห์งานวิจัยในประเทศไทยมีจำนวนรวม 14 เรื่อง พบว่า ส่วนใหญ่จะเป็นงานวิจัยที่ทำการทดลองจะใช้วิธีการย้อมสีแบบใช้สีธรรมชาติ โดยสีที่นำมาย้อมได้มาจากการสกัดสีที่ได้มาจากแก่นขนุน ยูคาลิปตัส เปลือกมังคุด เปลือกมะพร้าว และวิธีการย้อมสีแบบใช้สีเคมี ใบสาบเสือ ใบขี้เหล็ก ใบสาบเสือ ใบหูกวาง สะเดา เปลือกปะตู ยอดสัก ทองกวาว สีเสียด สมอไทย ดอกดาวเรือง ใบกล้วย รากยอป่า ขมิ้น คราม ฮ่อม เปลือกต้นรกฟ้า เปลือกต้นตะไคร้ เปลือกตะเคียนหิน เป็นต้น จากที่มาของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการย้อมสีเส้นไหม และเส้นฝ้าย ทำให้ได้เฉดสีต่างๆ ตามความต้องการของชาวบ้านและผู้ประกอบการ ตลอดจนวัตถุดิบที่นำมาใช้งานจะเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการย้อมสีอยู่ระหว่าง 60 - 100 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในกระบวนการย้อมสีเส้นไหม 60 - 80 นาที ทำให้การดูดซับสีที่ได้อยู่ระหว่างพอใช้ และดี จากตารางผลการสังเคราะห์วิธีการย้อมสีแบบใช้สีเคมี พบว่า กระบวนการในการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายมีกระบวนการเช่นเดียวกับวิธีการย้อมสีแบบใช้สีธรรมชาติ โดยมีสารตั้งต้นที่สกัดจากสารเคมีแต่ละชนิด ซึ่งขึ้นอยู่กับ

ความต้องการของผู้ใช้งานว่าต้องการเฉดสีชนิดใด ในส่วนของกระบวนการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายแบบใช้สีเคมี จะใช้อุณหภูมิและเวลาเท่ากับการย้อมสีธรรมชาติ แต่จะมีผลกระทบต่อธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยในปัจจุบันวิธีการย้อมสีด้วยเคมีจะไม่ได้ได้รับความนิยมเหมือนกับวิธีการย้อมสีแบบใช้สีธรรมชาติ

จากการศึกษางานวิจัยในประเทศไทย ทำให้ผู้เสนอขอได้ทราบถึงกระบวนการในการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายที่นำเอาวัตถุดิบมาใช้ในการย้อมสีแบบใช้สีธรรมชาติ วิธีการย้อมสีแบบใช้สีเคมีตลอดจนอุณหภูมิที่เหมาะสมในการย้อมสี เวลาที่ใช้ในการย้อมสี และการดูดซับสี ผลจากการสังเคราะห์งานวิจัยในประเทศไทยนี้ ผู้เสนอขอจึงได้นำข้อมูลมาปรับใช้ในการสร้างและพัฒนาสร้างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 1 ถึงรุ่นที่ 5 และมีการพัฒนางานวิจัยอย่างต่อเนื่อง และได้ทำการปรับปรุงเครื่องในแต่ละรุ่นให้มีประสิทธิภาพและสมรรถนะที่สูงขึ้นในการนำไปใช้งานจริง ที่สอดคล้องกับความต้องการของชาวบ้านและผู้ประกอบการ ให้สามารถนำไปใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์

## 8.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

Ali, S., Nisar, N. และ Hussain, L. (2007) ได้ทำการสกัดสีธรรมชาติจากยูคาลิปตัสแล้วนำไปย้อมเส้นด้ายฝ้ายโดยการย้อมตรง พบว่า ความสามารถในการติดสีขึ้นอยู่กับวิธีการย้อม Gorensek, M., Urbas, R., Strnad, S. และ Parac-Osman, D. (2007) ได้ทำการประเมินการดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ตของเม็ดสีธรรมชาติ โดยการหาค่าปัจจัยป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ต (ultraviolet protection factor, UPF) และโทนสีขาวจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงการมีอยู่ของเม็ดสีธรรมชาติของสารตัวอย่างที่ยังดิบ สารตัวอย่างที่ใช้ศึกษาได้แก่ เส้นใยฝ้ายที่บาง เบาถูกฟอกสี แล้วทำการย้อมสีวัดหาเฉดสีในระบบ CIE แล้วคำนวณหาปัจจัยการปกคลุม (Cover factor) พบว่า ผ้าที่ทอจากฝ้ายดิบให้ UPF 2.5 เท่าของผ้าที่ได้จากฝ้ายที่ฟอกสีแม้ว่าทั้ง 2 ตัวอย่างจะมีปัจจัยปกคลุมเกือบเท่ากัน Guinot, Pauline, Gargadennec, Annick, Valette, Gilles, และ Andary, Claude (2007) ได้ทำการสกัดฟลาโวนอยด์ปฐมภูมิจากดอกดาวเรือง และทำการแยก patulitrin (1) กับ patuletin (2) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของฟลาโวนอยด์แล้วศึกษาโครงสร้างด้วย NMR กับ HPLC-MS แล้วนำไปเป็นย้อมสีของเส้นด้ายขนสัตว์พบว่า ส่วนที่เป็น aglycone (2) ในฟลาโวนอยด์สามารถติดกับเส้นด้ายดีกว่าส่วนที่เป็น glucoside (4) นอกจากนี้ยังพบว่า อิทธิพลของภูมิอากาศก็มีผลต่อชีวสังเคราะห์สารเหล่านี้ โดยเฉพาะภูมิอากาศแบบเมดิเตอร์เรเนียน สามารถช่วยเพิ่มกระบวนการชีวสังเคราะห์สารทั้งสอง สุดท้ายได้มีการศึกษาหาตัวละลายที่เหมาะสมสำหรับการสกัดแยกสารทั้งสองพบว่า สารผสมน้ำ เอทานอลมีประสิทธิภาพในการสกัดแยกสารทั้งสองออกจากดอกดาวเรืองได้ดีที่สุด

Bechtold, T., Mahmud Ali, A Mussak, R. (2007) ได้ทำการสกัดแยกสี anthocyanin จากกากองุ่นเพื่อนำมาย้อมเส้นใยพบว่า ปริมาณ anthocyanin ในกากองุ่นมี ความเข้มข้นถึง 24.5 - 126 mg /litre ขึ้นอยู่กับชนิดขององุ่น แล้วนำสีที่สกัดได้ไปย้อมเส้นใย ด้วยวิธีการย้อมมอร์แดนท์ก่อน (pre mordant dyeing) ได้สีม่วงแดงที่ติดกับเส้นใยได้ดี จากการวัดค่าในระบบ CIE และ Kubelka - Munk พบว่า ความเข้มข้นของ anthocyanin ที่สกัดได้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเข้มข้นของสี

Chairat, M., Bremner, J.B. และ Chantrapromma, K. (2007) ได้ทำการศึกษาการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายและไหมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกมังคุดแห่งพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีจากเปลือกมังคุดคือ ใช้สารละลาย 15% W/V ของกรด citric ในอัตราส่วนผงเปลือกมังคุดต่อ ตัวทำละลาย 1 : 4 ที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง สำหรับการย้อมเส้นด้ายด้วยน้ำย้อมดังกล่าว ใช้อัตราส่วนเส้นด้าย : น้ำย้อม 1 : 25 ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ตารางที่ 2-7 แสดงการสังเคราะห์งานวิจัยในต่างประเทศ มีรายละเอียด ดังนี้

ชื่อผู้วิจัย	วิธีการย้อมสีแบบใช้สีธรรมชาติ	วิธีการย้อมสีแบบใช้สีเคมี	อุณหภูมิที่เหมาะสมในการย้อมสี (องศาเซลเซียส)	เวลาที่ใช้ในการย้อมสี (นาที)	การดูดซับสีที่ได้
Ali, S., Nisar, N. และ Hussain, L.	√	√	-	-	-
Bechtold, T., Mahmud Ali, A Mussak, R.	√	-	-	-	-
Chairat, M., Bremner, J.B. hantrapromma, K.	√	√	60 - 80	60	-

จากตารางที่ 2-7 จะเห็นได้ว่าผลจากการสังเคราะห์งานวิจัยในต่างประเทศ มีผลงานวิจัยจำนวน 3 เรื่อง พบว่า ส่วนใหญ่จะเป็นงานวิจัยที่ทำการทดลองจะใช้วิธีการย้อมสีแบบใช้สีธรรมชาติและวิธีการย้อมสีแบบใช้สีเคมี ทำให้ได้เฉดสีต่าง ๆ ตามความต้องการของผู้ใช้งาน สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายพบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการย้อมสีอยู่ระหว่าง 60 - 80 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในกระบวนการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายอยู่ที่ 60 นาที จากผลการศึกษางานวิจัยในต่างประเทศทำให้ผู้เสนอขอได้ทราบถึงกระบวนการในการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายที่นำเอาวัตถุดิบมาใช้ในการย้อมสีแบบใช้สีธรรมชาติและวิธีการย้อมสีแบบใช้สีเคมี ตลอดจนอุณหภูมิที่เหมาะสมในการย้อมสี เวลาที่ใช้ในการย้อมสี ผู้เสนอขอจึงได้นำข้อมูลมาปรับใช้ในการออกแบบสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 1 ถึงรุ่นที่ 5 โดยมีการพัฒนาผลงานวิจัยอย่างต่อเนื่อง และได้ทำการปรับปรุงเครื่องในแต่ละรุ่น ให้มีประสิทธิภาพและสมรรถนะที่สูงขึ้น ในการนำไปใช้งานที่สอดคล้องกับความต้องการของชาวบ้านและผู้ประกอบการ ให้สามารถนำไปใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้รูปแบบการวิจัยและพัฒนา มีวัตถุประสงค์ ดังนี้ 1) เพื่อศึกษาสภาพปัจจุบันปัญหาความต้องการด้านการการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายของผู้ประกอบการ 2) เพื่อสร้างและพัฒนานวัตกรรมเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน 3) เพื่อทดลองใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน 4) เพื่อประเมินผลการใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานและเผยแพร่ผลงาน โดยเริ่มดำเนินการในปีการศึกษา 2560 - 2562 ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

วิธีการดำเนินการวิจัยนี้โดยเริ่มจากกระบวนการวิจัยเชิงสำรวจเพื่อศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหา ความจำเป็น ความต้องการ ด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายของผู้ประกอบการ แล้วนำผลการศึกษานี้มาใช้ในการพัฒนารูปแบบเพื่อสร้างนวัตกรรม (Innovation) เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน หลังจากนั้นดำเนินการสร้างพัฒนา นวัตกรรมและหาประสิทธิภาพนวัตกรรม แล้วนำนวัตกรรมนั้นมาใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยเชิงปริมาณ โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยกึ่งทดลองในระหว่างทำการทดลอง ผู้วิจัยได้ดำเนินการประเมินผล (Evaluation) เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน โดยประเมินก่อนการดำเนินการ ประเมินระหว่างดำเนินการ และการประเมินเมื่อสิ้นสุดกระบวนการ โดยสามารถสรุปได้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

วิธีการดำเนินการวิจัยในขั้นตอนที่ 1 การศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหา ความต้องการด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายของผู้ประกอบการ

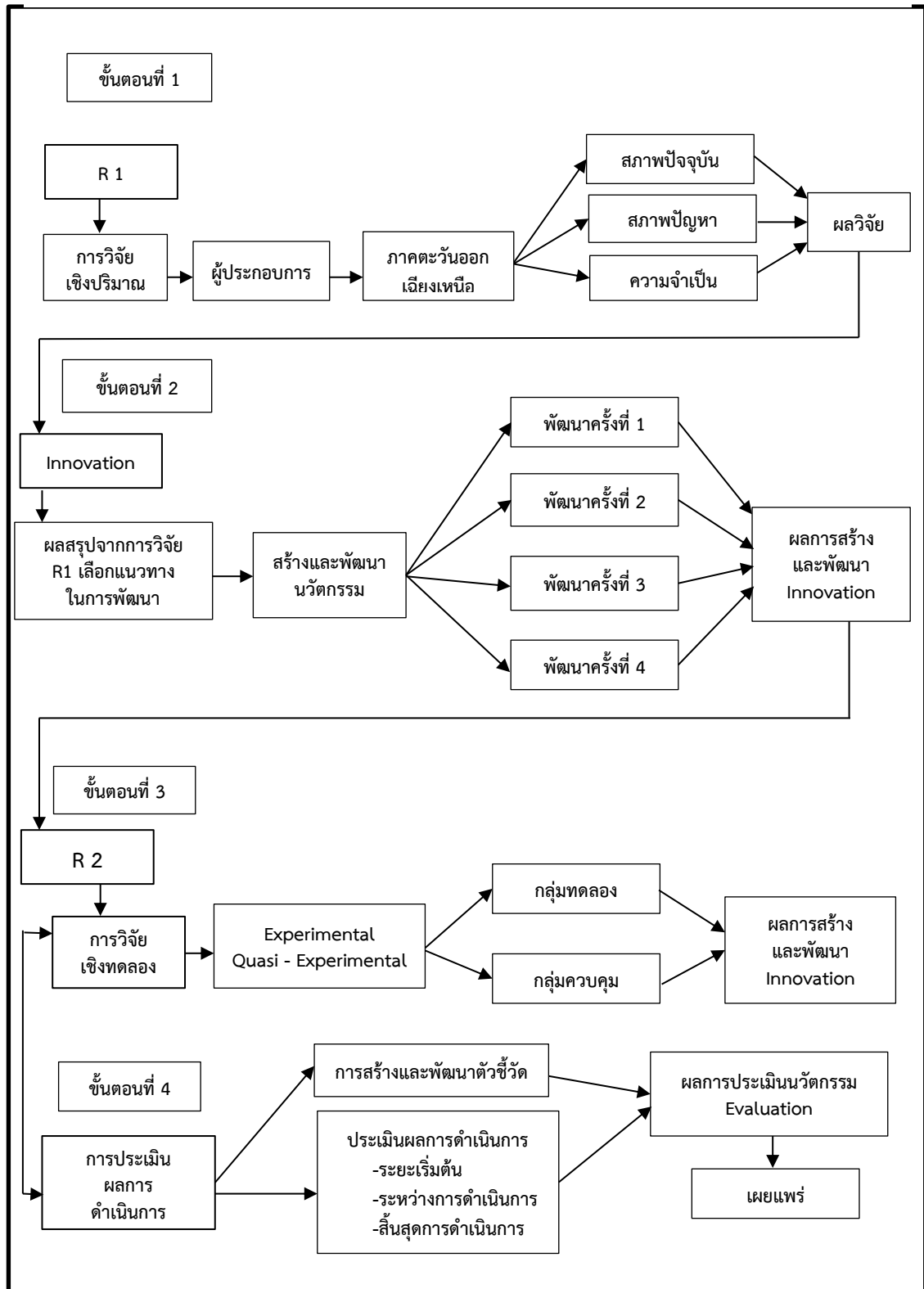
วิธีการดำเนินการวิจัยในขั้นตอนที่ 2 การสร้างและพัฒนา นวัตกรรมเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน

วิธีการดำเนินการวิจัยในขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน

วิธีการดำเนินการวิจัยในขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลการใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน และทำการเผยแพร่ผลงาน



รายละเอียดขั้นตอนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development)



แผนภูมิที่ 3-1 แสดงขั้นตอนการวิจัยและพัฒนา  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)

### วิธีการดำเนินการวิจัยในขั้นตอนที่ 1

การศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหา ความต้องการด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นเส้นฝ้ายของผู้ประกอบการ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้จัดลำดับการนำเสนอตามหัวข้อ ดังต่อไปนี้

- 1.1 ประชากร
- 1.2 กลุ่มตัวอย่าง
- 1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล
- 1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล
- 1.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

**ตารางที่ 3-1** การดำเนินการขั้นตอนที่ 1 การศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหา ความต้องการด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายของผู้ประกอบการ

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหา ความต้องการด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายของผู้ประกอบการ	
วัตถุประสงค์	เพื่อศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหา ความต้องการด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายของผู้ประกอบการ
ขั้นตอนการดำเนินการ	สำรวจสภาพปัจจุบัน ปัญหา ความต้องการด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายของผู้ประกอบการด้วยระเบียบวิธีการวิจัยเชิงสำรวจ
ผลการดำเนินการ	ทราบผลการศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหา ความต้องการด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายของผู้ประกอบการ

จากตารางที่ 3-1 การดำเนินการขั้นตอนที่ 1 เป็นการศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหา ความต้องการด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายของผู้ประกอบการ โดยดำเนินการศึกษาและรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ใช้การศึกษาเชิงสำรวจได้ดำเนินการ ดังนี้

การศึกษาเชิงสำรวจโดยใช้แบบสอบถามเพื่อสำรวจสภาพปัจจุบัน ปัญหาความต้องการด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายของผู้ประกอบการ มีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

#### การวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research)

**1.1 ประชากร** คือ ผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 17 แห่ง รวมจำนวน 150 คน (ที่มา : <http://www.Thaitambon.com>, สืบค้นเมื่อ 12 มีนาคม 2561)

**1.2 กลุ่มตัวอย่าง** คือ ผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายซึ่งได้มาจากการกำหนดตัวอย่างใช้วิธีการแบบชั้นภูมิ (Stratified Random sampling) โดยเป็นผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายเป็นผู้ให้ข้อมูล รวมจำนวน 108 คน ที่มีเกณฑ์ในการคัดเลือกตามวิธีของ อติศักดิ์ พงษ์กุลผลศักดิ์ (2538 : 56-90) ดังนี้

$$n_{Ney} = \frac{Z^2(\alpha/2) [\sum_{h=1}^L \sqrt{p_h q_h}]^2}{N^2 e^2 + Z^2 \alpha/2 \sum_{h=1}^L N_h p_h q_h}$$

เมื่อ		
$n$	คือ	ขนาดของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด
$N$	คือ	ขนาดจำนวนของประชากรทั้งหมด
$N_h$	คือ	จำนวนประชากรแต่ละประเภทของผู้ตอบแบบสอบถาม
$Z^2(\alpha/2)$	คือ	ค่าที่ได้จากตาราง Z กำหนดความเชื่อมั่น 95 %
$\alpha$	คือ	0.05 จะได้ค่า $Z = 1.96$
$e$	คือ	ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้นได้เท่ากับ 0.05
$p_h$	คือ	สัดส่วนความคิดเห็นในด้านต่าง ๆ
$q_h$	คือ	$(1 - p_h)$

ถ้าต้องการขนาดตัวอย่างสูงสุดจะกำหนดให้  $p_h q_h = 0.25$  ในแต่ละชั้นภูมิคำนวณหาได้จากสูตร ดังนี้

$$n = \frac{(1.96)^2 ((150)(\sqrt{0.25}))^2}{(150)^2 (0.05)^2 + (1.96)^2 ((150)(0.25))}$$

$$n \ 107.87 \approx 108 \text{ คน}$$

ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้จะได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 108 คน

### 1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นสำหรับใช้ในการรวบรวมข้อมูลได้แก่ แบบสอบถามผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเครื่องมือที่ใช้จะต้องมีการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือวิจัย ดังนี้

1.3.1 ศึกษาเอกสารงานวิจัยต่าง ๆ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบถาม

1.3.2 การกำหนดกรอบเนื้อหา ทำได้โดยการศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวกับการศึกษาทัศนคติต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบถาม ในการตั้งคำถามที่เหมาะสมและครอบคลุมในหัวข้อต่าง ๆ ได้สาระตรงประเด็นกับสิ่งที่ต้องการสำรวจความคิดเห็น ดังนี้

1.3.2.1 สถานภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามประกอบด้วย สถานภาพการทำงาน ตำแหน่ง ประกอบด้วยเพศ อายุ วุฒิการศึกษา ประสบการณ์ทำงานของผู้ตอบแบบสอบถาม

1.3.2.2 สภาพปัจจุบัน ปัญหา และความต้องการด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายของผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

1.3.2.3 กำหนดรูปแบบของแบบสอบถาม จากประเด็นที่ได้วิเคราะห์ออกมาเป็นแบบสอบถามฉบับร่าง ซึ่งได้แบ่งแบบสอบถามออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับสถานภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามประกอบด้วย สถานภาพการทำงาน ตำแหน่ง เพศของผู้ตอบแบบสอบถาม ช่วงอายุของผู้ตอบแบบสอบถามวุฒิการศึกษาของผู้ตอบแบบสอบถาม และระยะเวลาในการทำงานเกี่ยวกับการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย

ตอนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับสภาพปัจจุบัน สภาพปัญหา และความต้องการด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายของผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย โดยประเมินค่าตามแนวทางของลิเคอร์ท (Likert Scale) แบ่งเป็น 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์ดังนี้ (McIver and Camines 1981 : 24)

ระดับคะแนน	การแปลความหมาย
5	หมายถึง มากที่สุด
4	หมายถึง มาก
3	หมายถึง ปานกลาง
2	หมายถึง น้อย
1	หมายถึง น้อยที่สุด

การตรวจนับคะแนนจากการประเมิน และนำข้อมูลมาแปรผลค่าเฉลี่ยระดับความคิดเห็นที่มีต่อความต้องการด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายของผู้ประกอบการ โดยกำหนดเกณฑ์เป็นช่วงคะแนนและแปลผลตามเกณฑ์การประเมิน โดยยึดหลักแนวคิดของ Best (1981 : 164) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย	4.51 – 5.00	หมายถึง	มีระดับความคิดเห็นมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	3.51 – 4.50	หมายถึง	มีระดับความคิดเห็นมาก
ค่าเฉลี่ย	2.51 – 3.50	หมายถึง	มีระดับความคิดเห็นปานกลาง
ค่าเฉลี่ย	1.51 – 2.50	หมายถึง	มีระดับความคิดเห็นน้อย
ค่าเฉลี่ย	1.00 – 1.50	หมายถึง	มีระดับความคิดเห็นน้อยที่สุด

1.3.3 การหาคุณภาพของเครื่องมือในการทดสอบและวิเคราะห์เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลมีขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1.3.3.1 การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยได้นำแบบสอบถามฉบับร่าง ตรวจสอบความถูกต้องและปรับปรุงแก้ไขเบื้องต้น ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และสมมติฐานของการวิจัย รวมทั้งตรวจสอบเนื้อหาของแบบสอบถาม ให้สามารถเป็นเครื่องมือในการวัดระดับความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยได้ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัยจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงของเนื้อหาของแบบสอบถาม และนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

1.3.3.2 ตรวจสอบหาค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบสอบถาม ระหว่างเนื้อหา กับวัตถุประสงค์ ดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี 2546 : 220)

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

เมื่อ  $IOC$  แทน ดัชนีความสอดคล้อง  
 $\sum R$  แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ  
 $N$  แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละข้อ ดังนี้

- +1 ผู้เชี่ยวชาญ เห็นด้วยกับข้อคำถามนั้น
- 0 ผู้เชี่ยวชาญ ไม่แน่ใจหรือไม่มั่นใจกับข้อคำถามนั้น
- 1 ผู้เชี่ยวชาญ ไม่เห็นด้วยกับข้อคำถามนั้น

เมื่อได้รับแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้นำมาปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามตาม คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ และนำคะแนนที่ได้จากการพิจารณาในแต่ละข้อคำถามของผู้เชี่ยวชาญมา คำนวณ เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยความเห็นที่สอดคล้องกันเป็นรายข้อคำถามมีค่า IOC ไม่น้อยกว่า 0.5 ถือว่าข้อคำถามนั้นใช้ได้ และข้อคำถามทุกข้อมีค่าระหว่าง 0.80-1.00 อยู่ในเกณฑ์ความ เทียบตรงเชิงเนื้อหา

1.3.3.3 นำแบบสอบถามที่แก้ไขแล้วไปทดลองใช้ (Try Out) กับกลุ่มประชากรที่ไม่ใช่ กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน โดยนำไปทดลองใช้กับกลุ่มทอผ้าไหมบ้านลาดสมมติ อำเภอตระการพืชผล จังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 15 คน และศูนย์ทอผ้าเขมราฐ อำเภอเขมราฐ จังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 15 คน โดยแบบสอบถามตอนที่ 2 มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .96 แบบสอบถามตอนที่ 3 มีค่า ความเชื่อมั่นเท่ากับ .94 และแบบสอบถามตอนที่ 4 มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .87

1.3.3.4 นำแบบสอบถามที่ได้นำไปทดลองใช้มาตรวจให้คะแนน และหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถาม ซึ่งแบบสอบถามที่ใช้ได้นั้น ต้องมีค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามไม่น้อย กว่า 0.8 จึงจะนำไปใช้ได้ โดยใช้สูตรของครอนบาค (Cronbach's 1990 : 202-205)

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left[ 1 - \frac{\sum s_i^2}{s_t^2} \right]$$

เมื่อ  $\alpha$  = ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น  
 $n$  = จำนวนข้อของแบบสอบถาม  
 $s_i^2$  = ค่าความแปรปรวนเป็นรายข้อ  
 $s_t^2$  = ค่าความแปรปรวนของแบบสอบถามทั้งฉบับ

#### 1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

1.4.1 ขออนุญาตจากวิทยาลัยสารพัดช่างอุบลราชธานี

1.4.2 ลงพื้นที่เก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง ดังตารางที่ 3-2 แสดงจำนวนแบบสอบถามที่นำไปใช้สอบถามและแบบสอบถามที่ได้รับคืน

ตารางที่ 3-2 แสดงจำนวนแบบสอบถามที่นำไปใช้สอบถามและแบบสอบถามที่ได้รับคืน

รายชื่อผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย (คน)	จำนวนที่ส่งไปเก็บข้อมูล (ฉบับ)	จำนวนที่ได้รับคืน (ฉบับ)	คิดเป็นร้อยละ
1. กลุ่มทอผ้าไหมชุมชนบ้านจะโปะ อ.ปักธงชัย จ.นครราชสีมา	6	6	6	100
2. กลุ่มทอผ้าไหมหมู่บ้านสวนนอก ต.สวนอ. ห้วยราช จ.บุรีรัมย์	6	6	6	100
3. กลุ่มทอผ้าชุมชนบ้านเจริญสุข อ.เฉลิมพระเกียรติ จ.บุรีรัมย์	6	6	6	100
4. กลุ่มทอผ้าบ้านท่าสว่าง อ.เมือง จ.สุรินทร์	6	6	6	100
5. กลุ่มทอผ้าบ้านเมืองหลวง อ.ห้วยทับทัน จ.ศรีสะเกษ	6	6	6	100
6. กลุ่มทอผ้าไหมแท้แม่ทอ บ้านนา คำ ต.บ้านเม็ง อ.หนองเรือ จ.ขอนแก่น	6	6	6	100
7. ศาลาไหมไทย วิทยาลัยการอาชีพขอนแก่น อ.ชนบท จ.ขอนแก่น	6	6	6	100
8. กลุ่มทอผ้าบ้านโจด ต.ชนบท อ.ชนบท จ.ขอนแก่น	6	6	6	100
9. กลุ่มทอผ้าไหมและฝ้ายด้วยการย้อมสีธรรมชาติ คุ้มวัดโพธิ์ อ.ชนบท จ.ขอนแก่น	6	6	6	100
10. กลุ่มทอผ้าไหมมัดหมี่บ้านชนบท ต.ศรีบุญเรือง อ.ชนบท จ.ขอนแก่น	6	6	6	100
11. กลุ่มทอผ้าไหมและผ้าฝ้าย				

ตารางที่ 3-2 แสดงจำนวนแบบสอบถามที่นำไปใช้สอบถามและแบบสอบถามที่ได้รับคืน (ต่อ)

รายชื่อผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย (คน)	จำนวนที่ส่งไปเก็บข้อมูล (ฉบับ)	จำนวนที่ได้รับคืน (ฉบับ)	คิดเป็นร้อยละ
ต.เปือยใหญ่ อ.โนนศิลา จ.ขอนแก่น	6	6	6	100
12. กลุ่มแม่บ้านทอผ้าไหมและผ้าฝ้าย อ.บ้านไผ่ จ.ขอนแก่น	7	7	7	100
13. กลุ่มหัตถกรรมคุ้มสุขโข บ้านดอนข่า อ.บ้านไผ่ จ.ขอนแก่น	7	7	7	100
14. กลุ่มทอผ้าไหม ต.บ้านเขว้า อ.บ้านเขว้า จ.ชัยภูมิ	7	7	7	100
15. กลุ่มทอผ้าบ้านคำขวาง ต.คำขวาง อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี	7	7	7	100
16. กลุ่มทอผ้าฝ้ายบ้านโนนสำราญ ต.นิคม อ.สิรินธร จ.อุบลราชธานี	7	7	7	100
17. กลุ่มทอผ้าไหมบ้านปะอาว ต.ปะอาว อ.เมือง จ.อุบลราชธานี	7	7	7	100
<b>รวม</b>	<b>108</b>	<b>108</b>	<b>108</b>	<b>100</b>

### 1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากได้เก็บข้อมูลและนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลด้วยวิธีการทางสถิติ โดยวิเคราะห์ข้อมูลและแปลผลข้อมูล โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1.5.1 แบบสอบถามตอนที่ 1 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยหาค่าร้อยละ แล้วนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของตารางประกอบความเรียง

1.5.2 แบบสอบถามตอนที่ 2 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหา อุปสรรคและความต้องการด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายของผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย แล้วนำคะแนนมาหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบสอบถามเป็นรายชื่อและโดยรวม

### 1.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ มีสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1.6.1 ค่าร้อยละ (Percentage) มีสูตร ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด 2545 : 104)

$$P = \left(\frac{f}{n}\right) \times 100$$

เมื่อ  $P$  = ร้อยละ  
 $f$  = ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ  
 $n$  = จำนวนความถี่ทั้งหมด

1.6.2 ค่าเฉลี่ย (Mean) มีสูตร ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด 2545 : 102)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

เมื่อ  $\bar{X}$  = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากร  
 $\sum X$  = ผลรวมของคะแนนทั้งหมด  
 $n$  = จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด

1.6.3 การหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) มีสูตรดังนี้ (วาโร เพ็งสวัสดิ์ 2546 : 96)

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

เมื่อ  $S$  = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน  
 $\sum X^2$  = ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง  
 $(\sum X)^2$  = ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่มยกกำลังสอง  
 $n$  = คะแนนแต่ละตัวจำนวนคะแนนในกลุ่ม

## วิธีการดำเนินการวิจัยในขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนนี้ได้นำผลจากการศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหา ความต้องการด้านการย้อมสีเส้นไหม และเส้นฝ้ายของผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย เพื่อทำการสร้างและพัฒนานวัตกรรมเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน (Innovation) ซึ่งมีการสร้างและพัฒนา โดยมีขั้นตอน ดังต่อไปนี้

- 1.1 ประชากร
- 1.2 กลุ่มตัวอย่าง
- 1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล
- 1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล



### 1.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ตารางที่ 3-3 การสร้างและพัฒนานวัตกรรมการเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานมีขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างและพัฒนานวัตกรรมการเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน	
วัตถุประสงค์	เพื่อสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน
ขั้นตอนการดำเนินการ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องในการสร้างและพัฒนานวัตกรรมการ</li> <li>2. การพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน</li> <li>3. สร้างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน</li> <li>4. ปรับปรุงแก้ไข เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน</li> <li>5. จัดทำคู่มือเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน</li> <li>6. ตรวจสอบคุณภาพด้านสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน โดยผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ</li> </ol>
ผลการดำเนินการ	ได้รูปแบบการสร้างและพัฒนานวัตกรรมการเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

จากตารางที่ 3-3 พบว่าในขั้นตอนที่ 2 เป็นการสร้างและพัฒนานวัตกรรมการเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน โดยมีรายละเอียดการดำเนินการตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

**1.1 ประชากร** คือผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัยและด้านการสร้างและพัฒนานวัตกรรมการและสิ่งประดิษฐ์ รวมจำนวน 5 ท่าน

**1.2 กลุ่มตัวอย่าง** คือผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างและพัฒนานวัตกรรมการและสิ่งประดิษฐ์ โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญสำหรับการประเมินผลการทำงานด้านสมรรถนะและประสิทธิภาพนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ รวมจำนวน 5 ท่าน เป็นผู้ให้ข้อมูล

#### 1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ มีวิธีการดำเนินการ ดังนี้

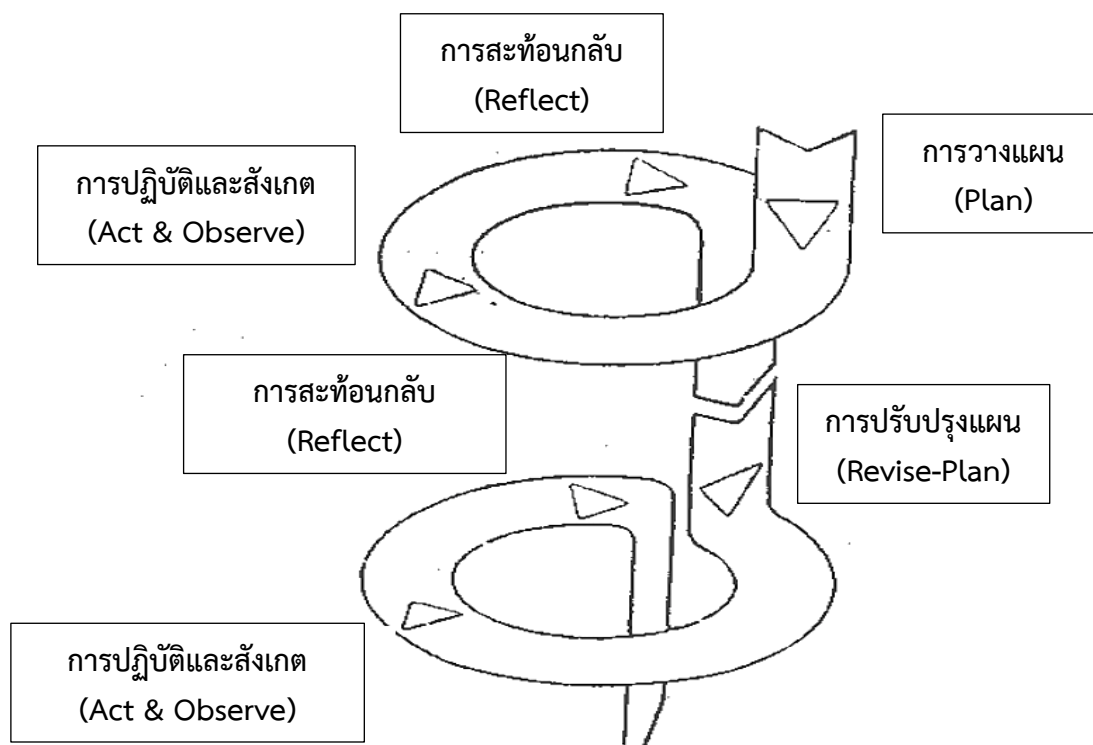
1.3.1 สร้างแบบประเมินในการสร้างและพัฒนานวัตกรรมการสิ่งประดิษฐ์เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน โดยได้นำข้อกำหนด กติกาและเกณฑ์มาตรฐานการให้คะแนนผลงานประเภทที่ 2 สิ่งประดิษฐ์ด้านการประกอบอาชีพ ประจำปี 2562 ที่ได้รับการประกาศใช้จากสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา มาปรับให้สอดคล้องกับบริบท การพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ได้เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดที่ 1 ด้านการสร้างและพัฒนานวัตกรรมการสิ่งประดิษฐ์จำนวน 5 ท่าน คือ นายเสกสันต์ บุญสุวรรณ, ดร.ชลอ พลนิล, ดร.อาคม ปาลีโล, นายกิติภพ ปานคินินทร์ และนายสมภพ สมประสงค์ พิจารณาตรวจสอบความตรง

เชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยการนำแบบประเมินการสร้างและพัฒนานวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ฉบับร่างตรวจสอบความถูกต้องและปรับปรุงแก้ไขในเบื้องต้น ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และสมมติฐานของการวิจัย รวมทั้งตรวจสอบเนื้อหาของแบบประเมินให้สามารถเป็นเครื่องมือในการวัดระดับคะแนนได้อย่างถูกต้อง

1.3.2 นำแบบประเมินที่ปรับแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดที่ 2 มีจำนวน 5 ท่าน คือ นายพูนพงศ์ สวาสดิพันธ์, นายศักดิ์รินทร์ ผิวเหลือง, นายสิทธิไชย สิงห์มหาไชย, นายวุฒิไกร ชัยนการ และธวัชชัย ลิ้มสุวรรณ โดยได้ดำเนินการตามแผนภูมิที่ 3-3 ขั้นตอนการสร้างและพัฒนานวัตกรรมเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ในวงจรที่ 1-5

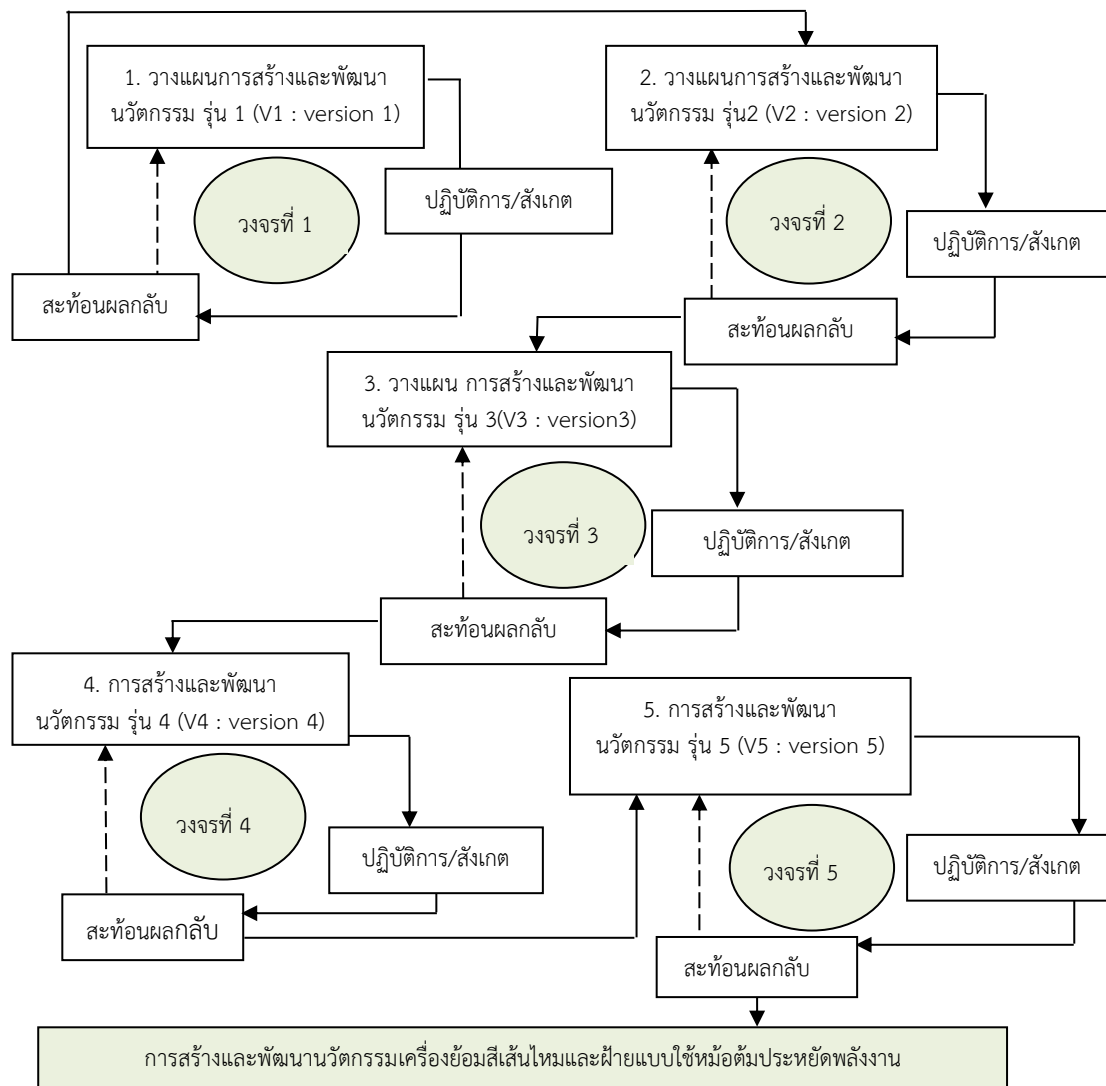
#### 1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การสร้างและพัฒนานวัตกรรม (Innovation) ได้นำผลจากการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey study) มาสร้างรูปแบบเพื่อพัฒนานวัตกรรม เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน โดยการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและพัฒนานวัตกรรมขึ้นมาใหม่ตามแนวคิดของ Kemmis and Mc Taggart (1990 : 8-9, อ้างถึงใน ธีรวุฒิ เอกะกุล, 2546 : 34 - 44) เป็นแนวทางในการการสร้างและพัฒนานวัตกรรม (Innovation) ดังแผนภูมิที่ 3-2



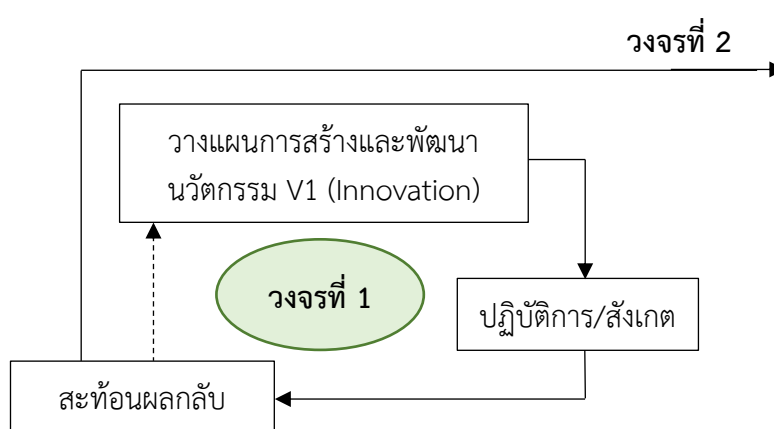
แผนภูมิที่ 3-2 แสดงรูปแบบการวิจัยปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis and Mc Taggart (ที่มา : ธีรวุฒิ เอกะกุล, 2546 : 36)

จากรูปแบบการวิจัยปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis and Mc Taggart ผู้วิจัยได้แบ่งรูปแบบในการสร้างและพัฒนาวัตกรรมการ์ย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานออกเป็น 5 วงจร สำหรับการสร้างและพัฒนาผลงาน ดังนี้คือ วงจรที่ 1 การสร้างและพัฒนาวัตกรรมการ์ย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 1 (V1 : version 1) วงจรที่ 2 การสร้างและพัฒนาวัตกรรมการ์ย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 2 (V2 : version 2) วงจรที่ 3 การสร้างและพัฒนาวัตกรรมการ์ย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 3 (V3 : version 3) วงจรที่ 4 การสร้างและพัฒนาวัตกรรมการ์ย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 4 (V4 : version 4) วงจรที่ 5 การสร้างและพัฒนาวัตกรรมการ์ย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 (V5 : version 5) ดังภาพที่ 3-3 แสดงขั้นตอนการสร้างและพัฒนาวัตกรรมการ์ย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ในแต่ละรุ่น



แผนภูมิที่ 3-3 แสดงขั้นตอนการสร้างและพัฒนาวัตกรรมการ์ย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ในวงจรที่ 1-5 (ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)

จากแผนภูมิที่ 3-3 แสดงขั้นตอนการสร้างและพัฒนานวัตกรรมเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานในแต่ละรุ่น ผู้วิจัยได้ใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ซึ่งใช้กระบวนการปฏิบัติการอย่างมีระบบ ซึ่งผู้วิจัยและผู้เกี่ยวข้องมีส่วนร่วมในการปฏิบัติและวิเคราะห์ผลการปฏิบัติจากการใช้วงจรขั้นตอน คือ การวางแผน การปฏิบัติ การสังเกต และการสะท้อนผลการปฏิบัติ การดำเนินการอย่างต่อเนื่องไปสู่การปรับแผนเข้าสู่วงจรใหม่ จนกว่าจะได้ข้อสรุปที่แก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตามวงจรของ Kemmis and Mc Taggart (1990 : 8-9, อ้างถึงใน ธีรภูมิ เอกะกุล, 2546 : 34 - 44) ดังแผนภูมิที่ 3-4 ขั้นตอนการดำเนินการสร้างนวัตกรรม วงจรที่ 1 (การสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 1 (v1))



แผนภูมิที่ 3-4 แสดงขั้นตอนการดำเนินการสร้างนวัตกรรม วงจรที่ 1  
(ที่มา : วัทัญญ บุตรศรี, 2560)

ขั้นวางแผนการสร้างและพัฒนานวัตกรรม จากแผนภูมิที่ 3-4 ขั้นตอนการดำเนินการสร้างนวัตกรรม วงจรที่ 1 ผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย มีส่วนร่วมในการปฏิบัติและวิเคราะห์ ผลการปฏิบัติจากการใช้วงจรขั้นตอน คือ การวางแผน การปฏิบัติ การสังเกต และการสะท้อนผลการปฏิบัติ มีการดำเนินการอย่างต่อเนื่อง จนได้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 1 แสดงดัง ภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 แสดงเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 1  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)

จากภาพที่ 3-5 แสดงเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 1 มีรายการจัดเตรียมวัสดุในการดำเนินการ ดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 วัสดุ อุปกรณ์ในการสร้างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 1 มี ดังนี้

ลำดับ ที่	รายการ	จำนวน	ราคาต่อ หน่วย	รวมราคา
1	แผ่นสแตนเลส SUS 304 หนา 4 มิลลิเมตร 122x244 เซนติเมตร	3 แผ่น	1,250	3,750
2	สวิตซ์ชิงเพาเวอร์ซัพพลาย ขนาด 12 โวลต์ 20 แอมแปร์	1 ตัว	750	750
3	อุปกรณ์ป้องกันทางไฟฟ้า ขนาด 20 แอมแปร์ 220 โวลต์	1 ตัว	150	150
4	สายไฟ VSF ขนาด 1x1.5 ตารางมิลลิเมตร	1 ม้วน	900	900
5	ชุดจอแสดงผลอุณหภูมิ 0-200 องศาเซลเซียส เอาท์พุท 15 แอมแปร์	1 ชุด	1,100	1,100
6	หัวแก๊สแบบแรงดันสูง พร้อมวาล์วทองเหลือง ขนาด Ø 26 ซม.	1 ชุด	1,300	1,300
7	ดอกสว่านเจาะสแตนเลส ขนาด 2.0-14 มิลลิเมตร	1 กล่อง	1,200	1,200
8	ถังแก๊ส ขนาด 16.5 กิโลกรัม พร้อมสายแก๊ส	1 ถัง	3,150	3,150
9	ล้อยางหมุนแบบล็อกได้เส้นผ่าศูนย์กลาง ขนาด 4 นิ้ว	4 ล้อ	275	1,100
10	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 12 โวลต์ 5 แอมแปร์	1 ตัว	1,200	1,200
11	แผ่นโฟมฉนวนกันความร้อน ขนาด 3 นิ้ว	1 กล่อง	2,700	2,700
12	สายไฟชนิด VCT ขนาด 2x1.5 ตารางมิลลิเมตร	1 ม้วน	1,350	1,350
13	ท่อกลมสแตนเลส SUS 304 เส้นผ่าศูนย์กลาง ขนาด 1/2 นิ้ว	4 เส้น	300	1,200
14	ชุดควบคุมความเร็วรอบแบบ PWM ขนาด 12 โวลต์ 20 แอมแปร์	2 ชุด	650	1,300
15	สายวัดอุณหภูมิชนิดเค พร้อมสายยาว 1 เมตร 0-200 องศาเซลเซียส	1 ชุด	1,500	1,500
16	เส้นไหมดิบที่ใช้ในการทดสอบกับเครื่อง แบบบั้ง 6	1 กิโลกรัม	2,350	2,350
	<b>รวมราคา</b>			<b>25,000 บาท</b>

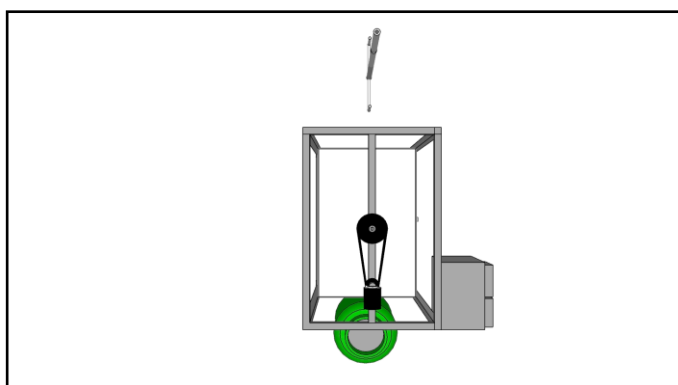
จากตารางที่ 3-4 ได้จัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ในการสร้างเครื่องดังกล่าว ผู้วิจัยได้ออกแบบสร้างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 1 ดังภาพต่อไปนี้

Front view



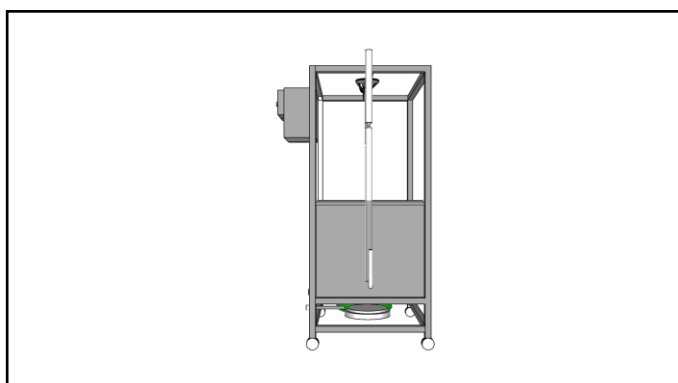
ภาพที่ 3-2 แสดงแบบร่างด้านหน้าเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานรุ่นที่ 1 (ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2560)

Top view



ภาพที่ 3-3 แสดงแบบร่างด้านบนเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานรุ่นที่ 1 (ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2560)

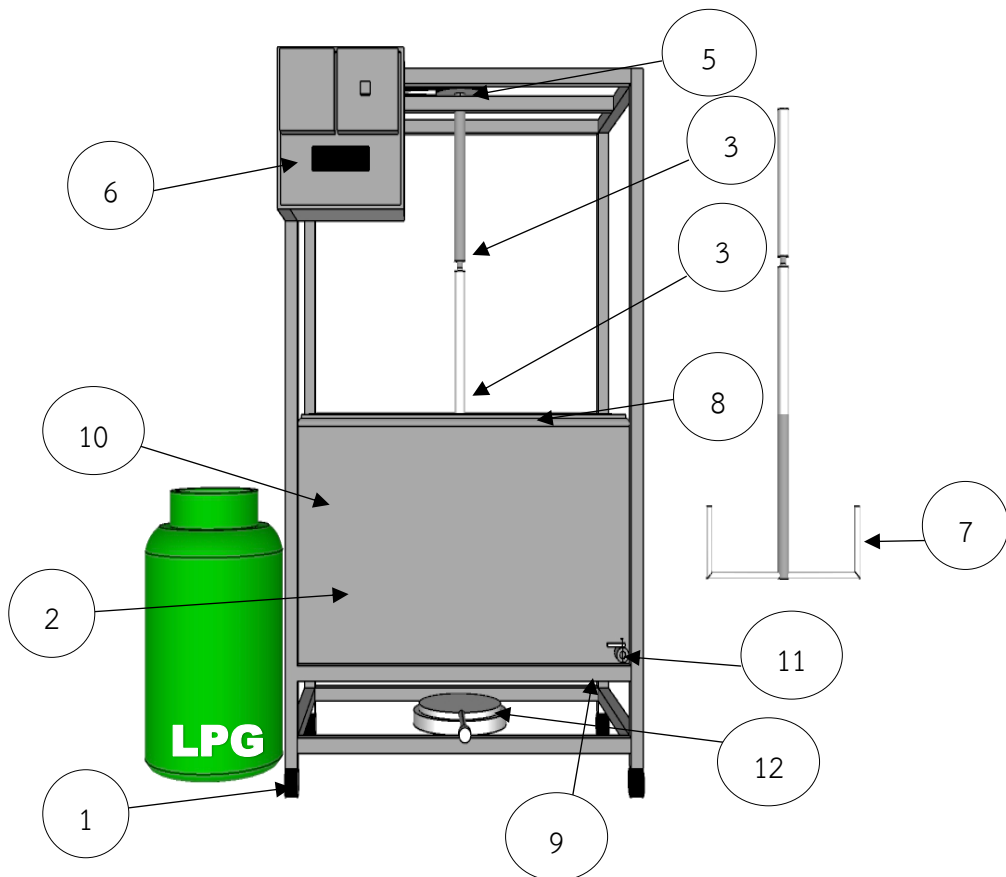
Side view



ภาพที่ 3-4 แสดงแบบร่างด้านข้างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานรุ่นที่ 1 (ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2560)

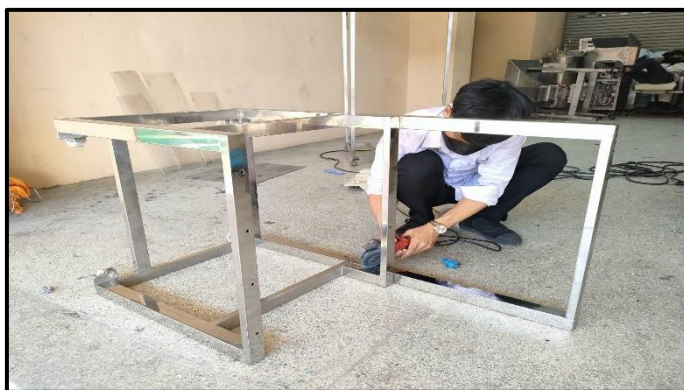
โดยเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานในรุ่นที่ 1 ที่ออกแบบไว้มีส่วนประกอบที่สำคัญ ดังนี้

- หมายเลข 1 คือ ชุดรองฐานเครื่อง
- หมายเลข 2 คือ ถังย้อมสีแบบสีเหลี่ยม
- หมายเลข 3 คือ ชุดแกนเพลลาเครื่อง
- หมายเลข 4 คือ ชุดแกนยกเส้นไหมและเส้นฝ้าย
- หมายเลข 5 คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- หมายเลข 6 คือ ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าของเครื่อง
- หมายเลข 7 คือ ชุดตะแกรงรองรับรับน้ำหนักเส้นไหม
- หมายเลข 8 คือ ฝาปิดหม้อย้อมสี
- หมายเลข 9 คือ ชุดโครงสร้างรองรับน้ำหนักเครื่องย้อมสี
- หมายเลข 10 คือ ชุดตรวจสอบอุณหภูมิ
- หมายเลข 11 คือ วาล์วระบายน้ำจากการย้อมสี
- หมายเลข 12 คือ ที่วางหัวแก๊สแรงดันสูง



ภาพที่ 3-5 แสดงแบบร่างด้านข้างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานรุ่นที่ 1 (ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2560)

**ขั้นการปฏิบัติ การสังเกต** จากภาพที่ 3-5 แสดงแบบร่างและส่วนประกอบเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานนำไปสู่การสร้างและพัฒนาเครื่องในรุ่นที่ 1 โดยภายในตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าได้ทำการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันทางไฟฟ้าขนาด 10 A และได้ทำการติดตั้งสวิตช์ควบคุมที่บริเวณด้านหน้าของตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าของเครื่อง นอกจากนี้ภายในตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าของเครื่องยังประกอบด้วยหน้าจอแสดงผลอุณหภูมิ ชุดปรับควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ในการยกเส้นไหมตามความเร็วรอบของผู้ใช้งานได้ โดยมีภาพประกอบในการสร้างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 1 ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 3-6 แสดงการประกอบโครงสร้างเครื่อง  
(ที่มา : วัทัญญ บุตรศรี, 2560)



ภาพที่ 3-7 แสดงการประกอบโครงสร้างเครื่อง และชุดฐานรองเครื่อง  
(ที่มา : วัทัญญ บุตรศรี, 2560)





ภาพที่ 3-8 แสดงการประกอบถังรูปทรงสี่เหลี่ยม สำหรับทำเป็นหม้อต้มย้อมสี  
(ที่มา : วัทัญญ บุตรศรี, 2560)



ภาพที่ 3-9 แสดงฝาปิดหม้อย้อมสีแบบสี่เหลี่ยมและที่จับบริเวณด้านข้าง  
(ที่มา : วัทัญญ บุตรศรี, 2560)



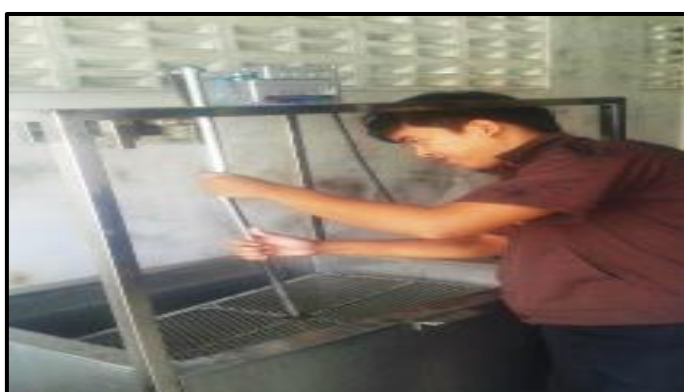
ภาพที่ 3-10 แสดงการติดตั้งท่อระบายน้ำทิ้งของเครื่อง  
(ที่มา : วัทัญญ บุตรศรี, 2560)



ภาพที่ 3-11 แสดงการติดตั้งหม้อย้อมสีแบบสี่เหลี่ยมเข้ากับชุดโครงสร้างเครื่อง  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)



ภาพที่ 3-12 แสดงการติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 12 โวลต์ เพื่อเป็นกำลังที่ช่วยยกตะแกรงเส้นไหม  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)



ภาพที่ 3-13 แสดงการประกอบชุดตะแกรงใส่เส้นไหมเข้ากับแกนเพลลาเครื่อง  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)



ภาพที่ 3-14 แสดงการประกอบชุดแกนเพลลาเครื่อง  
(ที่มา : วัทัญญ บุตรศรี, 2560)



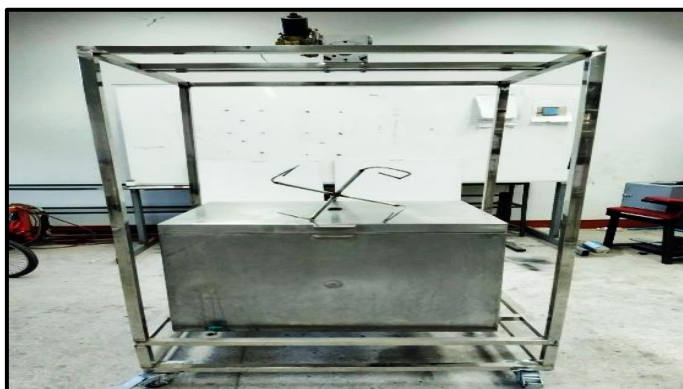
ภาพที่ 3-15 แสดงการติดตั้งตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าในการทำงานของเครื่อง  
(ที่มา : วัทัญญ บุตรศรี, 2560)



ภาพที่ 3-16 แสดงการติดตั้งฉนวนกันความร้อนรอบหม้อย้อมสี  
(ที่มา : วัทัญญ บุตรศรี, 2560)



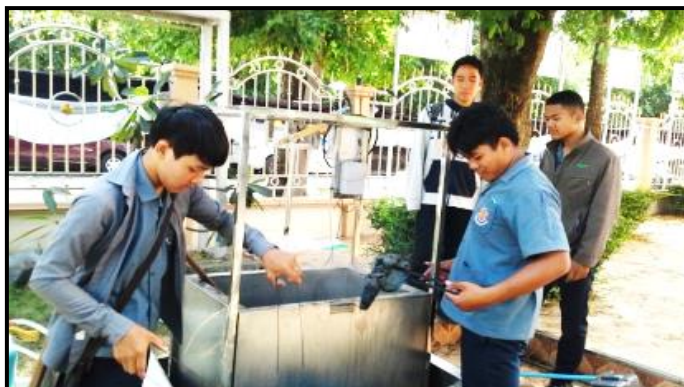
ภาพที่ 3-17 แสดงการทดสอบชุดควบคุมระบบไฟฟ้า  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)



ภาพที่ 3-18 แสดงเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานในรุ่นที่ 1  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)



ภาพที่ 3-19 แสดงการเตรียมเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้าย ฯ รุ่นที่ 1 เพื่อจะนำไปทดสอบใช้งานจริง  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)

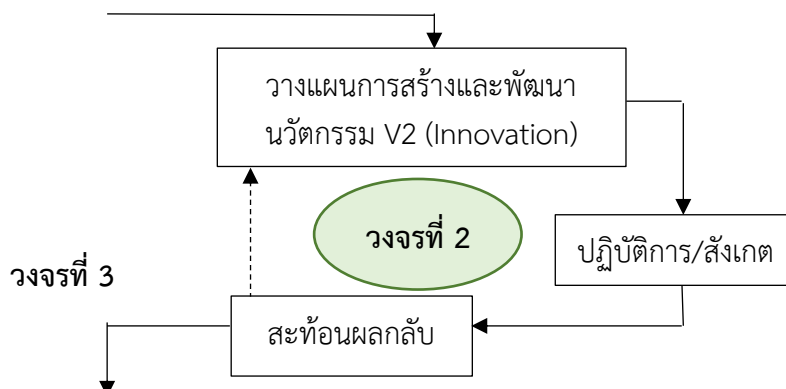


ภาพที่ 3-20 แสดงการนำเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้าย ฯ รุ่นที่ 1 ไปทดสอบใช้งานจริง  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)



ภาพที่ 3-21 แสดงการนำเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้าย ฯ รุ่นที่ 1 ไปทดสอบใช้งานจริง  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)

**การสะท้อนผลการปฏิบัติ** จากการสร้างและพัฒนานวัตกรรมเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน วงจรที่ 1 ที่ผ่านมา ผู้วิจัยได้ใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ซึ่งใช้กระบวนการปฏิบัติการอย่างมีระบบ ผู้วิจัยและผู้เกี่ยวข้องมีส่วนร่วมในการปฏิบัติและวิเคราะห์ ผลการปฏิบัติและการสะท้อนผลการปฏิบัติ การดำเนินการอย่างต่อเนื่องไปสู่การปรับแผนเข้าสู่วงจรใหม่ จนกว่าจะได้ข้อสรุปที่แก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพตามวงจรของ Kemmis and Mc Taggart (1990 : 8-9, อ้างถึงใน ธีรวุฒิ เอกะกุล, 2546 : 34 – 44) ดังแผนภูมิที่ 3-5 แสดงขั้นตอนการดำเนินการสร้างนวัตกรรม วงจรที่ 2 การสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 2



แผนภูมิที่ 3-5 แสดงขั้นตอนการดำเนินการสร้างนวัตกรรม วงจรที่ 2  
(ที่มา : วาญญู บุตรศรี, 2560)

ขั้นวางแผนการสร้างและพัฒนา นวัตกรรม จากแผนภูมิที่ 3-5 แสดงขั้นตอนการดำเนินการสร้างนวัตกรรม ในวงจรที่ 2 ผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย มีส่วนร่วมในการปฏิบัติและวิเคราะห์ ผลการปฏิบัติจากการใช้วงจรขั้นตอน คือ การวางแผน การปฏิบัติ การสังเกต และการสะท้อนผลการปฏิบัติ มีการดำเนินการอย่างต่อเนื่อง จนได้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 2 แสดงดังภาพที่ 3-22



ภาพที่ 3-22 แสดงเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 2  
(ที่มา : วาญญู บุตรศรี, 2560)

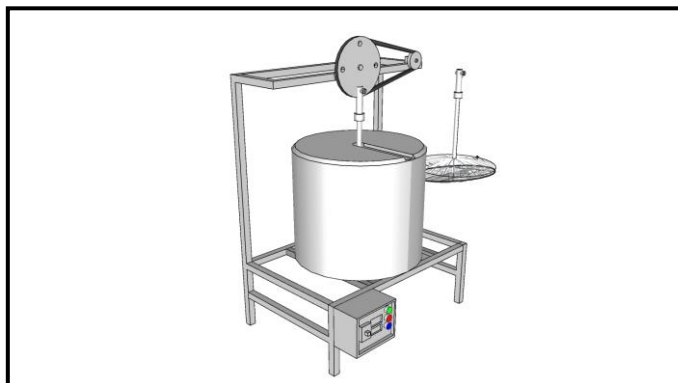
จากภาพที่ 3-22 แสดงเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานรุ่นที่ 2 มีรายการจัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ในการดำเนินการ ดังตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 วัสดุ อุปกรณ์ในการสร้างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 2 มีดังนี้

ลำดับ ที่	รายการ	จำนวน	ราคาต่อ หน่วย	รวมราคา
1	แผ่นสแตนเลส SUS 304 หนา 4 มิลลิเมตร 122×244 เซนติเมตร	3 แผ่น	1,250	3,750
2	สวิตซ์ชิงเพาเวอร์ซัพพลาย ขนาด 12 โวลต์ 20 แอมแปร์	1 ตัว	750	750
3	อุปกรณ์ป้องกันทางไฟฟ้า ขนาด 20 แอมแปร์ 220 โวลต์	1 ตัว	150	150
4	สายไฟ VSF ขนาด 1×1.5 ตารางมิลลิเมตร	1 ม้วน	900	900
5	ชุดจอแสดงผลอุณหภูมิ 0-200 องศาเซลเซียส เอาท์พุท 15 แอมแปร์	1 ชุด	1,100	1,100
6	ดอกสว่านเจาะสแตนเลส ขนาด 2.0-14 มิลลิเมตร	1 กล่อง	1,200	1,200
7	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 12 โวลต์ 5 แอมแปร์	2 ตัว	1,200	2,400
8	แผ่นโฟมฉนวนกันความร้อน ขนาด 3 นิ้ว	1 กล่อง	2,700	2,700
9	สายไฟชนิด VCT ขนาด 2×1.5 ตารางมิลลิเมตร	1 ม้วน	1,350	1,350
10	ท่อกลมสแตนเลส SUS 304 เส้นผ่าศูนย์กลาง ขนาด 1/2 นิ้ว	4 เส้น	300	1,200
11	ชุดควบคุมความเร็วรอบแบบ PWM ขนาด 12 โวลต์ 20 แอมแปร์	2 ชุด	650	1,300
12	สายวัดอุณหภูมิชนิดเค พร้อมสายยาว 1 เมตร 0-200 องศาเซลเซียส	2 ชุด	1,500	3,000
13	ฮีตเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 3,500 วัตต์ แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ 15 แอมแปร์	1 ชุด	3,485	3,485
14	สแตนเลสกล่องขนาด 1X2 นิ้ว ยาว 90 เซนติเมตร หนา 1.2 มิลลิเมตร	3 เส้น	455	1,365
15	เส้นไหมดิบที่ใช้ในการทดสอบกับเครื่อง แบบรัง 6	1 กิโลกรัม	2,350	2,350
16	เส้นฝ้ายเส้นมือสีขาว เบอร์ 10	5 กิโลกรัม	400	2,000
	รวมราคา			29,000 บาท

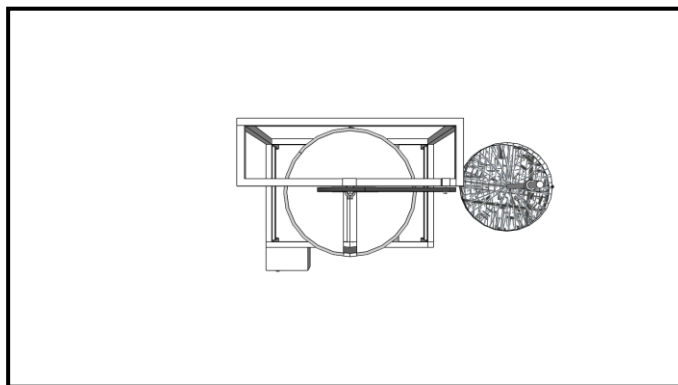
จากตารางที่ 3-5 เป็นการเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ในการสร้างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 2 ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ในรุ่นที่ 2 ดังต่อไปนี้

Front view



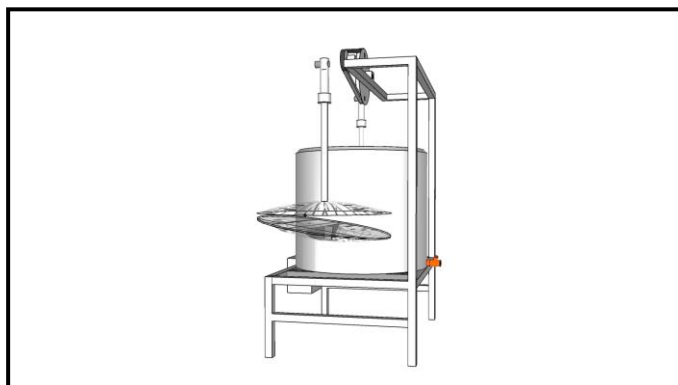
ภาพที่ 3-23 แสดงแบบร่างด้านหน้าเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้าย  
แบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานรุ่นที่ 1 (ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)

Top view



ภาพที่ 3-24 แสดงแบบร่างด้านบนเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้าย  
แบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานรุ่นที่ 1 (ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)

Side view



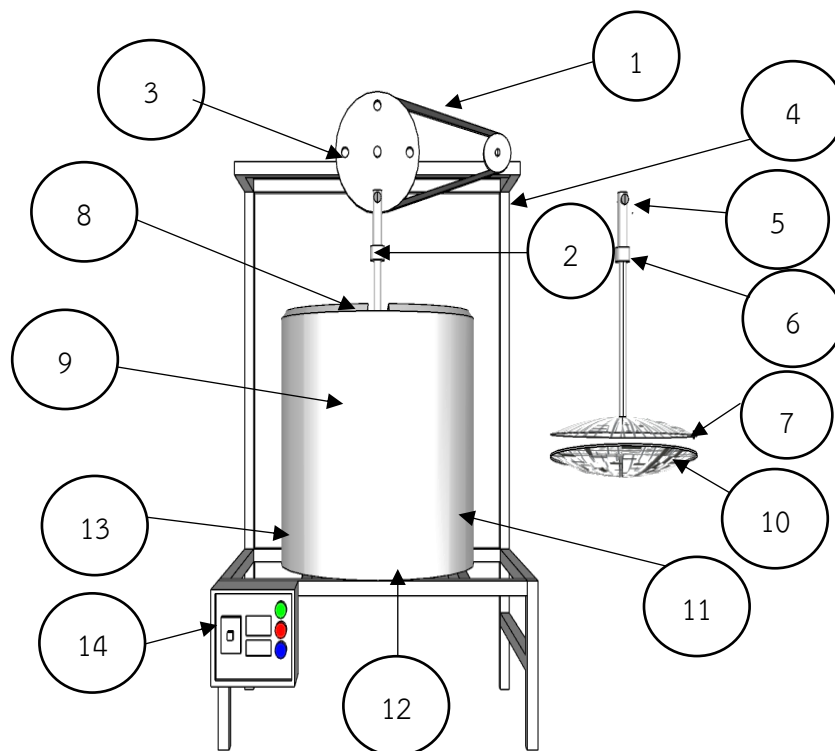
ภาพที่ 3-25 แสดงแบบร่างด้านข้างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้าย  
แบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานรุ่นที่ 1 (ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)



โดยเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 2 ที่ออกแบบไว้มีส่วนประกอบที่สำคัญ ดังนี้

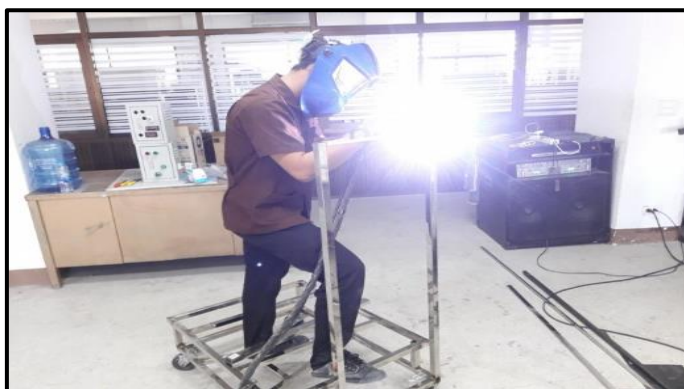
- หมายเลข 1 คือ โข่ช่วยส่งกำลัง
- หมายเลข 2 คือ แกนเพลลาช่วยส่งกำลัง
- หมายเลข 3 คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 โวลต์
- หมายเลข 4 คือ โครงเครื่องใช้รองรับระบบส่งกำลัง
- หมายเลข 5 คือ ชุดแกนยกเส้นไหม
- หมายเลข 6 คือ ข้อต่อช่วยส่งกำลัง
- หมายเลข 7 คือ ก้านรับน้ำหนักรองรับเส้นไหม
- หมายเลข 8 คือ ฝาปิดหม้อย้อมสี
- หมายเลข 9 คือ หม้อย้อมสีทำจากสแตนเลส
- หมายเลข 10 คือ ตะแกรงรองรับเส้นไหม
- หมายเลข 11 คือ ชุดตรวจสอบอุณหภูมิ
- หมายเลข 12 คือ วาล์วระบายน้ำจากการย้อมสี
- หมายเลข 13 คือ ฮีตเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3,500 วัตต์
- หมายเลข 14 คือ ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าของเครื่อง

ส่วนประกอบของเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 2



ภาพที่ 3-26 แสดงแบบร่างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 2  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)

**ขั้นการปฏิบัติ การสังเกต** จากภาพที่ 3-26 แสดงแบบร่างและส่วนประกอบเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 2 ซึ่งเป็นการออกแบบในการให้ความร้อนโดยใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3,000 วัตต์ โดยภายในตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าได้ทำการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันทางไฟฟ้า และได้ทำการติดตั้งสวิตช์ควบคุมที่บริเวณด้านหน้าของผู้ควบคุมระบบไฟฟ้าของเครื่อง นอกจากนี้ภายในตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าของเครื่องยังติดตั้งหน้าจอแสดงผลอุณหภูมิ ขณะที่เครื่องทำงาน และได้ทำการติดตั้งชุดปรับควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ในการยกเส้นไหมตามความเร็วรอบของผู้ใช้งานได้ โดยมีภาพประกอบในการสร้างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ในรุ่นที่ 2 ดังนี้



ภาพที่ 3-27 แสดงการเชื่อมและประกอบโครงสร้างของเครื่องในรุ่นที่ 2  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)



ภาพที่ 3-28 แสดงการประกอบโครงสร้างด้านบนของเครื่องในรุ่นที่ 2  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)



ภาพที่ 3-29 แสดงการเชื่อมและประกอบหม้อย้อมสีของเครื่องในรุ่นที่ 2  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)



ภาพที่ 3-30 แสดงการติดตั้งไส้ฉนวนกันความร้อนรอบหม้อย้อมสี  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)



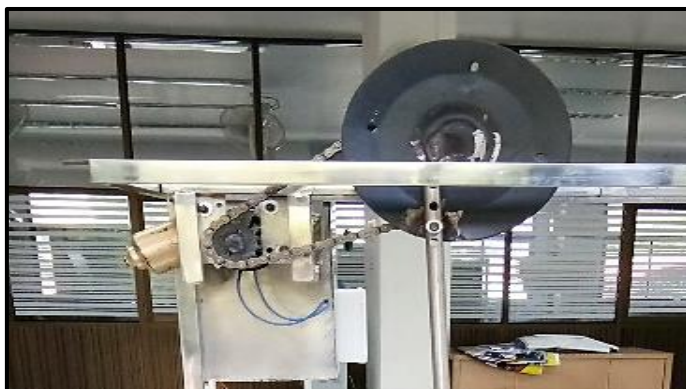
ภาพที่ 3-31 แสดงการติดตั้งไส้ฉนวนกันความร้อนรอบหม้อย้อมสี และใช้ไม้กดลงให้แน่น  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)



ภาพที่ 3-32 แสดงการติดตั้งระบบโซ่ช่วยส่งกำลังชุดแกนยกเส้นไหมเข้ากับโครงสร้างของเครื่อง  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)



ภาพที่ 3-33 แสดงการติดตั้งและทดสอบระบบช่วยส่งกำลังชุดแกนยกเส้นไหม  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)



ภาพที่ 3-34 แสดงการประกอบติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 โวลต์  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)



ภาพที่ 3-35 แสดงการประกอบและติดตั้งโซ่ช่วยส่งกำลังเข้ากับแกนเพลาคู่มือ  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)



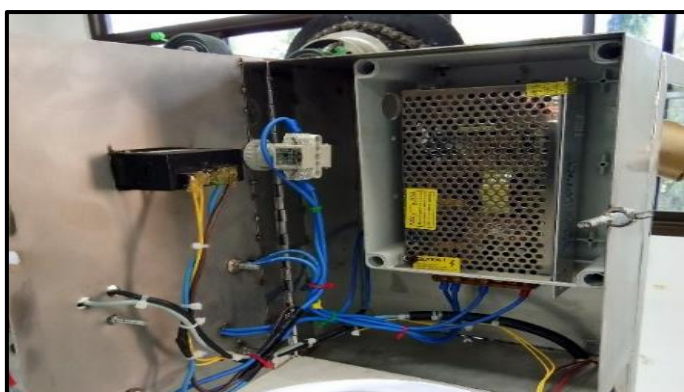
ภาพที่ 3-36 แสดงการประกอบและติดตั้งระบบช่วยส่งกำลังของชุดแกนยกเส้นไหม  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)



ภาพที่ 3-37 แสดงการประกอบและติดตั้งข้อต่อช่วยส่งกำลังของชุดแกนยกเส้นไหม  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)



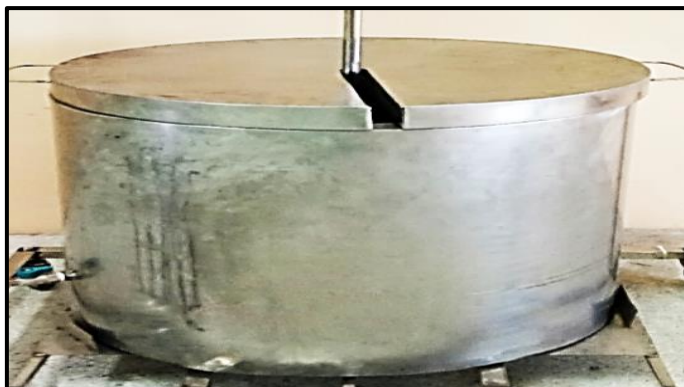
ภาพที่ 3-38 แสดงการประกอบและติดตั้งการเจาะปรับระดับของชุดแกนยกเส้นไหมเข้ากับแกนเพลลา  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)



ภาพที่ 3-39 แสดงการทดสอบตู้ควบคุมไฟฟ้าเข้ากับโครงสร้างของเครื่อง  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)



ภาพที่ 3-40 แสดงการทดสอบระบบส่งกำลังชุดแกนยกเส้นไหม  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)



ภาพที่ 3-41 แสดงการประกอบหม้อย้อมสีเข้ากับชุดโครงสร้างของเครื่อง  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)



ภาพที่ 3-42 แสดงการทดสอบชุดแกนยกเส้นไหม  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)



ภาพที่ 3-43 แสดงการติดตั้งตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าของเครื่อง  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)



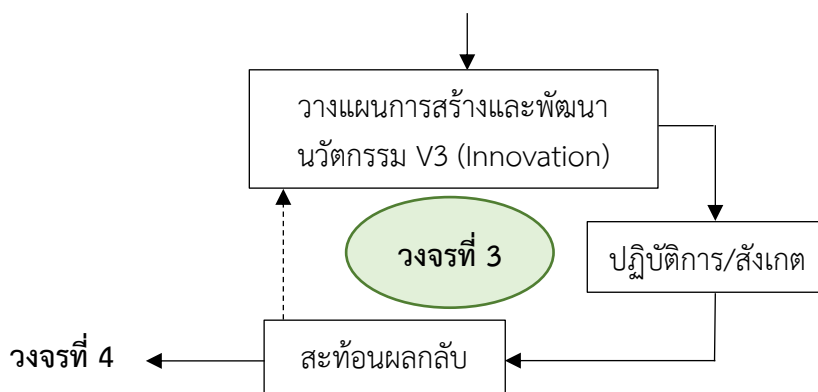
ภาพที่ 3-44 แสดงการทดสอบระบบในการทำงานของเครื่องโดยนำไปย้อมสีเส้นไหม  
(ที่มา : วัทัญญ บุตรศรี, 2560)



ภาพที่ 3-45 แสดงเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 2  
(ที่มา : วัทัญญ บุตรศรี, 2560)

**การสะท้อนผลการปฏิบัติ** จากการสร้างและพัฒนา นวัตกรรมเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน วงจรที่ 2 ที่ผ่านมาผู้วิจัยได้ใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ซึ่งใช้กระบวนการปฏิบัติการอย่างมีระบบ ผู้วิจัยและผู้เกี่ยวข้องได้มีส่วนร่วมในการปฏิบัติและวิเคราะห์ ผลการปฏิบัติจากการใช้วงจรขั้นตอน คือ การวางแผน การปฏิบัติ การสังเกต และการสะท้อนผลการปฏิบัติ การดำเนินการอย่างต่อเนื่องไปสู่การปรับเปลี่ยนเข้าสู่วงจรใหม่ จนกว่าจะได้ข้อสรุปที่แก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตามวงจรของ Kemmis and Mc Taggart (1990 : 8-9, อ้างถึงใน อีรุฒติ เอกะกุล, 2546 : 34 - 44) ดังแผนภูมิที่ 3-6 ขั้นตอนการดำเนินการสร้างนวัตกรรมวงจรที่ 3 การสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานรุ่น 2





แผนภูมิที่ 3-6 แสดงขั้นตอนการดำเนินการสร้างนวัตกรรม วงจรถูก 3  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)

ขั้นวางแผนการสร้างและพัฒนา นวัตกรรม จากแผนภูมิที่ 3-6 แสดงขั้นตอนการดำเนินการสร้างนวัตกรรม ในวงจรถูก 3 ผู้มีส่วนร่วมในการปฏิบัติและวิเคราะห์ ผลการปฏิบัติจากการใช้วงจรถูก 3 ขั้นตอน คือ การวางแผน การปฏิบัติ การสังเกต และการสะท้อนผลการปฏิบัติ มีการดำเนินการอย่างต่อเนื่อง จนได้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 3 แสดงดังภาพที่ 3-46



ภาพที่ 3-46 แสดงเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 3  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)

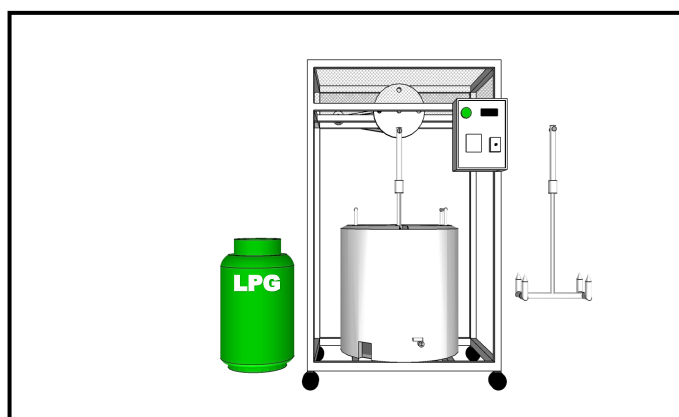
จากภาพที่ 3-46 แสดงเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 3 มีรายการจัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ ดังตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-6 วัสดุ อุปกรณ์ในการสร้างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 3 มี ดังนี้

ลำดับ ที่	รายการ	จำนวน	ราคาต่อ หน่วย	รวมราคา
1	แผ่นสแตนเลส SUS 304 หนา 4 มิลลิเมตร 122x244 เซนติเมตร	5 แผ่น	1,250	6,250
2	สวิตซ์ชิงเพาเวอร์ซัพพลาย ขนาด 12 โวลต์ 20 แอมแปร์	1 ตัว	750	750
3	อุปกรณ์ป้องกันทางไฟฟ้า ขนาด 20 แอมแปร์ 220 โวลต์	1 ตัว	150	150
4	สายไฟ VSF ขนาด 1x1.5 ตารางมิลลิเมตร	1 ม้วน	900	900
5	ชุดจอแสดงผลอุณหภูมิ 0-200 องศาเซลเซียส เอาท์พุท 15 แอมแปร์	1 ชุด	1,100	1,100
6	หัวแก๊สแบบแรงดันสูง พร้อมวาล์วทองเหลือง ขนาด Ø 26 เซนติเมตร	1 ชุด	1,300	1,300
7	ดอกสว่านเจาะสแตนเลส ขนาด 2.0-14 มิลลิเมตร	1 กล่อง	1,200	1,200
8	ถังแก๊ส ขนาด 16.5 กิโลกรัม พร้อมสายแก๊ส	1 ถัง	3,150	3,150
9	ล้อยางหมุนแบบล็อกได้เส้นผ่าศูนย์กลาง ขนาด 4 นิ้ว	4 ล้อ	205	820
10	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 24 โวลต์ 8 แอมแปร์	1 ตัว	1,200	1,200
11	แผ่นโพนฉนวนกันความร้อน ขนาด 3 นิ้ว	1 กล่อง	2,700	2,700
12	สายไฟชนิด VCT ขนาด 2x1.5 ตารางมิลลิเมตร	1 ม้วน	1,200	1,200
13	ท่อกลมสแตนเลส SUS 304 เส้นผ่าศูนย์กลาง ขนาด 1/2 นิ้ว	4 เส้น	407.50	1,630
14	ชุดควบคุมความเร็วรอบแบบ PWM ขนาด 24 โวลต์ 20 แอมแปร์	1 ชุด	800	800
15	สายวัดอุณหภูมิชนิดเค พร้อมสายยาว 1 เมตร 0-200 องศาเซลเซียส	1 ชุด	1,500	1,500
16	เส้นไหมดิบที่ใช้ในการทดสอบกับเครื่อง แบบรัง 6	1 กิโลกรัม	2,350	2,350
<b>รวมราคา</b>				<b>27,000 บาท</b>

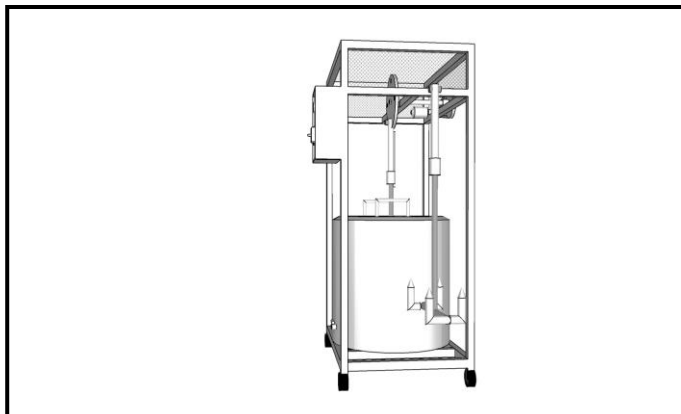
จากตารางการเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ดังกล่าว ผู้วิจัยได้ออกแบบสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 3 ดังนี้

Front View



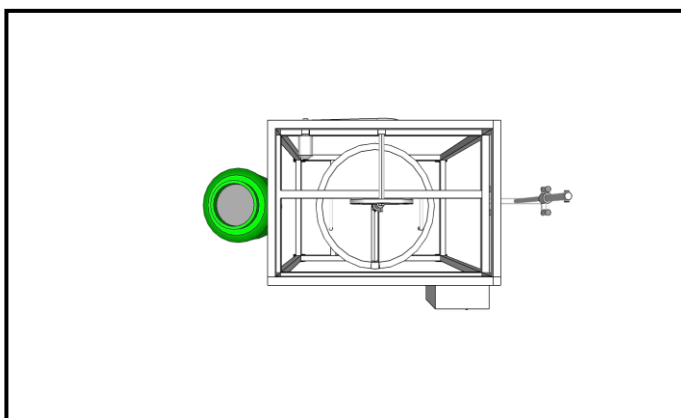
ภาพที่ 3-47 แสดงแบบร่างด้านหน้าของเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 3 (ที่มา : วทิญญ บุตรศรี, 2561)

Side View

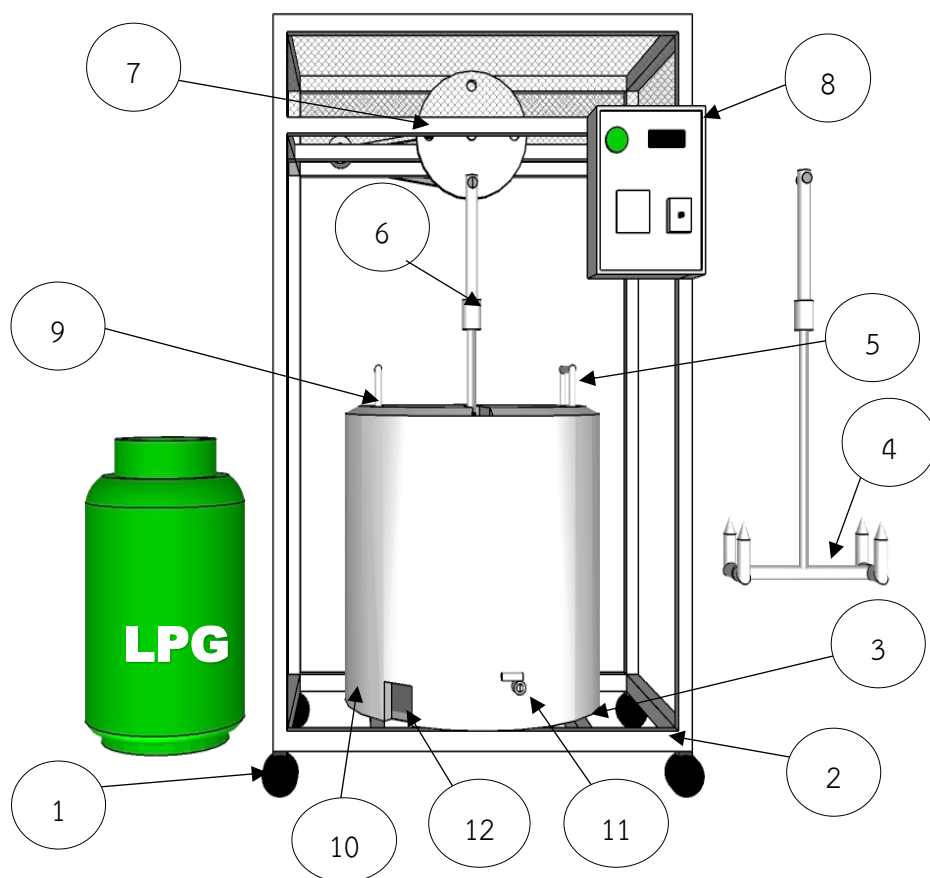


ภาพที่ 3-48 แสดงแบบร่างด้านข้างของเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้าย  
แบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 3 (ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)

Top View



ภาพที่ 3-49 แสดงแบบร่างด้านบนของเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้าย  
แบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 3 (ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-50 แสดงแบบร่างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 3 ที่ได้ดำเนินการสร้างและพัฒนา (ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)

โดยเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 3 ที่ออกแบบไว้มีส่วนประกอบที่สำคัญ ดังนี้

- หมายเลข 1 ล้อรองฐานเครื่อง
- หมายเลข 2 ชุดโครงสร้างรองรับหม้อย้อมสี
- หมายเลข 3 ที่รองหม้อย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย
- หมายเลข 4 ตะแกรงรองรับเส้นไหม
- หมายเลข 5 ที่จับฝาหม้อย้อมสี
- หมายเลข 6 ข้อต่อช่วยส่งกำลัง
- หมายเลข 7 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 24 โวลต์
- หมายเลข 8 ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าของเครื่อง
- หมายเลข 9 ฝาหม้อย้อมสี
- หมายเลข 10 ชุดตรวจสอบอุณหภูมิ
- หมายเลข 11 วาล์วระบายน้ำจากการย้อมสี
- หมายเลข 12 ช่องระบายอากาศ

**ขั้นการปฏิบัติ การสังเกต** จากภาพที่ 3-50 แสดงแบบร่างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 3 โดยในการสร้างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 3 มีภาพประกอบในการสร้าง ดังนี้



ภาพที่ 3-51 แสดงการเชื่อมและประกอบหม้อย้อมสี  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-52 แสดงการประกอบขึ้นรูปและขัดฝาหม้อย้อมสี  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-53 แสดงการขัดหม้อย้อมสี เพื่อที่จะเตรียมประกอบเข้ากับชุดโครงสร้างเครื่อง  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-54 แสดงการติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้าและระบบส่งกำลังชุดแกนยกเส้นไหม  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)



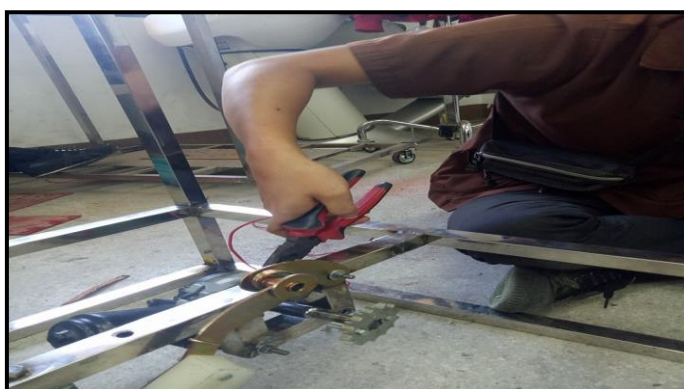
ภาพที่ 3-55 แสดงการติดตั้งตะแกรงครอบชุดระบบส่งกำลังเข้ากับโครงสร้างเครื่อง  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-56 แสดงการติดตั้งตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าเข้ากับโครงสร้างของเครื่อง  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-57 แสดงการประกอบหม้อย้อมสีเข้ากับโครงสร้างเครื่อง  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-58 แสดงการประกอบชุดแกนยกเส้นไหมและเส้นฝ้าย  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-59 แสดงการเชื่อมประกอบระบบชุดโซ่ส่งกำลังเข้ากับแกนเพลลาของมอเตอร์ไฟฟ้า  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)

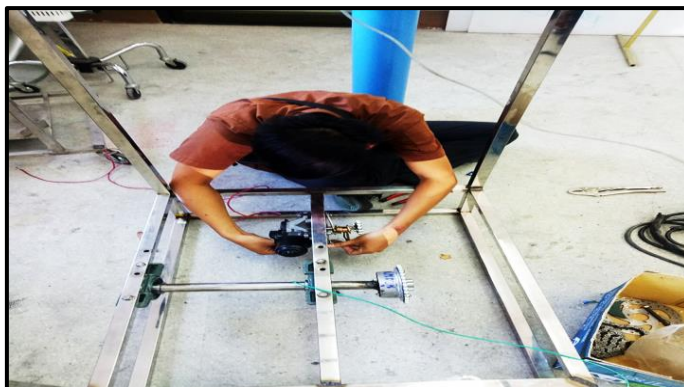


ภาพที่ 3-60 แสดงการติดตั้งงานเพลลาส่งกำลังเข้ากับชุดแกนยกเส้นไหม  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-61 แสดงการประกอบฝาปิดหม้อย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)





ภาพที่ 3-62 แสดงการติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้าและเฟลาส่งกำลังเพื่อใช้ในการช่วยยกเส้นไหมแทนมือชาวบ้าน (ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-63 แสดงโครงสร้างของชุดเฟลาส่งกำลังเพื่อใช้ในการช่วยยกเส้นไหมแทนมือชาวบ้าน (ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-64 แสดงการติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้าและเฟลาส่งกำลังเพื่อใช้ในการช่วยยกเส้นไหมแทนมือชาวบ้าน (ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-65 แสดงการประกอบหม้อย้อมสีเข้ากับโครงสร้างเครื่อง  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)



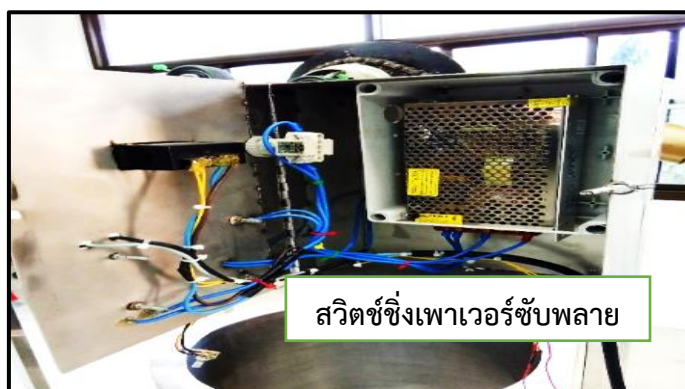
ภาพที่ 3-66 แสดงด้านข้างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายในรุ่นที่ 3  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)



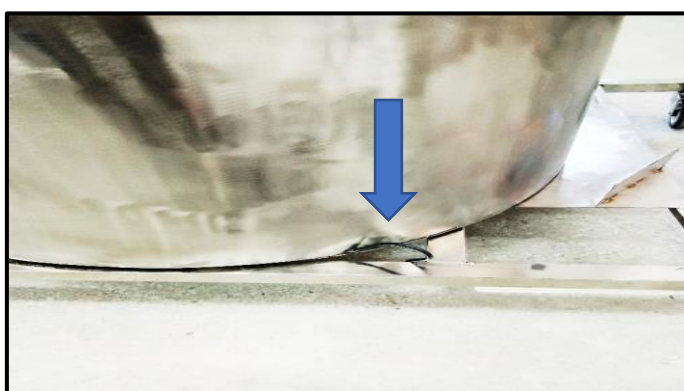
ภาพที่ 3-67 แสดงชุดต้นกำลังประกอบเข้ากับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง  
ขนาด 24 โวลต์ (ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-68 แสดงอุปกรณ์ควบคุมหน้าตู้ควบคุมไฟฟ้า  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-69 แสดงอุปกรณ์ควบคุมภายในตู้ควบคุมไฟฟ้าและสวิตช์ซึ่งเพาเวอร์ซัพพลาย  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-70 แสดงการติดตั้งสายวัดอุณหภูมิบริเวณด้านล่างของหม้อย้อมสี  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-71 แสดงการทดสอบเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายในรุ่นที่ 3  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-72 แสดงการทดสอบใส่เส้นไหมประกอบเข้ากับชุดแกนยกเส้นไหม  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-73 แสดงการทดสอบใส่เส้นฝ้ายประกอบเข้ากับชุดแกนยกเส้นไหม  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-74 แสดงหน้าจอแสดงผลและตู้ควบคุมไฟฟ้าขณะเครื่องทำงาน  
(ที่มา : วัทัญญ บุตศรี, 2561)

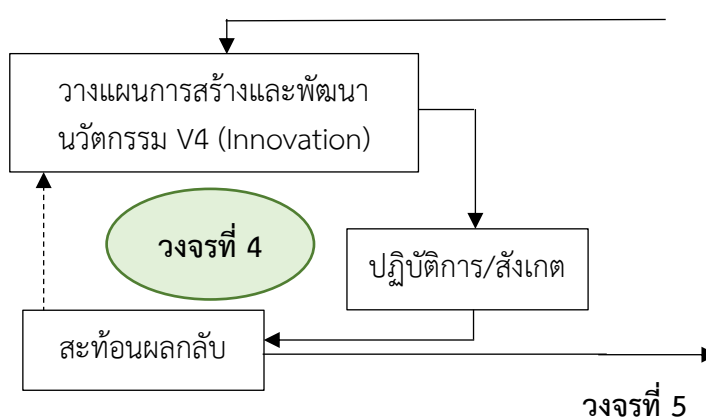


ภาพที่ 3-75 แสดงเส้นฝ้ายที่ได้จากการทดสอบ  
(ที่มา : วัทัญญ บุตศรี, 2561)



ภาพที่ 3-76 แสดงเส้นไหมที่ได้จากการทดสอบ  
(ที่มา : วัทัญญ บุตศรี, 2561)

**การสะท้อนผลการปฏิบัติ** จากการสร้างและพัฒนา นวัตกรรมเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน วงจรที่ 3 ที่ผ่านมา ผู้วิจัยได้ใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ซึ่งใช้กระบวนการปฏิบัติอย่างมีระบบ ผู้วิจัยและผู้เกี่ยวข้องมีส่วนร่วมในการปฏิบัติและวิเคราะห์ ผลการปฏิบัติจากการใช้วงจรขั้นตอน คือ การวางแผน การปฏิบัติ การสังเกต และการสะท้อนผลการปฏิบัติ การดำเนินการอย่างต่อเนื่องไปสู่การปรับแผนเข้าสู่วงจรใหม่จนกว่าจะได้ข้อสรุปที่แก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตามวงจรของ Kemmis and Mc Taggart (1990 : 8-9, อ้างถึงใน ธีรวุฒิ เอกะกุล, 2546 : 34 – 44) ดังแผนภูมิที่ 3-7 ขั้นตอนการดำเนินการสร้างนวัตกรรม วงจรที่ 4 การสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน วงจรที่ 4



แผนภูมิที่ 3-7 แสดงขั้นตอนการดำเนินการสร้างนวัตกรรม วงจรที่ 4  
(ที่มา : วัทัญญ บุตรศรี, 2560)

**ขั้นวางแผนการสร้างและพัฒนา นวัตกรรม** จากแผนภูมิที่ 3-7 แสดงขั้นตอนการดำเนินการสร้างนวัตกรรม ในวงจรที่ 4 ผู้มีส่วนร่วมในการปฏิบัติและวิเคราะห์ ผลการปฏิบัติจากการใช้วงจรขั้นตอน คือ การวางแผน การปฏิบัติ การสังเกต และการสะท้อนผลการปฏิบัติ มีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องจนได้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 4 แสดงดังภาพที่ 3-77



ภาพที่ 3-77 แสดงเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 4  
(ที่มา : วัทัญญ บุตรศรี, 2561)

จากภาพที่ 3-77 แสดงเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 4 มีรายการจัดเตรียมวัสดุในการดำเนินการดังตารางที่ 3-7

ตารางที่ 3-7 วัสดุ อุปกรณ์ในการสร้างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 4 มีรายละเอียด ดังนี้

ลำดับ ที่	รายการ	จำนวน	ราคาต่อ หน่วย	รวมราคา
1	แผ่นสแตนเลส SUS 304 หนา 4 มิลลิเมตร 122x244 เซนติเมตร	3 แผ่น	1,250	3,750
2	สวิตซ์ชิงเพาเวอร์ซัพพลาย ขนาด 12 โวลต์ 20 แอมแปร์	1 ตัว	750	750
3	อุปกรณ์ป้องกันทางไฟฟ้า ขนาด 15 แอมแปร์ 220 โวลต์	1 ตัว	150	150
4	สายไฟ VSF ขนาด 1x1.5 ตารางมิลลิเมตร	1 ม้วน	900	900
5	ชุดจอแสดงผลอุณหภูมิ 0-200 องศาเซลเซียส เอาร์ทพุท 15 แอมแปร์	1 ชุด	1,100	1,100
6	หัวแก๊สแบบแรงดันสูง พร้อมวาล์วทองเหลือง ขนาด $\varnothing$ 26 เซนติเมตร	1 ชุด	1,600	1,600
7	ดอกสว่านเจาะสแตนเลส ขนาด 2.0-14 มิลลิเมตร	1 ก่อ่ง	1,200	1,200
8	ถังแก๊ส ขนาด 16.5 กิโลกรัม พร้อมสายแก๊ส	1 ถัง	3,150	3,150
9	ล้อขบวนแบบบล็อกได้เส้นผ่าศูนย์กลาง ขนาด 4 นิ้ว	4 ล้อ	205	820
10	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 24 โวลต์ 8 แอมแปร์	2 ตัว	1,200	2,400
11	แผ่นโฟมฉนวนกันความร้อน ขนาด 3 นิ้ว	1 ก่อ่ง	2,700	2,700
12	สายไฟชนิด VCT ขนาด 2x1.5 ตารางมิลลิเมตร	1 ม้วน	1,350	1,350
13	ท่อกลมสแตนเลส SUS 304 เส้นผ่าศูนย์กลาง ขนาด 1/2 นิ้ว	4 เส้น	345	1,380
14	ชุดควบคุมความเร็วรอบแบบ PWM ขนาด 24 โวลต์ 20 แอมแปร์	2 ชุด	800	1,600
15	สายวัดอุณหภูมิชนิดเค พร้อมสายยาว 1 เมตร 0-200 องศาเซลเซียส	1 ชุด	1,500	1,500
16	เส้นไหมดิบที่ใช้ในการทดสอบกับเครื่อง แบบรัง 6	1 ชุด	2,350	2,350
17	ตู้ควบคุมไฟฟ้าเบอร์ศูนย์	1 ตู้	300	300
	รวมราคา			27,000 บาท

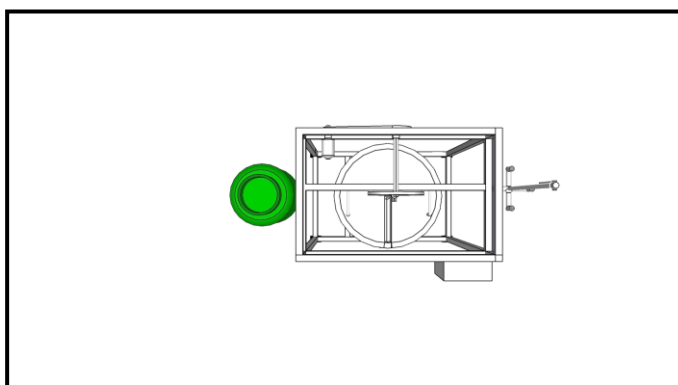
ขั้นการปฏิบัติ การสังเกต จากภาพที่ 3-77 แสดงเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 4 โดยมีภาพประกอบในการสร้าง ดังนี้

Front view



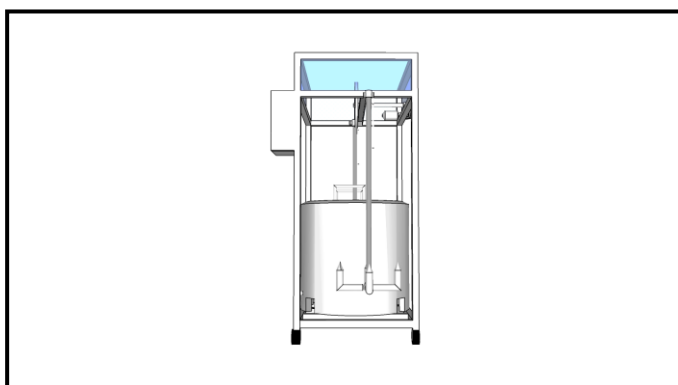
ภาพที่ 3-78 แสดงแบบร่างด้านหน้าเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานรุ่นที่ 4 (ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2561)

Top view



ภาพที่ 3-79 แสดงแบบร่างด้านบนเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานรุ่นที่ 4 (ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2561)

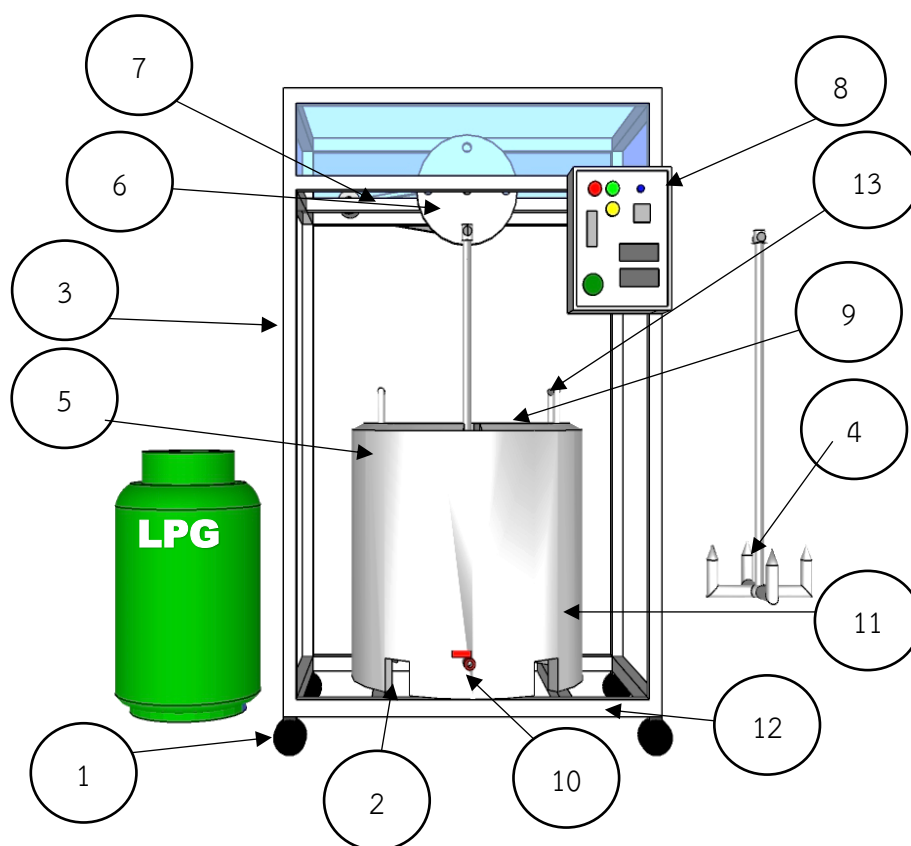
Side view



ภาพที่ 3-80 แสดงแบบร่างด้านข้างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานรุ่นที่ 4 (ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2561)



ส่วนประกอบของเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 4



ภาพที่ 3-81 แสดงแบบร่างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 4 (ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)

โดยเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 4 ที่ออกแบบไว้มี ส่วนประกอบที่สำคัญ ดังนี้

- หมายเลข 1 ล้อรองฐานเครื่อง
- หมายเลข 2 ชุดโครงสร้างรองรับหม้อย้อมสี
- หมายเลข 3 ชุดโครงสร้างเครื่อง
- หมายเลข 4 ตะขอรองรับเส้นไหม
- หมายเลข 5 หม้อย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย
- หมายเลข 6 ข้อต่อช่วยส่งกำลัง
- หมายเลข 7 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 24 โวลต์
- หมายเลข 8 ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าของเครื่อง
- หมายเลข 9 ฝาปิดหม้อย้อมสี
- หมายเลข 10 วาล์วระบายน้ำทิ้งจากการย้อมสี
- หมายเลข 11 ชุดตรวจสอบอุณหภูมิ

หมายเลข 12 ช่องระบายอากาศ

หมายเลข 13 ที่จับฝาหม้อย้อมสี

ตารางที่ 3-8 วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 4 มี ดังนี้

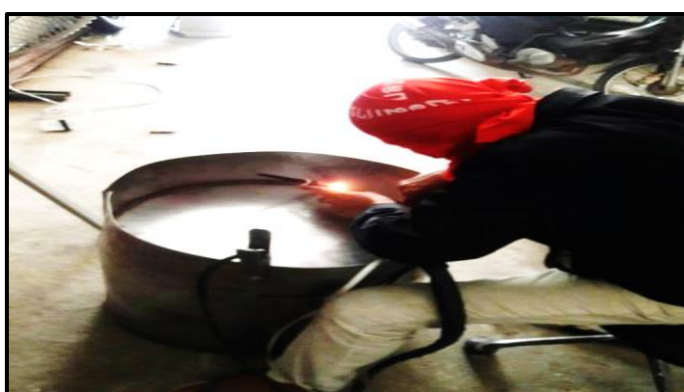
ลำดับ ที่	รายการ	จำนวน	ราคาต่อ หน่วย	รวมราคา
1	แผ่นสแตนเลส SUS 304 หนา 4 มิลลิเมตร 122×244 เซนติเมตร	3 แผ่น	1,250	3,750
2	สวิตซ์ชิงเพาเวอร์ซัพพลาย ขนาด 12 โวลต์ 20 แอมแปร์	1 ตัว	750	750
3	อุปกรณ์ป้องกันทางไฟฟ้า ขนาด 15 แอมแปร์ 220 โวลต์	1 ตัว	150	150
4	สายไฟ VSF ขนาด 1×1.5 ตารางมิลลิเมตร	1 ม้วน	900	900
5	ชุดจอแสดงผลอุณหภูมิ 0-200 องศาเซลเซียส เอาท์พุท 15 แอมแปร์	1 ชุด	1,100	1,100
6	หัวแก๊สแบบแรงดันสูง พร้อมวาล์วทองเหลือง ขนาด Ø 26 เซนติเมตร	1 ชุด	1,600	1,600
7	ดอกสว่านเจาะสแตนเลส ขนาด 2.0-14 มิลลิเมตร	1 กล่อง	1,200	1,200
8	ถังแก๊ส ขนาด 16.5 กิโลกรัม พร้อมสายแก๊ส	1 ถัง	3,150	3,150
9	ล้อยางหมุนแบบล็อกได้เส้นผ่าศูนย์กลาง ขนาด 4 นิ้ว	4 ล้อ	205	820
10	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 24 โวลต์ 8 แอมแปร์	2 ตัว	1,200	2,400
11	แผ่นโพนฉนวนกันความร้อน ขนาด 3 นิ้ว	1 กล่อง	2,700	2,700
12	สายไฟชนิด VCT ขนาด 2×1.5 ตารางมิลลิเมตร	1 ม้วน	1,350	1,350
13	ท่อกลมสแตนเลส SUS 304 เส้นผ่าศูนย์กลาง ขนาด 1/2 นิ้ว	4 เส้น	345	1,380
14	ชุดควบคุมความเร็วรอบแบบ PWM ขนาด 24 โวลต์ 20 แอมแปร์	2 ชุด	800	1,600
15	สายวัดอุณหภูมิชนิดเค พร้อมสายยาว 1 เมตร 0-200 องศาเซลเซียส	1 ชุด	1,500	1,500
16	เส้นไหมดิบที่ใช้ในการทดสอบกับเครื่อง แบบรัง 6	1 ชุด	2,350	2,350
17	ตู้ควบคุมไฟฟ้าเบอร์ศูนย์	1 ตู้	300	300
	<b>รวมราคา</b>			<b>27,000 บาท</b>



ภาพที่ 3-82 แสดงการเชื่อมและประกอบหม้อย้อมสีชั้นในและชั้นนอก  
(ที่มา : วัทัญญ บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-83 แสดงการตัดแผ่นสแตนเลสเพื่อจัดทำฝาปิดหม้อย้อมสี  
(ที่มา : วัทัญญ บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-84 แสดงการเชื่อมฝาปิดใต้หม้อย้อมสี  
(ที่มา : วัทัญญ บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-85 แสดงการใส่ฉนวนกันความร้อนรอบหม้อย้อมสี  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-86 แสดงการใส่ฉนวนกันความร้อนรอบหม้อย้อมสี  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-87 แสดงการเชื่อมประกอบใต้หม้อย้อมสี  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-88 แสดงการเชื่อมประกอบระบบโครงสร้างเครื่อง  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2561)



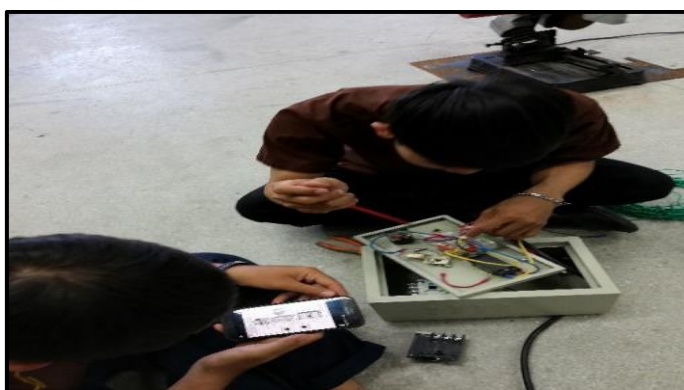
ภาพที่ 3-89 แสดงการประกอบโครงสร้างเครื่อง  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-90 แสดงฉนวนกันความร้อนและหม้อแก๊ส  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-91 แสดงการติดตั้งท่อระบายน้ำทิ้งของเครื่อง  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-92 แสดงการติดตั้งชุดควบคุมระบบไฟฟ้า  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-93 แสดงการประกอบโครงสร้างเครื่องและทดสอบระบบการทำงาน  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-94 แสดงการทดสอบระบบการทำงานของชุดแกนยกเส้นไหม  
(ที่มา : วัทัญญ บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-95 แสดงชุดแกนยกเส้นไหม  
(ที่มา : วัทัญญ บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-96 แสดงด้านหน้าตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าของเครื่อง  
(ที่มา : วัทัญญ บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-97 แสดงด้านหน้าของตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าของเครื่องในรุ่นที่ 4  
(ที่มา : วทิญญ บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-98 แสดงการทดสอบระบบของชุดแกนยกเส้นไหม  
(ที่มา : วทิญญ บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-99 แสดงอุปกรณ์ภายในตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าของเครื่อง  
(ที่มา : วทิญญ บุตรศรี, 2561)





ภาพที่ 3-100 แสดงด้านหลังเครื่องต้มสีเส้นไหมและฝ้ายในรุ่นที่ 4  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-101 แสดงด้านหน้าเครื่องต้มสีเส้นไหมและฝ้ายในรุ่นที่ 4  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-102 แสดงการทดสอบระบบการทำงานของเครื่องต้มสีเส้นไหมและฝ้ายในรุ่นที่ 4  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-103 แสดงการทดสอบระบบในการทำงานของเครื่องข้อมสีเส้นไหมและฝ้าย  
แบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 4 (ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-104 แสดงตัวแทนชุมชนบ้านคำขวางได้นำเครื่องข้อมสีเส้นไหมและฝ้าย  
แบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 4 ไปใช้งานจริง (ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-105 แสดงตัวแทนชุมชนบ้านคำขวางได้นำเครื่องข้อมสีเส้นไหมและฝ้าย  
แบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 4 ไปใช้งานจริง (ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-106 แสดงผู้ใช้งานจริงกำลังให้คำแนะนำเพื่อพัฒนาและการปรับปรุงเครื่อง  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-107 แสดงตัวแทนชุมชนทดลองใช้งานปรับชุดควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-108 แสดงตัวแทนบ้านคำขวางได้ทดสอบการใช้งานจริง  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-109 แสดงวิธีการสาธิตการนำเส้นไหมใส่เข้ากับชุดแกนยกเส้นไหม  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-110 แสดงตัวแทนชุมชนบ้านคำขวางกำลังทดสอบประกอบชุดแกนยกเส้นไหม  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-111 แสดงตัวแทนชุมชนบ้านคำขวางกำลังทดลองใส่เส้นไหมเข้ากับแกนยกเส้นไหม  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-112 แสดงตัวแทนชุมชนบ้านคำขวางกำลังประกอบชุดแกนยกเส้นไหม  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-113 แสดงตัวแทนชุมชนบ้านคำขวางได้ให้คำแนะนำในการพัฒนาเครื่อง  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-114 แสดงตัวแทนชุมชนบ้านคำขวางทดลองปรับระยะของชุดแกนยกเส้นไหม  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-115 แสดงตัวแทนชุมชนบ้านคำขวาง  
ได้ทดลองใช้งานจริงก่อนการส่งมอบเครื่อง (ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)

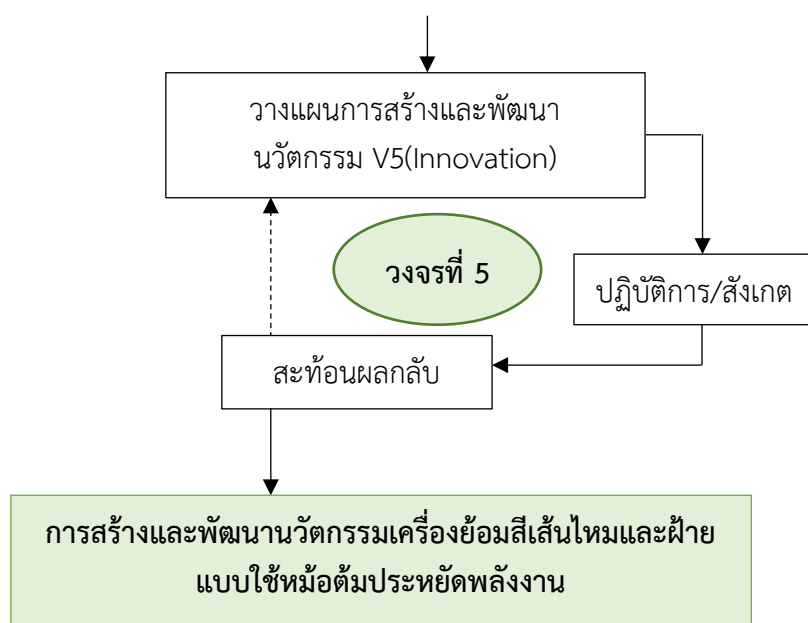


ภาพที่ 3-116 แสดงเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 4  
ที่ได้ส่งมอบให้กับชุมชนบ้านโนนสำราญ (ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)



ภาพที่ 3-117 แสดงการได้ส่งมอบเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายในรุ่นที่ 4 ให้กับชุมชน โดยได้รับทุน  
สนับสนุนการวิจัยจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.)  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)

**การสะท้อนผลการปฏิบัติ** จากการสร้างและพัฒนานวัตกรรมเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน วงจรที่ 4 ที่ผ่านมา ผู้วิจัยได้ใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ซึ่งใช้กระบวนการปฏิบัติการอย่างมีระบบ ผู้วิจัยและผู้เกี่ยวข้องมีส่วนร่วมในการปฏิบัติและวิเคราะห์ ผลการปฏิบัติจากการใช้วงจรขั้นตอน คือ การวางแผน การปฏิบัติ การสังเกต และการสะท้อนผลการปฏิบัติ การดำเนินการอย่างต่อเนื่องไปสู่การปรับเปลี่ยนเข้าสู่วงจรใหม่จนกว่าจะได้ข้อสรุปที่แก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตามวงจรของ Kemmis and Mc Taggart (1990 : 8-9, อ้างถึงใน ธีรวุฒิ เอกะกุล, 2546 : 34 - 44) ดังแผนภูมิที่ 3-8 ขั้นตอนการดำเนินการสร้างนวัตกรรม วงจรที่ 5 การสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5



แผนภูมิที่ 3-8 แสดงขั้นตอนการดำเนินการสร้างนวัตกรรม วงจรที่ 5  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)

**ขั้นวางแผนการสร้างและพัฒนานวัตกรรม** จากแผนภูมิที่ 3-8 แสดงขั้นตอนการดำเนินการสร้างนวัตกรรม ในวงจรที่ 5 ผู้มีส่วนร่วมในการปฏิบัติและวิเคราะห์ ผลการปฏิบัติจากการใช้วงจรขั้นตอน คือ การวางแผน การปฏิบัติ การสังเกต และการสะท้อนผลการปฏิบัติ มีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องจนได้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 แสดงดังภาพที่ 3-118



ภาพที่ 3-118 แสดงเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2562)



จากภาพที่ 3-118 แสดงเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 มีรายการจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ในการดำเนินการดังตารางที่ 3-8

ตารางที่ 3-9 วัสดุ อุปกรณ์ในการสร้างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 มีรายละเอียด ดังนี้

ลำดับ ที่	รายการ	จำนวน	ราคา ต่อ หน่วย	รวมราคา
1	แผ่นสแตนเลส SUS 304 หนา 4 มิลลิเมตร 122x244 เซนติเมตร	4 แผ่น	1,250	5,000
2	สวิตซ์ชิงเงาเวอร์ซิปหลาย ขนาด 24 โวลต์ 20 แอมแปร์	1 ตัว	1,200	1,200
3	อุปกรณ์ป้องกันทางไฟฟ้า ขนาด 20 แอมแปร์ 220 โวลต์	1 ตัว	150	150
4	สายไฟ VSF ขนาด 1x1.5 ตารางมิลลิเมตร	1 ม้วน	900	900
5	ชุดจอแสดงผลอุณหภูมิ 0-200 องศาเซลเซียส เอาท์พุท 15 แอมแปร์	1 ชุด	1,100	1,100
6	หัวแก๊สแบบแรงดันสูง พร้อมวาล์วทองเหลือง ขนาด Ø 26 เซนติเมตร	1 ชุด	1,300	1,300
7	ดอกสว่านเจาะสแตนเลส ขนาด 2.0-14 มิลลิเมตร	1 กล่อง	1,200	1,200
8	ถังแก๊ส ขนาด 16.5 กิโลกรัม พร้อมสายแก๊ส	1 ถัง	3,150	3,150
9	ล้อยางหมุนแบบล็อกได้เส้นผ่าศูนย์กลาง ขนาด 4 นิ้ว	4 ล้อ	205	820
10	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 24 โวลต์ 8 แอมแปร์	2 ตัว	1,200	2,400
11	แผ่นโฟมฉนวนกันความร้อน ขนาด 3 นิ้ว	1 กล่อง	2,700	2,700
12	สายไฟชนิด VCT ขนาด 2x1.5 ตารางมิลลิเมตร	1 ม้วน	1,350	1,350
13	ท่อกลมสแตนเลส SUS 304 เส้นผ่าศูนย์กลาง ขนาด 1/2 นิ้ว	2 เส้น	300	600
14	ชุดควบคุมความเร็วรอบแบบ PWM ขนาด 24 โวลต์ 20 แอมแปร์	1 ชุด	800	800
15	สายวัดอุณหภูมิชนิดเค พร้อมสายยาว 1 เมตร 0-200 องศาเซลเซียส	1 ชุด	1,500	1,500
16	ชุดป้องกันแก๊สรั่ว CG Gas Detector 8.0 x 8.0 x 12.50 เซนติเมตร	1 ชุด	2,350	2,350
17	เส้นฝ้ายเข็นมือสีขาว เบอร์ 10	2 กก.	450	900
18	ตู้เหล็กควบคุมไฟฟ้าเบอร์ 0 ขนาด 250x350x150 มิลลิเมตร	1 ตู้	450	450
19	ชุดควบคุมอุณหภูมิ ระบบแก๊ส 1 หัวเตา ใช้กับไฟฟ้าขนาด 220 โวลต์	1 ชุด	2,700	2,700
20	หลอดไฟแสดงการทำงานแบบชั้น 24 โวลต์ ขนาด 7x3.2x29 เซนติเมตร	1 ชุด	950	950
21	ลูกล้อโพลียูรีเทนบังคับทิศทางแกนยกเส้นไหม ขนาด 4 นิ้ว	4 ล้อ	85	340
22	มุเลย์ขนาด 4 นิ้ว ร่องเดี่ยว ขนาดรูเพลลา 1/2 นิ้ว	2 ตัว	250	500
23	ชุดแกนยกเส้นไหม ขนาดรูเพลลา 1/2 นิ้ว	1 ชุด	1,350	1,350
24	เส้นไหมดิบที่ใช้ในการทดสอบกับเครื่อง แบบรัง 4	1/2 กิโลกรัม	1,290	1,290
<b>รวมราคา</b>				<b>35,000 บาท</b>

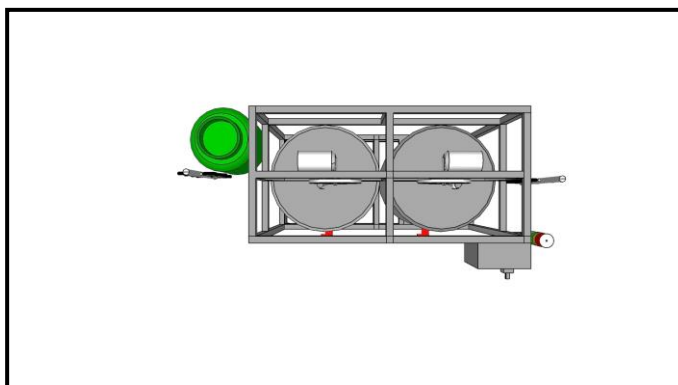
จากตารางที่ 3-9 เป็นการจัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 ตามแบบร่าง ดังต่อไปนี้

Front view



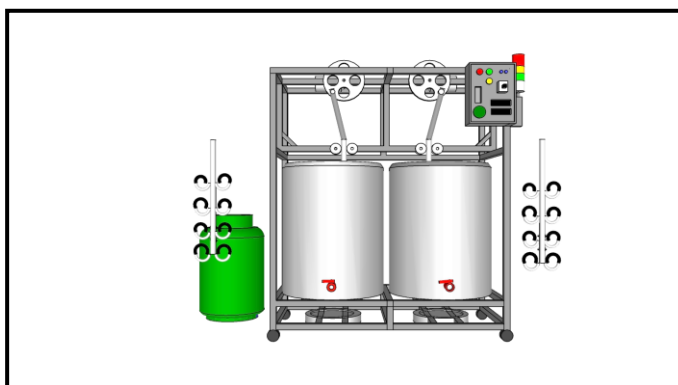
ภาพที่ 3-119 แสดงแบบร่างด้านข้างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้าย  
แบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานรุ่นที่ 5 (ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2562)

Top view



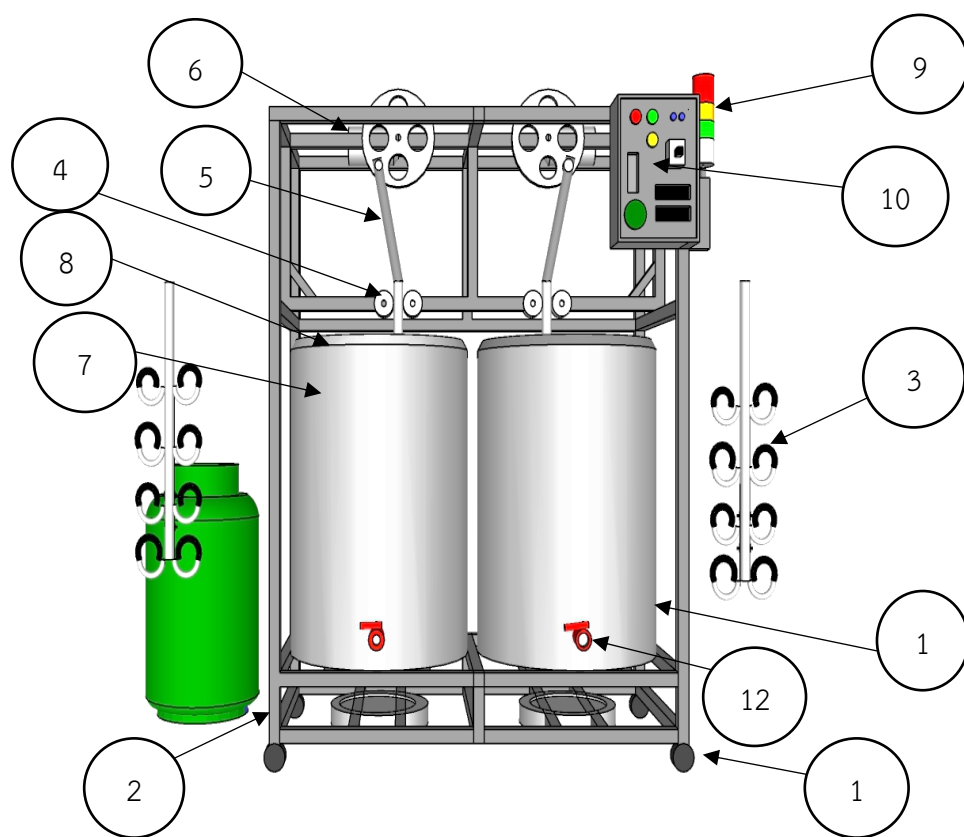
ภาพที่ 3-120 แสดงแบบร่างด้านบนเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้าย  
แบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานรุ่นที่ 5 (ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2562)

Side view



ภาพที่ 3-121 แสดงแบบร่างด้านหน้าเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้าย  
แบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานรุ่นที่ 5 (ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2562)

ส่วนประกอบของเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5



ภาพที่ 3-122 แสดงแบบร่างที่แยกชิ้นส่วนของเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 (ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2562)

โดยเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 ที่ออกแบบไว้มี ส่วนประกอบที่สำคัญ ดังนี้

- หมายเลข 1 ล้อรองฐานเครื่อง
- หมายเลข 2 ชุดโครงสร้างเครื่องรองรับหม้อย้อมสี
- หมายเลข 3 ชุดใส่เส้นไหมและเส้นฝ้าย
- หมายเลข 4 ล้อประคองช่วยยกแกนใส่เส้นไหม
- หมายเลข 5 ชุดแกนยกเส้นไหม
- หมายเลข 6 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 24 โวลต์
- หมายเลข 7 หม้อย้อมสี
- หมายเลข 8 ฝาปิดหม้อย้อมสี
- หมายเลข 9 หลอดไฟแสดงสัญญาณแบบขึ้น
- หมายเลข 10 ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า
- หมายเลข 11 สายตรวจสอบอุณหภูมิ
- หมายเลข 12 วาล์วระบายน้ำทิ้ง

โดยเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 ที่ได้ดำเนินการสร้างและพัฒนามีส่วนประกอบที่สำคัญ ดังนี้

**ขั้นการปฏิบัติ การสังเกต** จากภาพที่ 3-122 แสดงส่วนประกอบของเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการออกแบบสร้างและพัฒนาเครื่อง โดยมีภาพประกอบในการสร้างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3-123 แสดงการเชื่อมประกอบและขึ้นรูปฝาปิดเครื่อง  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2562)



ภาพที่ 3-124 แสดงการเชื่อมประกอบเพื่อจัดทำหม้อย้อมสี  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2562)



ภาพที่ 3-125 แสดงการตัดแผ่นสแตนเลสเพื่อจัดทำฝามือย้อมสี  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2562)



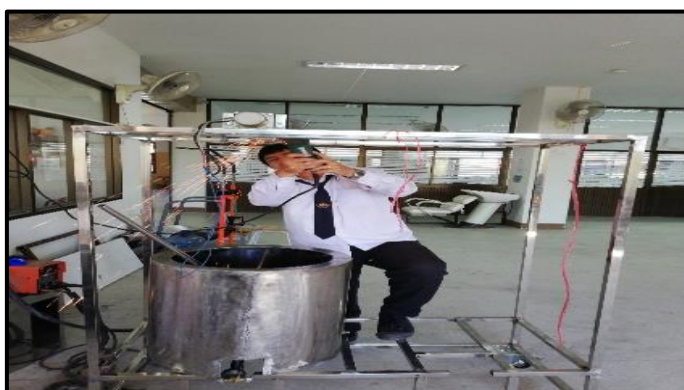
ภาพที่ 3-126 แสดงการติดตั้งพูลเลย์ส่งกำลัง  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2562)



ภาพที่ 3-127 แสดงโครงสร้างของหม้อย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2562)



ภาพที่ 3-128 แสดงการตัดแผ่นสแตนเลสเพื่อจัดทำฝามือย้อมสี  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2562)



ภาพที่ 3-129 แสดงการประกอบมอเตอร์ไฟฟ้าเข้ากับชุดเพลาส่งกำลัง  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2562)



ภาพที่ 3-130 แสดงการติดตั้งชุดเพลาส่งกำลังเข้ากับมอเตอร์เกียร์ขนาดแรงดันไฟฟ้า 24 โวลต์  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2562)



ภาพที่ 3-131 แสดงการทดสอบชุดเพลาส่งกำลังเข้ากับมอเตอร์เกียร์ขนาดแรงดันไฟฟ้า 24 โวลต์  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2562)



ภาพที่ 3-132 แสดงการทดสอบชุดเพลาส่งกำลังเข้ากับมอเตอร์เกียร์ขนาดแรงดันไฟฟ้า 24 โวลต์  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2562)



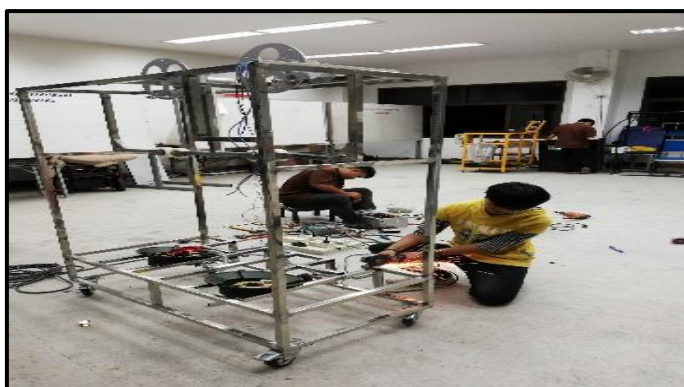
ภาพที่ 3-133 แสดงการเชื่อมประกอบเพื่อจัดทำชุดแกนยกเส้นไหม  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2562)



ภาพที่ 3-134 แสดงตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าที่ติดตั้งเข้ากับโครงสร้างเครื่อง  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2562)

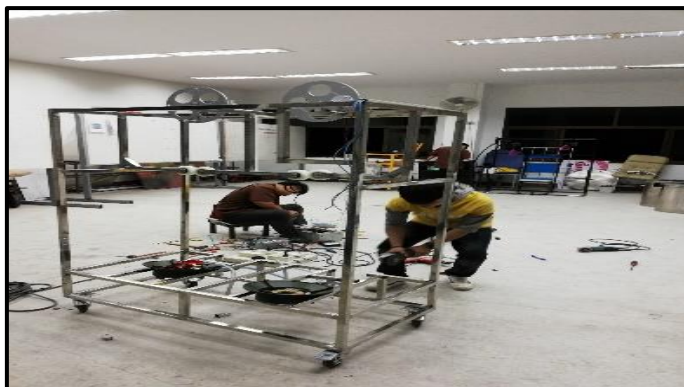


ภาพที่ 3-135 แสดงการประกอบตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2562)

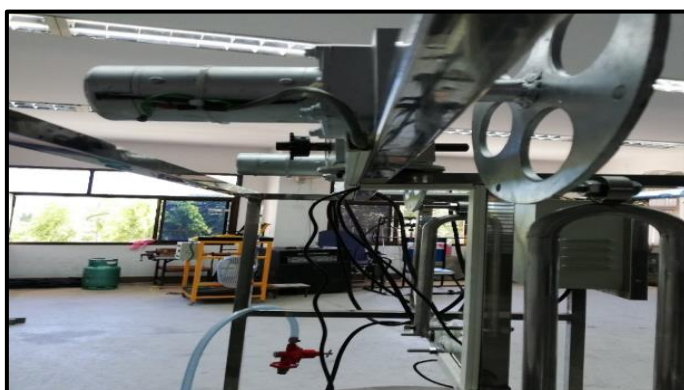


ภาพที่ 3-136 แสดงการเชื่อมประกอบระบบโครงสร้างเครื่อง  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2562)





ภาพที่ 3-137 แสดงการเจียรและเชื่อมประกอบระบบโครงสร้างเครื่อง  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2562)



ภาพที่ 3-138 แสดงการทดสอบชุดเพลาส่งกำลังเข้ากับมอเตอร์เกียร์ขนาดแรงดันไฟฟ้า 24 โวลต์  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2562)



ภาพที่ 3-139 แสดงการติดตั้งพลูเลย์เพลาส่งกำลังเข้ากับมอเตอร์เกียร์ขนาดแรงดันไฟฟ้า 24 โวลต์  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2562)



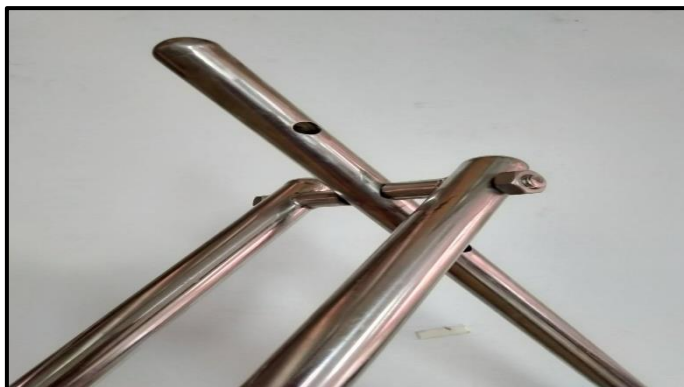
ภาพที่ 3-140 แสดงการติดตั้งพลูเลย์เข้ากับมอเตอร์เกียร์ขนาดแรงดันไฟฟ้า 24 โวลต์  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2562)



ภาพที่ 3-141 แสดงการทดสอบชุดเพลาส่งกำลังเข้ากับมอเตอร์เกียร์ขนาดแรงดันไฟฟ้า 24 โวลต์  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2562)



ภาพที่ 3-142 แสดงการติดตั้งล้อประกอบชุดแกนยกเส้นไหมเข้ากับโครงสร้างเครื่อง  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2562)



ภาพที่ 3-143 แสดงการประกอบชุดแกนยกเส้นไหมและเส้นฝ้ายให้สามารถ  
รับน้ำหนักได้มากขึ้น (ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2562)



ภาพที่ 3-144 แสดงชุดแกนยกเส้นไหมและเส้นฝ้าย  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2562)



ภาพที่ 3-145 แสดงโครงสร้างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายในรุ่นที่ 5  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2562)



ภาพที่ 3-146 แสดงการต่อวงจรภายในตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2562)



ภาพที่ 3-147 แสดงการประกอบตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2562)



ภาพที่ 3-148 แสดงการประกอบและติดตั้งไฟสัญญาณเตือนแบบชั้น  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2562)

ส่วนประกอบด้านหน้าของตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า



ภาพที่ 3-149 แสดงด้านหน้าของตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2562)



ภาพที่ 3-150 แสดงด้านหน้าของเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายในรุ่นที่ 5  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2562)



ภาพที่ 3-151 แสดงด้านหน้าของเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายในรุ่นที่ 5  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2562)



ภาพที่ 3-152 แสดงการนำเครื่องไปทดสอบใช้งานจริง  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2562)



ภาพที่ 3-153 แสดงการนำเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5  
ไปทดสอบใช้งานจริง (ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2562)



ภาพที่ 3-154 แสดงการทดสอบใช้งานจริงโดยกลุ่มผู้ประกอบการอาชีพการทำผ้าไหมและผ้าฝ้าย  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2562)



ภาพที่ 3-155 แสดงการนำเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5  
ไปทดสอบใช้งานจริง (ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2562)



ภาพที่ 3-156 แสดงการนำเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5  
ไปร่วมประกวดจัดแสดงในงานเกษตรอีสานใต้ (ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2562)



ภาพที่ 3-157 แสดงการนำเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 ไปร่วมจัดแสดงในงานวันนักประดิษฐ์ (ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2562)



ภาพที่ 3-158 แสดงการนำเครื่องไปร่วมจัดแสดงในการรับรางวัลการประกวดสิ่งประดิษฐ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2562)



ภาพที่ 3-159 แสดงการนำเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 ไปร่วมจัดแสดงในการประกวดโครงการวิชาชีพ (ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2562)



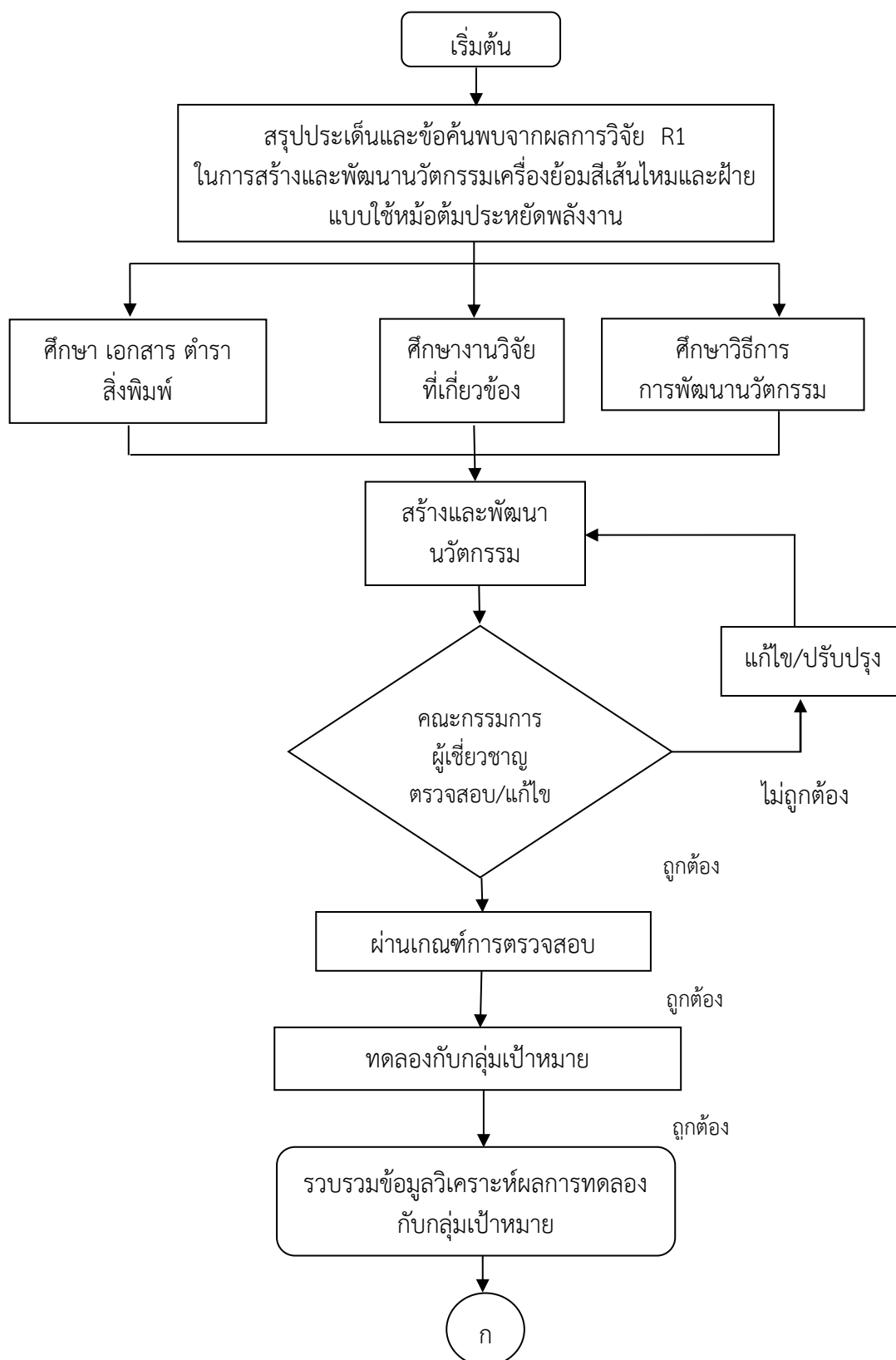


ภาพที่ 3-160 แสดงการนำเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 ไปร่วมประกวดในระดับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ณ วิทยาลัยเทคนิคชุมแพ จังหวัดขอนแก่น (ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2562)



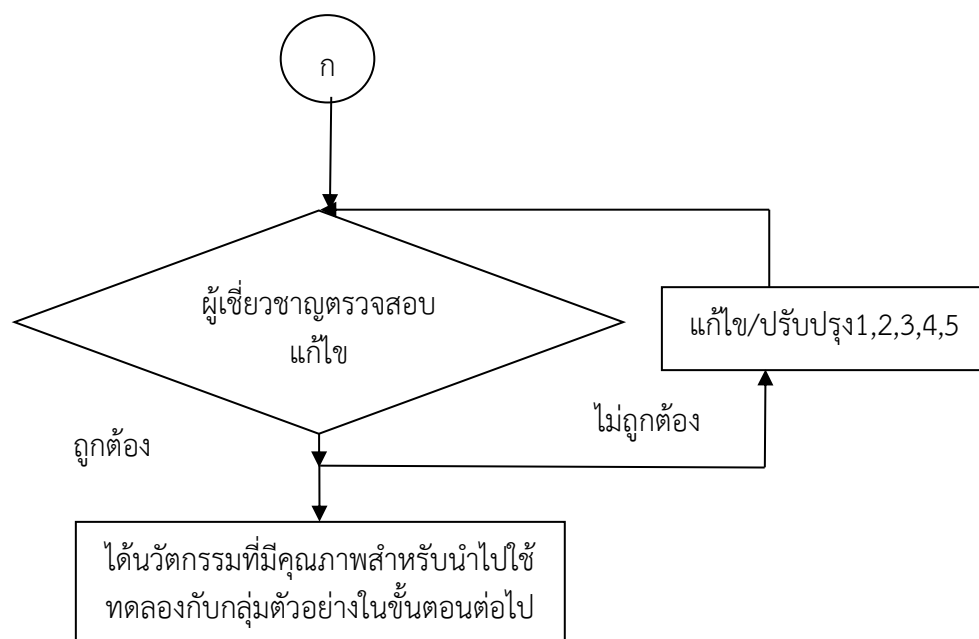
ภาพที่ 3-161 แสดงผู้ทรงคุณวุฒิจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือได้ให้คำแนะนำในการพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 ก่อนนำไปร่วมประกวดสิ่งประดิษฐ์ในงานเกษตรอีสานใต้ (ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2562)

**การสะท้อนผลการปฏิบัติ** กล่าวได้ว่าการวิจัยปฏิบัติการ เป็นการวิจัยประเภทหนึ่งซึ่งใช้กระบวนการปฏิบัติอย่างมีระบบ ซึ่งผู้วิจัยและผู้เกี่ยวข้องมีส่วนร่วมในการปฏิบัติและวิเคราะห์ ผลการปฏิบัติจากการใช้วงจรขั้นตอน คือ การวางแผน การปฏิบัติ การสังเกต และการสะท้อนผลการปฏิบัติ การดำเนินการอย่างต่อเนื่องไปสู่การปรับเปลี่ยนเข้าสู่วงจรใหม่จนกว่าจะได้ข้อสรุปที่แก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตามวงจรของ Kemmis and Mc Taggart (1990 : 8-9, อ้างถึงใน อีรุฑฒิ เอกะกุล, 2546 : 34 - 44) ดังแผนภูมิที่ 3-9 ขั้นตอนการดำเนินการสร้างนวัตกรรม



แผนภูมิที่ 3-9 แสดงแผนภูมิขั้นตอนการดำเนินการสร้างและพัฒนานวัตกรรมเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน (ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2561)

## แผนภูมิที่ 3-9 (ต่อ)



แผนภูมิที่ 3-9 แสดงแผนภูมิขั้นตอนการดำเนินการสร้างและพัฒนานวัตกรรมเครื่องย้อมสีเส้นไหม และฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน (ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2561) (ต่อ)

จากแผนภูมิที่ 3-9 สรุปได้ว่าขั้นตอนการดำเนินการสร้างนวัตกรรม ในประเด็นและข้อค้นพบ จากผลการวิจัย R1 นำมาสู่การสร้างและพัฒนานวัตกรรมเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน (Innovation) โดยมีการปรับปรุงแก้ไขพัฒนาอย่างมีคุณภาพ

1. ผู้เชี่ยวชาญได้ทำการประเมินผลตรวจสอบสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงาน ตามวงจรที่ 1,2,3,4,5 ดังภาพที่ 3-1 ถึงภาพที่ 3-161

เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ในวงจรที่ 1



ภาพที่ 3-162 แสดงเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ในวงจรที่ 1  
(ที่มา : วัทัญญ บุตรศรี, 2560)

เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ในวงจรที่ 2



ภาพที่ 3-163 แสดงเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ในวงจรที่ 2  
(ที่มา : วัทัญญ บุตรศรี, 2560)

เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ในวงจรที่ 3



ภาพที่ 3-164 แสดงเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ในวงจรที่ 3  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2561)

เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ในวงจรที่ 4



ภาพที่ 3-165 แสดงเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ในวงจรที่ 4  
(ที่มา : วทีญญ บุตรศรี, 2561)

### เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ในวงจรที่ 5



ภาพที่ 3-166 แสดงเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ในวงจรที่ 5  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2562)

จากภาพที่ 3-1 ถึงภาพที่ 3-161 จะเห็นได้ว่าขั้นตอนการดำเนินการสร้างนวัตกรรมในประเด็นและข้อค้นพบจากผลการวิจัย R1 นำมาสู่การสร้างและพัฒนานวัตกรรมจากการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายแบบเดิมของชาวบ้าน ได้มีการพัฒนาเป็นเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน (Innovation) ในแต่ละรุ่น โดยมีการปรับปรุงแก้ไขอย่างมีคุณภาพจนสามารถใช้งานตามวัตถุประสงค์ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานจริง

2. ค่าความแตกต่างของคะแนนการทดสอบก่อนกับหลังการพัฒนาวัตกรมด้วยวิธีของ Wilcoxon Signed Ranks Test (บุญชม ศรีสะอาด, 2551 : 145) และสมมติฐานการวิจัย ผลต่างของคะแนนจากการประเมินตรวจสอบสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงาน หลังการพัฒนาสูงกว่าก่อนการพัฒนาวัตกรม

3. นำผลการประเมินตรวจสอบที่ได้แล้วมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ

#### 1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ นำเสนอแบบความเรียง ส่วนข้อมูลเชิงปริมาณทำการประมวลผลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

### 1.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ มีสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. ค่าร้อยละ (Percentage) มีสูตร ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545 : 104)

$$P = \left( \frac{f}{n} \right) \times 100$$

เมื่อ	$P$	=	ร้อยละ
	$f$	=	ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ
	$n$	=	จำนวนความถี่ทั้งหมด

2. ค่าเฉลี่ย (Mean) มีสูตร ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545 : 102)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

เมื่อ	$\bar{X}$	=	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากร
	$\sum X$	=	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	$n$	=	จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด

3. การหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) มีสูตร ดังนี้ (วาโร พึงสวัสดิ์, 2546 : 96)

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

เมื่อ	$S$	=	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	$\sum X^2$	=	ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง
	$(\sum X)^2$	=	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่มยกกำลังสอง
	$n$	=	คะแนนแต่ละตัวจำนวนคะแนนในกลุ่ม

4. วิเคราะห์สถิติอ้างอิงโดยการทดสอบค่าความแตกต่างของคะแนนการทดสอบก่อนกับหลัง การพัฒนานวัตกรรมด้วยวิธีของ Wilcoxon Signed Ranks Test (บุญชม ศรีสะอาด, 2551 : 145) โดยผลต่างของคะแนนประเมินตรวจสอบสมรรถนะ และประสิทธิภาพการทำงานหลังการพัฒนาสูงกว่า ก่อนการพัฒนานวัตกรรม

### วิธีการดำเนินการวิจัยในขั้นตอนที่ 3

ในขั้นตอนที่ 3 นี้ ผู้วิจัยได้นำผลจากการพัฒนานวัตกรรมเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้าย แบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ที่ได้มาจากการสร้างและพัฒนานวัตกรรมในวงจรที่ 5 มาใช้ในการทดลอง ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้จัดลำดับการนำเสนอตามหัวข้อ ดังต่อไปนี้

- 1.1 ประชากร
- 1.2 กลุ่มตัวอย่าง
- 1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล
- 1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล
- 1.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ตารางที่ 3-9 การดำเนินการในขั้นตอนที่ 3 เป็นการทดลองใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้าย แบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน	
วัตถุประสงค์	เพื่อทดลองใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน
ขั้นตอนการดำเนินการ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ทำการประเมินสมรรถนะและประสิทธิภาพก่อนการทดลอง</li> <li>2. ทดลองใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน</li> <li>3. ทำการประเมินสมรรถนะและประสิทธิภาพหลังการทดลอง</li> <li>4. สอบถามความพึงพอใจ</li> </ol>
ผลการดำเนินการ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ผลการทดลองเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน หาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด</li> <li>2. เผยแพร่ผลงานนวัตกรรมเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ในการเข้าร่วมประกวดรวมถึงการนำเสนอผลงานกับหน่วยงานต่าง ๆ ที่ให้ทุนสนับสนุนในการวิจัย</li> </ol>



จากตารางที่ 3-9 การดำเนินการในขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ด้วยกระบวนการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi Experimental)

**1.1 ประชากร** คือผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายในจังหวัดอุบลราชธานี

**1.2 กลุ่มตัวอย่าง** คือผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายในจังหวัดอุบลราชธานี รวมจำนวน 30 คน โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยเป็นผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย เป็นผู้ให้ข้อมูล

### กระบวนการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi Experimental)

1. กลุ่มทดลอง ได้แก่ ผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายที่ได้นำเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานที่พัฒนาขึ้นไปใช้งานจริง

2. กลุ่มควบคุม ได้แก่ ผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย โดยใช้วิธีการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายแบบเดิม

ในการคัดเลือกผู้ประกอบการเข้าสู่หน่วยทดลอง โดยใช้วิธีการเลือกผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมโดยได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) ดังแสดงในตารางที่ 3-10 ดังนี้

ตารางที่ 3-10 จำนวนผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายที่ใช้ในการทดลอง

กลุ่มทดลอง (คน)	กลุ่มควบคุม (คน)	รวม (คน)
15	15	30

### ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ คือรูปแบบการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย
2. ตัวแปรตาม ได้จากคะแนนการทดสอบการใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายทั้งสองวิธี และความคิดเห็นที่มีต่อวิธีการใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานที่ได้พัฒนาขึ้น
3. สมมติฐานการวิจัย คือผลต่างของการวัดตัวแปร หลังการทดลองกับก่อนการทดลองของกลุ่มทดลองสูงกว่า ผลต่างของผลการวัดตัวแปรหลังการทดลองกับก่อนทดลอง ของกลุ่มควบคุมทั้งสองกลุ่มแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
4. ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจจากการที่ได้ทดลองใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ในระดับมาก

### 1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

เป็นเครื่องมือที่ผ่านการหาคุณภาพแล้วจากกระบวนการสร้างและพัฒนาวัตกรรม เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ซึ่งเป็นนวัตกรรมที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้ว เพื่อนำไปทดลองใช้จริงกับผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย จำนวนรวม 30 คน ตามแบบประเมินการให้คะแนนก่อนและหลังการทดลองใช้งาน การรวบรวมข้อมูลในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการ ดังนี้

1.3.1 ผู้วิจัยได้นำหนังสือราชการจากวิทยาลัยสารพัดช่างอุบลราชธานี ไปขอความอนุเคราะห์ไปให้กับผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย ประเมินความพึงพอใจในการใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน

1.3.2 ผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย ประเมินความพึงพอใจในการใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ตามแบบของลิเคอร์ท (Likert scale) แบ่งเป็น 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์ ดังนี้ (McIver and Camines 1981 : 24)

ระดับคะแนน การแปลความหมาย

- 5 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด
- 4 หมายถึง พึงพอใจมาก
- 3 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง
- 2 หมายถึง พึงพอใจน้อย
- 1 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

การตรวจนับคะแนนจากการประเมิน และนำข้อมูลมาแปลผลค่าเฉลี่ยระดับความคิดเห็นที่มีต่อการประเมินความพึงพอใจ ในการใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน โดยกำหนดเกณฑ์เป็นช่วงคะแนนและแปลผลตามเกณฑ์การประเมิน โดยยึดหลักแนวคิดของเบสท์ (Best 1981 : 164) ดังนี้

- ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด
- ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจมาก
- ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจปานกลาง
- ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจน้อย
- ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

### 1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

โดยมีวิธีการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1.4.1 ผู้วิจัยกำหนดกิจกรรมและวิธีในการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายทั้ง 2 แบบ

1.4.2 ให้กลุ่มทดลองทำแบบประเมินก่อนการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย (Pretest) และหลังการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย (Posttest)

1.4.3 หลังกระบวนการทดลองใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ผู้ศึกษาได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน

1.4.4 ตรวจสอบผลการประเมินที่ได้แล้วนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ แผนการทดลองใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานเป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experiment) เนื่องจากตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองไม่ได้ดำเนินการสุ่มแบบสมบูรณ์ โดยมีกลุ่มทดลอง 1 กลุ่ม และกลุ่มควบคุม 1 กลุ่ม มีการวัดผลก่อนการทดลองเพื่อใช้ตรวจสอบความเท่าเทียมกันระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม (Pre-test Post-test control Group Design) อีรวุฒิ เอกะกุล (2555:59) ซึ่งมีแบบแผนการทดลอง ดังนี้

EO <sub>1</sub>	X	O <sub>2</sub>
C O <sub>3</sub>		O <sub>4</sub>

E คือ กลุ่มทดลอง

C คือ กลุ่มควบคุม

O<sub>1</sub> คือ การทดสอบก่อนการทดลองของกลุ่มทดลอง

O<sub>2</sub> คือ การทดสอบหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง

O<sub>3</sub> คือ การทดสอบก่อนการทดลองของกลุ่มควบคุม

O<sub>4</sub> คือ การทดสอบหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม

X คือ เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน

### 1.5 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ นำเสนอแบบความเรียง ส่วนการวิเคราะห์เชิงปริมาณ ประมวลผลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

1.5.1 วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สถิติพื้นฐาน

1.5.2 วิเคราะห์เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของคะแนนการทดลองก่อนและหลังที่แตกต่างกัน โดยใช้การวิเคราะห์ค่าคะแนนที่

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่าร้อยละ (Percentage) มีสูตร ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545 : 104)

$$P = \left( \frac{f}{n} \right) \times 100$$

เมื่อ	$P$	=	ร้อยละ
	$f$	=	ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ
	$n$	=	จำนวนความถี่ทั้งหมด

2. ค่าเฉลี่ย (Mean) มีสูตร ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545 : 102)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

เมื่อ	$\bar{X}$	=	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากร
	$\sum X$	=	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	$n$	=	จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด

3. การหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) มีสูตร ดังนี้ (วาโร เพ็งสวัสดิ์, 2546 : 96)

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

เมื่อ	$S$	=	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	$\sum X^2$	=	ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง
	$(\sum X)^2$	=	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่มยกกำลังสอง
	$n$	=	คะแนนแต่ละตัวจำนวนคะแนนในกลุ่ม

4. การทดสอบความแตกต่างของคะแนนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยการทดสอบค่าที ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

5. ทำการเผยแพร่ผลงาน เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน โดยการนำนวัตกรรม (Innovation) เข้าร่วมจัดนิทรรศการและเข้าร่วมการประกวดกับหน่วยงานต่าง ๆ ดังนี้ การแข่งขันสุดยอดนวัตกรรมและการประกวดสิ่งประดิษฐ์ของคนรุ่นใหม่ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, การประกวดสิ่งประดิษฐ์ของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.), การประกวดสิ่งประดิษฐ์ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), การประกวดสิ่งประดิษฐ์ของกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ การเข้าร่วมในการประกวดสิ่งประดิษฐ์ในระดับนานาชาติงาน “The 8<sup>th</sup> International Engineering Invention & Innovation 2018” (i-ENVEX 2018) ณ รัฐเปอร์ลิส สหพันธรัฐมาเลเซีย โดยการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

(วช.) การได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย(กฟผ.) และการได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) รวมถึงการได้รับความคุ้มครองทรัพย์สินทางปัญญาประเภทอนุสิทธิบัตรการประดิษฐ์ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์

#### วิธีการดำเนินการวิจัยในขั้นตอนที่ 4

เพื่อทดลองใช้นวัตกรรมเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ในการดำเนินงานครั้งนี้ผู้วิจัยได้จัดลำดับการนำเสนอตามหัวข้อ ดังต่อไปนี้

- 1.1 กลุ่มเป้าหมายในการพัฒนาตัวชี้วัด
- 1.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
- 1.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การดำเนินการขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลการใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน แสดงในตารางที่ 3-11

ตารางที่ 3-11 การดำเนินการในขั้นตอนที่ 4

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลการใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน	
วัตถุประสงค์	เพื่อประเมินผลการใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน
ขั้นตอนการดำเนินการ	1. พัฒนาตัวชี้วัดความสำเร็จของการพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานตามที่คณะของผู้เชี่ยวชาญ 2. ขั้นตอนการประเมินระบบเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน แบ่งเป็นสามระยะคือ ระยะเริ่มต้น ระหว่างดำเนินการ และระยะสิ้นสุดการดำเนินการ
ผลการดำเนินการ	ผลการประเมินผลเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน บรรลุตามสมมติฐานการประเมินและการเผยแพร่ผลงาน

จากตารางที่ 3-11 การประเมินผลการใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ในการตรวจสอบผลการดำเนินการว่าบรรลุวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายของกระบวนการสามารถตัดสินคุณค่าของสิ่งที่ต้องประเมินวัตถุประสงค์ของการประเมินคือ การตัดสินคุณค่าของเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ว่าบรรลุวัตถุประสงค์หรือไม่ทราบได้จากผลการประเมิน (ศิริชัย กาญจนวาศรี, 2550 : 57)

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้กำหนดขอบเขตงานวิจัยเป็นขอบเขตด้านเนื้อหา ประชากรและตัวแปร ที่ศึกษาโดยมีรายละเอียด ดังนี้ ขอบเขตของเนื้อหาการวิจัยในครั้งนี้มุ่งพัฒนาตัวชี้วัดความสำเร็จของการ พัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ตามทัศนะของผู้เชี่ยวชาญและ ผู้ประกอบการ โดยประเมินจากกระบวนการวิจัย การวิจัยเชิงทดลอง ในภาพรวมก่อนการดำเนินการ วิจัยเชิงทดลอง ประเมินระหว่างดำเนินการวิจัยเชิงทดลอง และทำการประเมินผลการดำเนินงานเมื่อ สิ้นสุดโครงการ ตามกรอบแนวคิดการประเมิน (Context-Input-Process-Output Approach) ศิริชัย กาญจนวาศรี (2550:115-116) โดยวิธีการดำเนินการวิจัยในขั้นตอนที่ 4 มี ดังนี้

**1.1 กลุ่มเป้าหมายในการพัฒนาตัวชี้วัด** ได้แก่ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ในการ พัฒนาตัวชี้วัดประกอบด้วยบุคคลที่มีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับ การพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบ ใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน โดยใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา และผู้ประเมินที่มีความเชี่ยวชาญด้านการ ประเมินและการพัฒนานวัตกรรม จำนวน 5 ท่าน

## 1.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ ดังนี้

1.2.1 ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการประเมิน การพัฒนาตัวชี้วัดจากตำราและงานวิจัยที่ เกี่ยวข้อง

1.2.2 สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเพื่อขอคำแนะนำใช้เป็นข้อมูลประกอบการร่าง ตัวชี้วัดตามกรอบและประเด็นการประเมิน

1.2.3 นำตัวอย่างมาจัดทำเป็นแบบประเมินความสอดคล้องและกำหนดเกณฑ์ การประเมิน

1.2.4 นำแบบประเมินตัวชี้วัดไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความ สอดคล้องระหว่างกรอบและประเด็นการประเมินกับตัวชี้วัดจากค่า (IOC) แล้วนำตัวชี้วัดที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป มาทำเป็นแบบประเมิน

1.2.5 ทำการเผยแพร่ผลงาน เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัด พลังงาน โดยการนำนวัตกรรม (Innovation) เข้าร่วมจัดนิทรรศการและเข้าร่วมการประกวดกับหน่วยงาน ต่าง ๆ ดังนี้ การแข่งขันสุดยอดนวัตกรรมและการประกวดสิ่งประดิษฐ์ของคนรุ่นใหม่ สำนักงาน คณะกรรมการการอาชีวศึกษา, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ(วช.), กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและ อนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ,กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม และมหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ การเข้าร่วมในการประกวดสิ่งประดิษฐ์ในระดับนานาชาติในงาน “The 8<sup>th</sup> International Engineering Invention & Innovation 2018” (i-ENVEX 2018) ณ รัฐเปอร์ลิส สหพันธรัฐมาเลเซียโดยการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) การได้รับทุนสนับสนุน การวิจัยจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) และการได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงาน คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) รวมถึงการได้รับความคุ้มครองทรัพย์สินทางปัญญาประเภทอนุสิทธิบัตร การประดิษฐ์ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์

### 1.3 การรวบรวมข้อมูลในครั้งนี ผู้วิจัยได้ดำเนินการ ดังนี้

1.3.1 ผู้วิจัยนำหนังสือราชการ จากวิทยาลัยสารพัดช่างอุบลราชธานี ไปขอความอนุเคราะห์ให้กับผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน

1.3.2 ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินผลเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน จำนวน 5 ท่าน พิจารณาเก็บข้อมูลโดยทำการประเมินระยะเริ่มต้น ระยะการดำเนินงาน และระยะสิ้นสุดของการดำเนินงาน ตามแบบของลิเคอร์ท (Likert scale) แบ่งเป็น 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์ดังนี้ (McIver and Camines 1981 : 24)

ระดับคะแนน	การแปลความหมาย
5	หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด
4	หมายถึง พึงพอใจมาก
3	หมายถึง พึงพอใจปานกลาง
2	หมายถึง พึงพอใจน้อย
1	หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

การตรวจนับคะแนนจากการประเมิน และนำข้อมูลมาแปลผลค่าเฉลี่ยระดับความคิดเห็นที่มีต่อเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน โดยกำหนดเกณฑ์เป็นช่วงคะแนนและแปลผลตามเกณฑ์การประเมิน โดยยึดหลักแนวคิดของเบสท์ (Best 1981 : 164) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย	4.51 – 5.00	หมายถึง มีระดับความคิดเห็นมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	3.51 – 4.50	หมายถึง มีระดับความคิดเห็นมาก
ค่าเฉลี่ย	2.51 – 3.50	หมายถึง มีระดับความคิดเห็นปานกลาง
ค่าเฉลี่ย	1.51 – 2.50	หมายถึง มีระดับความคิดเห็นน้อย
ค่าเฉลี่ย	1.00 – 1.50	หมายถึง มีระดับความคิดเห็นน้อยที่สุด

### 1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ มีสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. ค่าร้อยละ (Percentage) มีสูตรดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545 : 104)

$$P = \left( \frac{f}{n} \right) \times 100$$

เมื่อ	$P$	=	ร้อยละ
	$f$	=	ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ
	$n$	=	จำนวนความถี่ทั้งหมด

2. ค่าเฉลี่ย (Mean) มีสูตรดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545 : 102)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

เมื่อ  $\bar{X}$  = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากร  
 $\sum X$  = ผลรวมของคะแนนทั้งหมด  
 $n$  = จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด

3. การหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) มีสูตร ดังนี้  
 (วาโร เฟ็งส์วีสดี, 2546 : 96)

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

เมื่อ  $S$  = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน  
 $\sum X^2$  = ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง  
 $(\sum X)^2$  = ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่มยกกำลังสอง  
 $n$  = คะแนนแต่ละตัวจำนวนคะแนนในกลุ่ม



## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ผู้วิจัยกำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ย
S.D.	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
n	แทน	จำนวนคนที่เป็นตัวอย่างในการวิจัย
Z	แทน	ค่าทดสอบความแตกต่างด้วยวิธีการทดสอบของ Wilcoxon
t	แทน	ค่าทดสอบความแตกต่างด้านวิธีการทดสอบค่า t
P	แทน	ค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ
*	แทน	นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยขอแนะนำเสนอตามลำดับขั้นตอนการวิจัย ดังนี้  
ขั้นตอนที่ 1 เพื่อศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหา ความต้องการด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายของผู้ประกอบการ  
ขั้นตอนที่ 2 เพื่อพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน  
ขั้นตอนที่ 3 เพื่อทดลองใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน  
ขั้นตอนที่ 4 เพื่อประเมินผลการใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน

#### ผลการวิเคราะห์ข้อมูลขั้นตอนที่ 1

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหา ความต้องการด้านการย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายของผู้ประกอบการ โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถามจากแบบสอบถามเพื่อสำรวจ ผู้วิจัยได้จัดลำดับการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามที่ตอบโดยผู้ประกอบการ รวมจำนวน 108 ฉบับ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม ปรากฏผลดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามที่เป็นผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย

สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม	จำนวน (n = 108)	ร้อยละ
1. เพศ ชาย	10	9.26
เพศ หญิง	98	90.74
รวม		100
2. อายุ		
1) 21-30 ปี	8	7.40
2) 31-40 ปี	20	18.50
3) 41-50 ปี	20	18.50
4) 51 ปีขึ้นไป	60	55.60
รวม		100
3. วุฒิการศึกษาสูงสุดในปัจจุบัน		
1) ระดับประถมศึกษา	50	46.30
2) ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น	30	27.78
3) ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย	20	18.52
4) ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ	2	1.85
5) ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	2	1.85
6) ระดับปริญญาตรี	4	3.70
รวม		100
4. ประสบการณ์ในการทำงานในปัจจุบัน		
1-5 ปี	9	8.33
6-10 ปี	10	9.26
11-15 ปี	12	11.11
16-20 ปี	15	13.89
21-25 ปี	22	20.37
26-30 ปี	30	27.78
31 ปี	10	9.26
รวม		100

จากตารางที่ 4-1 พบว่า จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามที่เป็นผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงร้อยละ 90.74 โดยมีอายุอยู่ระหว่าง 51 ปีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 55.60 และเป็นผู้ที่จบการศึกษาในระดับประถมศึกษา มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 46.30 ส่วนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพและระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง น้อยที่สุดคิดเป็นร้อยละ 1.85 โดยผู้ตอบแบบสอบถามมีประสบการณ์ในการทำงานในช่วง 26-30 ปี มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 27.78 ส่วนประสบการณ์ในการทำงานในช่วง 1-5 ปี น้อยที่สุดคิดเป็นร้อยละ 8.33

ส่วนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็นของผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายในสภาพปัจจุบันของสถานประกอบการ ปรากฏผลดังตารางที่ 4-2

**ตารางที่ 4-2** ตารางแสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการแปลผลข้อมูลของความคิดเห็นของผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย ในสภาพปัจจุบันของสถานประกอบการ

สภาพปัจจุบันในสถานประกอบการ		ระดับความคิดเห็น		
		$\bar{X}$	SD	แปลผล
1	ผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย ขาดแหล่งการเรียนรู้ในการผลิตเส้นไหมและเส้นฝ้ายให้ได้คุณภาพและมาตรฐาน	4.65	.58	มากที่สุด
2	ผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย ขาดทักษะกระบวนการแก้ไขปัญหาการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายให้ได้คุณภาพและมาตรฐาน	4.61	.52	มากที่สุด
3	ผู้ประกอบการด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย ขาดการวิเคราะห์ปัญหาอุปสรรค ขาดโอกาสทางเลือก ในการพัฒนาคุณภาพการย้อมเส้นไหมและเส้นฝ้าย	4.72	.44	มากที่สุด
4	ผู้ประกอบการด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายขาดสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรม ในการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย	4.91	.27	มากที่สุด
5	ผู้ประกอบการด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย มีข้อจำกัดในเรื่องทักษะ กระบวนการ และการออกแบบผลิตภัณฑ์	4.87	.32	มากที่สุด
6	ผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย ไม่มีเครือข่ายความร่วมมือ ในการสร้างนวัตกรรม เพื่อเพิ่มผลผลิตในการพัฒนาคุณภาพ และกระบวนการผลิตเส้นไหมและเส้นฝ้าย	4.87	.32	มากที่สุด
7	ผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายขาดการสืบค้นข้อมูล สิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรม เพื่อแก้ไขปัญหาการดำเนินงาน	4.86	.48	มากที่สุด

ตารางที่ 4-2 ตารางแสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการแปลผลข้อมูลของความคิดเห็นของผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย ในสภาพปัจจุบันของสถานประกอบการ (ต่อ)

สภาพปัจจุบันในสถานประกอบการ		ระดับความคิดเห็น		
		$\bar{X}$	SD	แปลผล
8	ผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย ใช้เวลานานในการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย	4.70	.45	มากที่สุด
9	ผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย ใช้ระบบการย้อมสีแบบดั้งเดิมทำให้เส้นไหมและเส้นฝ้ายไม่ได้มาตรฐาน	4.73	.44	มากที่สุด
10	ผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย ขาดเครื่องมือที่มีมาตรฐานในการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย	4.88	.31	มากที่สุด
11	ผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย มีความต้องการพัฒนาระบบการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายให้มีประสิทธิภาพ	4.77	.41	มากที่สุด
12	ผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย มียอดในการผลิตต่ำ	4.75	.42	มากที่สุด
13	ผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย ได้นำนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์มาใช้ในการเพิ่มผลผลิต	4.78	.41	มากที่สุด
14	ผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย ขาดนวัตกรรมที่เหมาะสมกับการปฏิบัติงาน	4.75	.43	มากที่สุด
15	กระบวนการย้อมสีแบบเดิมไม่มีระบบป้องกันอันตรายในการทำงาน	4.89	.30	มากที่สุด
16	นำนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ที่มีสมรรถนะและประสิทธิภาพมาใช้ในการเพิ่มผลผลิต	4.79	.40	มากที่สุด
17	ผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย ต้องการใช้นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์เพื่อลดต้นทุนในการผลิต	4.77	.41	มากที่สุด
18	ต้องการนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ที่สามารถย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายได้จำนวนมากต่อหนึ่งรอบการผลิต	4.80	.39	มากที่สุด
19	การย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายแบบเดิม ส่งผลต่อสุขภาพในผู้ประกอบการที่สูงอายุ	4.70	.41	มากที่สุด
20	การย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายแบบเดิมไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิในการผลิต เพื่อให้ได้สีเส้นไหมและเส้นฝ้ายมีคุณภาพและมาตรฐาน	4.77	.41	มากที่สุด
ภาพรวม		4.78	.09	มากที่สุด

จากตารางที่ 4-2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ผู้ประกอบการมีความคิดเห็นต่อสภาพการณ์ดำเนินการการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย ในสภาพปัจจุบันของสถานประกอบการภาพรวมอยู่ในระดับ

มากที่สุด ( $\bar{x} = 4.78$ ) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อโดยเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อย 3 ลำดับแรกพบว่า ผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายขาดสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมในการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย มีปัญหามากที่สุด ( $\bar{x} = 4.91$ ) รองลงมาคือกระบวนการย้อมสีแบบเดิมไม่มีระบบป้องกันอันตรายในการทำงาน ( $\bar{x} = 4.89$ ) และผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายขาดเครื่องมือที่มีมาตรฐานในการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย ( $\bar{x} = 4.88$ ) ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตอนที่ 2 ปัญหาและความต้องการด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายปรากฏผลดังตารางที่ 4-3

**ตารางที่ 4-3** ตารางแสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและการแปลผลข้อมูลของสภาพปัญหา และความต้องการด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย ระดับสภาพปัญหาการปฏิบัติในปัจจุบันและระดับความต้องการพัฒนาเพิ่มเติมของผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย

สภาพปัญหา และความต้องการด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย		ระดับสภาพปัญหาการปฏิบัติในปัจจุบัน			ระดับความต้องการพัฒนาเพิ่มเติม		
		$\bar{X}$	SD	แปลผล	$\bar{X}$	SD	แปลผล
1	ผู้ประกอบการสามารถนำความรู้ด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายมาประยุกต์ใช้ในการประกอบอาชีพ	2.80	.61	ปานกลาง	4.65	.58	มากที่สุด
2	ผู้ประกอบการสามารถนำทักษะด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายมาเพิ่มผลผลิต	2.73	.58	ปานกลาง	4.61	.52	มากที่สุด
3	การย้อมแบบเดิมสามารถย้อมเส้นไหมและเส้นฝ้ายได้ปริมาณน้อย	2.76	.57	ปานกลาง	4.72	.44	มากที่สุด
4	ชุมชนผู้ผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายมีความต้องการนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ เพื่อใช้ในการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย	2.72	.56	ปานกลาง	4.95	.27	มากที่สุด
5	มีระบบควบคุมคุณภาพสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย	2.80	.55	ปานกลาง	4.87	.32	มากที่สุด
6	มีระบบการต้มประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่าย	2.71	.56	ปานกลาง	4.88	.31	มากที่สุด
7	อุณหภูมิในการย้อมมีผลต่อคุณภาพของเส้นไหมและเส้นฝ้าย	2.77	.61	ปานกลาง	4.81	.48	มากที่สุด

**ตารางที่ 4-3** ตารางแสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและการแปลผลข้อมูลของสภาพปัญหา และความต้องการด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย ระดับสภาพปัญหาการปฏิบัติในปัจจุบัน และระดับความต้องการพัฒนาเพิ่มเติมของผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย (ต่อ)

สภาพปัญหา และความต้องการด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย		ระดับสภาพปัญหาการปฏิบัติในปัจจุบัน			ระดับความต้องการพัฒนาเพิ่มเติม		
		$\bar{X}$	SD	แปลผล	$\bar{X}$	SD	แปลผล
8	มีการควบคุมความเป็นกรดเป็นด่าง ในการย้อมสีอย่างมีมาตรฐาน	2.75	.59	ปานกลาง	4.70	.45	มากที่สุด
9	การย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายด้วยการยกขึ้น-ลง ในหม้อต้มแบบเดิมไม่ได้มาตรฐาน	2.76	.57	ปานกลาง	4.73	.44	มากที่สุด
10	มีความต้องการนำเครื่องทุ่นแรงมาใช้ ในการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายเพื่อเพิ่มผลผลิต	2.75	.63	ปานกลาง	4.92	.29	มากที่สุด
11	ระบบการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายแบบเดิมไม่สามารถควบคุมมาตรฐานการย้อมได้	2.73	.62	ปานกลาง	4.77	.41	มากที่สุด
12	แรงงานคนในการยกใจไหมจุ่มลงในหม้อต้มไม่มีระบบป้องกันอันตรายในการปฏิบัติงาน	2.86	.54	ปานกลาง	4.75	.42	มากที่สุด
13	การย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายไม่มีระบบมอเตอร์ไฟฟ้า ควบคุมการทำงาน	2.81	.58	ปานกลาง	4.78	.41	มากที่สุด
14	การย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายแบบเดิม ย้อมใจไหมได้ปริมาณจำกัด	2.73	.58	ปานกลาง	4.75	.43	มากที่สุด
15	ชุมชนผู้ผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายมีความต้องการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้	2.77	.58	ปานกลาง	4.93	.29	มากที่สุด
16	การย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายแบบเดิมใช้น้ำย้อมและน้ำล้างปริมาณมาก	2.83	.53	ปานกลาง	4.86	.40	มากที่สุด
17	การย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายแบบเดิมเป็นหม้อต้มอะลูมิเนียมมีขนาดเล็ก ไม่มีคุณภาพ	2.81	.58	ปานกลาง	4.77	.41	มากที่สุด
18	การย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายแบบเดิมใช้อุปกรณ์ในการย้อมไม่ได้มาตรฐาน	2.85	.54	ปานกลาง	4.80	.39	มากที่สุด

**ตารางที่ 4-3** ตารางแสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและการแปลผลข้อมูลของสภาพปัญหา และความต้องการด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย ระดับสภาพปัญหาการปฏิบัติในปัจจุบัน และระดับความต้องการพัฒนาเพิ่มเติมของผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย (ต่อ)

สภาพปัญหา และความต้องการด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย		ระดับสภาพปัญหาการปฏิบัติในปัจจุบัน			ระดับความต้องการพัฒนาเพิ่มเติม		
		$\bar{X}$	SD	แปลผล	$\bar{X}$	SD	แปลผล
19	การย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายแบบเดิมไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ	2.82	.56	ปานกลาง	4.77	.41	มากที่สุด
20	ผู้ประกอบการได้นำผลการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์มาพัฒนาการผลิต	2.84	.54	ปานกลาง	4.77	.41	มากที่สุด
21	การย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายแบบเดิมในขณะที่ทำการย้อมทำให้เส้นไหมและเส้นฝ้ายแตกออกจากกลุ่ม	2.81	.54	ปานกลาง	4.77	.41	มากที่สุด
22	ผลการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายแบบเดิมใช้เวลาในการย้อมนาน	2.87	.59	ปานกลาง	4.75	.42	มากที่สุด
23	หม้อต้มแบบเดิมที่ทำจากอะลูมิเนียมทำความสะอาดยาก	2.83	.58	ปานกลาง	4.78	.41	มากที่สุด
24	การย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายแบบเดิมมีการพัฒนาใช้หม้อต้มสแตนเลสในการเพิ่มคุณภาพ	2.74	.61	ปานกลาง	4.74	.44	มากที่สุด
25	มีการทดสอบคุณภาพเส้นไหมและเส้นฝ้ายตามระดับความคงทนต่อแสงตามเกณฑ์กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม	2.76	.60	ปานกลาง	4.89	.30	มากที่สุด
26	ผู้ประกอบการได้รับการส่งเสริมกระบวนการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายด้วยนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์สำหรับการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย	2.75	.61	ปานกลาง	4.79	.40	มากที่สุด
27	ผู้ประกอบการมีการสำรวจค้นหาข้อมูลเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายเพื่อนำมาใช้งาน	2.76	.58	ปานกลาง	4.77	.41	มากที่สุด
28	การย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายแบบเดิมมีค่าความคงทนต่อแสงในระดับคุณภาพดี-ดีเลิศของกรมส่งเสริมอุตสาหกรรมแทนการย้อมสีแบบเดิม	2.79	.59	ปานกลาง	4.80	.39	มากที่สุด

**ตารางที่ 4-3** ตารางแสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและการแปลผลข้อมูลของสภาพปัญหา และความต้องการด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย ระดับสภาพปัญหาการปฏิบัติในปัจจุบัน และระดับความต้องการพัฒนาเพิ่มเติมของผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย (ต่อ)

สภาพปัญหา และความต้องการด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย		ระดับสภาพปัญหาการปฏิบัติในปัจจุบัน			ระดับความต้องการพัฒนาเพิ่มเติม		
		$\bar{X}$	SD	แปลผล	$\bar{X}$	SD	แปลผล
29	ผลการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายแบบเดิมไม่มีคุณภาพ	2.78	.58	ปานกลาง	4.77	.41	มากที่สุด
30	ชุมชนผู้ผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายมีความต้องการนำนวัตกรรมมาใช้ในการกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ได้คุณภาพ	2.79	.59	ปานกลาง	4.77	.41	มากที่สุด
	รวม	2.78	.49	ปานกลาง	4.78	.10	มากที่สุด

จากตารางที่ 4-3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า สภาพปัญหาของผู้ประกอบการการปฏิบัติในปัจจุบันในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ( $\bar{x} = 2.78$ ) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อโดยเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อย 3 ลำดับแรกพบว่า ผลการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายแบบเดิมใช้เวลาในการย้อมนานมีปัญหาในระดับปานกลาง ( $\bar{x} = 2.87$ ) รองลงมาคือ แรงงานคนในการยกใจไหมจุ่มลงในหม้อต้มไม่มีระบบป้องกันอันตรายในการปฏิบัติงาน มีปัญหาระดับปานกลาง ( $\bar{x} = 2.86$ ) และการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายแบบเดิมใช้อุปกรณ์ในการย้อมไม่ได้มาตรฐาน มีปัญหาระดับปานกลาง ( $\bar{x} = 2.85$ )

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลระดับความต้องการพัฒนาเพิ่มเติมพบว่า ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.78$ ) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อโดยเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อย 3 ลำดับแรกพบว่า ชุมชนผู้ผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายมีความต้องการนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์เพื่อใช้ในการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย มีระดับความต้องการพัฒนาเพิ่มเติม ระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.95$ ) รองลงมาคือชุมชนผู้ผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายมีความต้องการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ ระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.93$ ) และมีความต้องการนำเครื่องทุ่นแรงมาใช้ในการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายเพื่อเพิ่มผลผลิต ระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.92$ ) ตามลำดับ

#### ผลการวิเคราะห์ข้อมูลขั้นตอนที่ 2

ตามความคิดเห็นของผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย ในสภาพปัจจุบัน ปัญหาและความต้องการพัฒนาเพิ่มเติมด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย จากผลการวิจัยเชิงสำรวจในขั้นตอนที่ 1 สามารถทำการสังเคราะห์ตัวแปรเพื่อนำไปพัฒนาระบบหรือกระบวนการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายให้มีคุณภาพ โดยผู้วิจัยได้สังเคราะห์ผลการรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนที่ 1 มีการสังเคราะห์ข้อมูลแสดงได้ดังตารางที่ 4-4



ตารางที่ 4-4 การสังเคราะห์ข้อมูล

ตัวแปร	ความคิดเห็นของผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายในสภาพปัจจุบัน ปัญหา และความต้องการพัฒนาเพิ่มเติม	ข้อมูลเชิงคุณภาพ: ประเด็นที่พบ
สภาพปัจจุบัน	ผลการวิเคราะห์พบว่า ผู้ประกอบการมีความคิดเห็นต่อสภาพการณ์ดำเนินกิจการการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายในสภาพปัจจุบันของสถานประกอบการ ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อโดยเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อยพบว่า ผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายขาดสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมในการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย มีปัญหามากที่สุด รองลงมา กระบวนการย้อมสีแบบเดิมไม่มีระบบป้องกันอันตรายในการทำงานมีปัญหามากที่สุด และผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายขาดเครื่องมือที่มีมาตรฐานในการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย อยู่ในระดับมากที่สุด ไม่มีเครื่องมือช่วยความร่วมมือในการสร้างนวัตกรรมเพื่อเพิ่มผลผลิต และมีระบบการต้มประหยัดพลังงานและลดค่าใช้จ่าย	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายขาดสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรม</li> <li>2. กระบวนการย้อมสีแบบเดิมไม่มีระบบป้องกันอันตราย</li> <li>3. ขาดเครื่องมือที่มีมาตรฐานในการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย</li> <li>4. ไม่มีเครือข่ายความร่วมมือในการสร้างนวัตกรรมเพื่อเพิ่มผลผลิต</li> <li>5. มีระบบการต้มประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่าย</li> </ol>
ระดับสภาพปัญหาการปฏิบัติในปัจจุบัน	ผลการวิเคราะห์พบว่า สภาพปัญหาในระดับการปฏิบัติ ของผู้ประกอบการในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ( $\bar{x} = 2.78$ ) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อโดยเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อย พบว่า ผลการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายแบบเดิมใช้เวลาในการย้อมนานมีปัญหาในระดับปานกลาง ( $\bar{x} = 2.83$ ) รองลงมาคือแรงงานคนในการยกใจไหมจุ่มลงในหม้อต้มไม่มีระบบป้องกันอันตรายในการปฏิบัติงาน มีปัญหาระดับปาน ( $\bar{x} = 4.40$ ) และ การย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายแบบเดิมใช้อุปกรณ์ในการย้อมไม่ได้มาตรฐาน มีปัญหาระดับปานกลาง ( $\bar{x} = 2.82$ )	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. การย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายแบบเดิมใช้เวลาในการย้อมนาน</li> <li>2. ใช้แรงงานคนในการยกใจไหมจุ่มลงในหม้อต้ม</li> <li>3. ไม่มีระบบป้องกันอันตรายในการปฏิบัติงาน</li> <li>4. อุปกรณ์ในการย้อมไม่ได้มาตรฐาน</li> </ol>

ตารางที่ 4-4 การสังเคราะห์ข้อมูล (ต่อ)

ตัวแปร	ความคิดเห็นของผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายในสภาพปัจจุบันสภาพปัญหา และความต้องการพัฒนาเพิ่มเติม	ข้อมูลเชิงคุณภาพ : ประเด็นที่พบ
ระดับความต้องการพัฒนาเพิ่มเติม	ระดับความต้องการพัฒนาเพิ่มเติม ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.78$ ) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ โดยเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อยพบว่า ชุมชนผู้ผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายมีความต้องการนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ เพื่อใช้ในการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย มีระดับความต้องการพัฒนาเพิ่มเติม ระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.91$ ) รองลงมาคือชุมชนผู้ผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายมีความต้องการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ ระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.89$ ) และมีความต้องการนำเครื่องทุ่นแรงมาใช้ในการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายเพื่อเพิ่มผลผลิต ระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.88$ ) ตามลำดับ	1. ต้องการนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ 2. ต้องการพัฒนาเพิ่มเติม 3. ต้องการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้

จากตารางที่ 4-4 เป็นการนำผลจากการวิจัยเชิงสำรวจในขั้นตอนที่ 1 สามารถทำการสังเคราะห์ตัวแปรเพื่อเป็นการนำเอาค่าสำคัญในแต่ละวัตถุประสงค์การวิจัย มาสร้างรูปแบบเพื่อเป็นการนำไปสร้างและพัฒนาระบบการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย มีการสังเคราะห์ข้อมูลได้ร่างความคิดรวบยอด (Concept) ดังแสดงในตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 ร่างความคิดรวบยอด (Concept) และตัวแปรเพื่อจัดทำรูปแบบ

ตัวแปรชั่วคราว	ตัวแปร
ความคิดเห็นของผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายในสภาพปัจจุบัน	<ol style="list-style-type: none"> <li>ขาดสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรม</li> <li>การย้อมสีแบบเดิมไม่มีระบบป้องกันอันตราย</li> <li>ขาดเครื่องมือที่มีมาตรฐานในการย้อม</li> <li>ไม่มีเครือข่ายความร่วมมือในการสร้างนวัตกรรม</li> <li>ต้องการหม้อต้มประหยัดพลังงาน</li> <li>ต้องการประหยัดค่าใช้จ่าย</li> </ol>

ตารางที่ 4-5 ร่างความคิดรวบยอด (Concept) และตัวแปรเพื่อจัดทำรูปแบบ (ต่อ)

ตัวแปรชั่วคราว	ตัวแปร
สภาพปัญหาด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. การย้อมแบบเดิมใช้เวลาในการย้อมนาน</li> <li>2. ใช้แรงงานคนในการยกใจไหมลงในหม้อต้ม</li> <li>3. ไม่มีระบบป้องกันอันตรายในการปฏิบัติงาน</li> <li>4. อุปกรณ์ในการย้อมไม่ได้มาตรฐาน</li> </ol>
ระดับความต้องการพัฒนาเพิ่มเติมด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ต้องการนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์</li> <li>2. ต้องการพัฒนาความรู้เพิ่มเติม</li> <li>3. ต้องการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้</li> </ol>

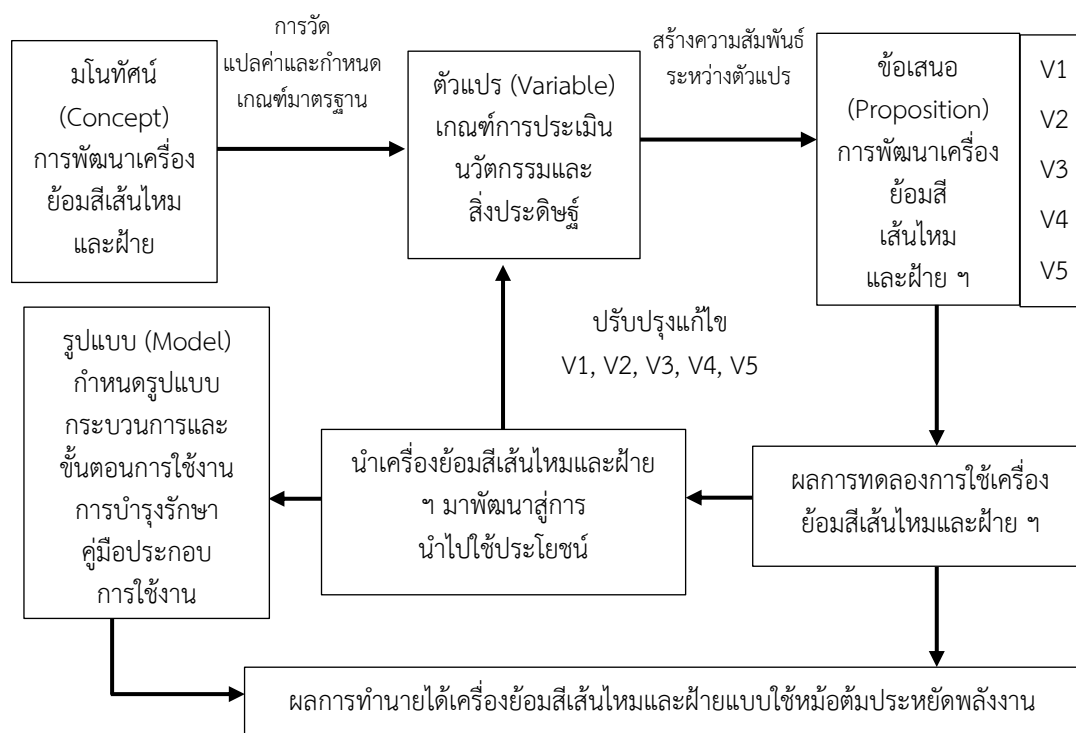
จากตารางที่ 4-5 ร่างความคิดรวบยอด (Concept) และตัวแปรเพื่อจัดทำรูปแบบผลการสังเคราะห์ตัวแปร เพื่อการพัฒนากระบวนการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย จากการสังเคราะห์ผลการวิจัยในสภาพปัจจุบัน ปัญหา และความต้องการพัฒนาเพิ่มเติม มีตัวแปรที่ทำให้กระบวนการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายไม่ได้มาตรฐานเนื่องจาก ขาดสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมในกระบวนการย้อมสี การย้อมสีแบบเดิมไม่มีระบบป้องกันอันตราย ขาดเครื่องมือที่มีมาตรฐานในการย้อม ไม่มีเครือข่ายความร่วมมือในการสร้างนวัตกรรม ต้องการหม้อต้มประหยัดพลังงาน ต้องการประหยัดค่าใช้จ่าย การย้อมแบบเดิมใช้เวลาในการย้อมนาน ใช้แรงงานคนในการยกใจไหมลงในหม้อต้มไม่มีระบบป้องกันอันตรายในการปฏิบัติงาน อุปกรณ์ในการย้อมไม่ได้มาตรฐาน ต้องการนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ ต้องการพัฒนาความรู้เพิ่มเติม ต้องการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้

สรุปได้ว่าจากผลการศึกษาผู้ประกอบกิจการด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายขาดสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรม มีความต้องการนำเอาสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมมาใช้ในกระบวนการผลิตซึ่งเป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่มีความปลอดภัย และเพิ่มผลผลิตสามารถประหยัดพลังงานได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นว่าการสร้างและพัฒนานวัตกรรมด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย โดยได้ศึกษาและร่างรูปแบบการสร้างเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน โดยผ่านผู้เชี่ยวชาญในการนำไปสู่การพัฒนาวัตกรรม ซึ่งมีขั้นตอนการพัฒนารูปแบบให้มีประสิทธิภาพ ดังนี้

- ขั้นที่ 1 ขั้นการศึกษาเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- ขั้นที่ 2 ขั้นการศึกษาสภาพ ปัญหาของการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย
- ขั้นที่ 3 ขั้นกำหนดรูปแบบการพัฒนานวัตกรรมในการแก้ปัญหา
- ขั้นที่ 4 ขั้นออกแบบสร้างและพัฒนานวัตกรรม
- ขั้นที่ 5 ขั้นทดลองใช้นวัตกรรม ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ
- ขั้นที่ 6 ขั้นการนำนวัตกรรมไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง
- ขั้นที่ 7 ขั้นการประเมินผล
- ขั้นที่ 8 ขั้นการเผยแพร่นวัตกรรม

จากขั้นการพัฒนาแบบเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ให้มีประสิทธิภาพดังกล่าว ผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์ข้อมูล และเขียนเป็นความคิดรวบยอด (Concept) มาสร้างรูปแบบตามวิธีของ Steiner (1988 : 108), Keeves (1988 : 48) ดังแผนภูมิที่ 4-1 รูปแบบการพัฒนานวัตกรรม



แผนภูมิที่ 4-1 แสดงรูปแบบการพัฒนานวัตกรรม  
(ที่มา : วทัญญู บุตรศรี, 2560)

จากแผนภูมิที่ 4-1 รูปแบบการพัฒนานวัตกรรมเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน มโนทัศน์ (Concept) การพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน มีการวัด (Measurement) แปลค่าและกำหนดเกณฑ์มาตรฐานตัวแปร (Variables) มีเกณฑ์การประเมินนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์สร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรข้อเสนอ (Proposition) ทำการพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน V1, V2, V3, V4, V5 ทำการทดลองใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน แล้วนำเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ไปสู่การนำไปใช้ประโยชน์จริง ทำการสร้างรูปแบบ (Model) กำหนดรูปแบบกระบวนการและขั้นตอนการใช้งาน การบำรุงรักษา และมีคู่มือการใช้งานมีผลการทำนายจนได้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน

ขั้นพัฒนาแบบเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ให้มีประสิทธิภาพอย่างเป็นระบบ และสุดท้ายมีการสะท้อนผลการพัฒนา เพื่อปรับปรุงคุณภาพในรอบต่อไป

เมื่อนำรูปแบบดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ทำให้เกิดนวัตกรรมใหม่ ๆ ซึ่งมีผลการนำนวัตกรรมไปทดลองใช้ ดังนี้

ผลการสร้างและพัฒนาารูปแบบ เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน โดยการนำนวัตกรรมไปทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไข โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งเป็นแบบประเมินตามข้อกำหนด กติกา และเกณฑ์มาตรฐานการให้คะแนนผลงานสิ่งประดิษฐ์ ประจำปีการศึกษา 2562 ประเภทที่ 2 สิ่งประดิษฐ์ด้านการประกอบอาชีพ โดยเป็นแบบประเมินที่นำผลคะแนนการประเมินเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 1 เปรียบเทียบกับรุ่นที่ 2, เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 2 เปรียบเทียบกับรุ่นที่ 3, เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 3 เปรียบเทียบกับรุ่นที่ 4 , เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 4 เปรียบเทียบกับรุ่นที่ 5 โดยใช้คะแนนเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของคะแนนจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้วยวิธีการทดสอบของ Wilcoxon

ผลการทดสอบเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 1 กับรุ่นที่ 2 เปรียบเทียบสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงาน ด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติ Wilcoxon ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 4-6

ตารางที่ 4-6 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนการประเมินเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 1 กับรุ่นที่ 2 (V1-V2) เปรียบเทียบสมรรถนะ และประสิทธิภาพการทำงาน ในภาพรวม โดยใช้สถิตินอนพาราเมตริกลำดับพิสัย Wilcoxon

คนที่	ผลคะแนนการประเมินของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 1	ผลคะแนนการประเมินของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่2		
1	54	68		
2	56	67		
3	60	67		
4	57	67		
5	59	68		
รวม	289	337		
$\bar{X}$	57.20	67.40		
S.D.	2.38	.54		
Post รวม Pre รวม	n	Mean Ranks	Z	P
Negative Rank	0 <sup>a</sup>	.00	-2.02	.04
Positive Rank	5 <sup>b</sup>	3.00		

จากตารางที่ 4-6 พบว่า ผลการคำนวณของลำดับที่เป็นลบ (a) 0 จำนวน เท่ากับ .00 และค่าเฉลี่ยของลำดับที่เป็นบวก (b) 5.00 จำนวน เท่ากับ 3 ค่า  $Z = -2.02$  Asymp sig (2-tailed) = .04 สรุปได้ว่าผลการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ในภาพรวมหลังพัฒนาสูงกว่าก่อนการพัฒนาอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นั่นคือเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 2 มีสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานสูงกว่ารุ่นที่ 1

ผลการทดสอบเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานรุ่นที่ 2 กับรุ่นที่ 3 เปรียบเทียบสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงาน ด้วยการใช้การวิเคราะห์ทางสถิติ Wilcoxon ปรากฏผลดังตาราง 4-7

**ตารางที่ 4-7** แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนการประเมินเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 2 กับรุ่นที่ 3 (V2-V3) เปรียบเทียบสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานในภาพรวม โดยใช้สถิตินอนพารามตริกลำดับพิสัย Wilcoxon

คนที่	ผลคะแนนการประเมินของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 2	ผลคะแนนการประเมินของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 3		
1	54	68		
2	56	67		
3	60	67		
4	57	67		
5	59	68		
รวม	289	337		
$\bar{X}$	57.20	67.40		
S.D.	2.38	.54		
Post รวม Pre รวม	n	Mean Ranks	Z	P
Negative Rank	0 <sup>a</sup>	.00	-2.02	.04
Positive Rank	5 <sup>b</sup>	3.00		

จากตารางที่ 4-7 พบว่า ผลการคำนวณของลำดับที่เป็นลบ (a) 0 จำนวน เท่ากับ .00 และค่าเฉลี่ยของลำดับที่เป็นบวก (b) 5.00 จำนวน เท่ากับ 3 ค่า  $Z = -2.02$  Asymp sig (2-tailed) = .04 สรุปได้ว่าผลการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ภาพรวมหลังพัฒนาสูงกว่าก่อนการพัฒนาอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นั่นคือเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 3 มีสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานสูงกว่ารุ่นที่ 2

ผลการทดสอบเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานรุ่นที่ 3 และรุ่นที่ 4 เปรียบเทียบสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงาน ด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติ Wilcoxon ปรากฏผลดังตาราง 4-8

**ตารางที่ 4-8** แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนการประเมินเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 3 กับรุ่นที่ 4 (V3-V4) เปรียบเทียบสมรรถนะ และประสิทธิภาพการทำงานในภาพรวม โดยใช้สถิตินอนพาราเมตริกลำดับพิสัย Wilcoxon

คนที่	ผลคะแนนการประเมินของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 3	ผลคะแนนการประเมินของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 4		
1	54	68		
2	56	67		
3	60	67		
4	57	67		
5	59	68		
รวม	289	337		
$\bar{X}$	57.20	67.40		
S.D.	2.38	.54		
Post รวม Pre รวม	n	Mean Ranks	Z	P
Negative Rank	0 <sup>a</sup>	.00	-2.02	.04
Positive Rank	5 <sup>b</sup>	3.00		

จากตารางที่ 4-8 พบว่าผลการคำนวณของลำดับที่เป็นลบ (a) 0 จำนวนเท่ากับ .00 และค่าเฉลี่ยของลำดับที่เป็นบวก (b) 5.00 จำนวน เท่ากับ 3 ค่า  $Z = -2.02$  Asymp sig (2-tailed) = .04 สรุปได้ว่าผลการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานในภาพรวม หลังพัฒนาสูงกว่าก่อนการพัฒนาอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นั่นคือเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 4 มีสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานสูงกว่ารุ่นที่ 3

ผลการทดสอบเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานรุ่นที่ 4 กับรุ่นที่ 5 เปรียบเทียบสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงาน ด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติ Wilcoxon ปรากฏผลดังตาราง 4-9

**ตารางที่ 4-9** แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนการประเมินเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 4 กับรุ่นที่ 5 (V4-V5) เปรียบเทียบสมรรถนะ และประสิทธิภาพการทำงานในภาพรวม โดยใช้สถิตินอนพาราเมตริกลำดับพิสัย Wilcoxon

คนที่	ผลคะแนนการประเมินของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 4	ผลคะแนนการประเมินของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5		
1	54	68		
2	56	67		
3	60	67		
4	57	67		
5	59	68		
รวม	289	337		
$\bar{X}$	57.20	67.40		
S.D.	2.38	.54		
Post รวม Pre รวม	n	Mean Ranks	Z	P
Negative Rank	0 <sup>a</sup>	.00	-2.02	.00
Positive Rank	5 <sup>b</sup>	3.00		

จากตารางที่ 4-9 พบว่า ผลการคำนวณของลำดับที่เป็นลบ (a) 0 จำนวนเท่ากับ .00 และค่าเฉลี่ยของลำดับที่เป็นบวก (b) 5.00 จำนวน เท่ากับ 3 ค่า  $Z = -2.02$  Asymp sig (2-tailed) = .04 สรุปได้ว่าผลการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานในภาพรวมหลังพัฒนา สูงกว่าก่อนการพัฒนายังมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นั่นคือเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 มีสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานสูงกว่ารุ่นที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูลขั้นตอนที่ 3

ผลการทดลองใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 เปรียบเทียบกับการใช้งานของหม้อย้อมสีแบบเดิม ปรากฏผลดังตาราง 4-10



**ตารางที่ 4-10** เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการทดสอบเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 เปรียบเทียบกับการใช้งานของหม้อย้อมสีแบบเดิม ระหว่างคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	n	$\bar{X}$	SD	Z	p
กลุ่มทดลอง	15	2.56	.66	-.26.29*	.00
กลุ่มควบคุม	15	2.07	.53		

จากตารางที่ 4-10 พบว่า การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการทดสอบเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 เปรียบเทียบกับการใช้งานของหม้อย้อมสีแบบเดิมจากการทดสอบพบว่า เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 เปรียบเทียบกับการใช้งานของหม้อย้อมสีแบบเดิม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กล่าวได้ว่าการใช้นวัตกรรมที่สร้างขึ้นดีกว่าไม่ใช้นวัตกรรม

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความพึงพอใจของผู้ประกอบการโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม จากแบบสอบถามเพื่อสำรวจ ผู้วิจัยได้จัดลำดับการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล จากแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ประกอบการที่ตอบโดยผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 30 ฉบับ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถามปรากฏผลดังตารางที่ 4-11

**ตารางที่ 4-11** จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามที่เป็นผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย

สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม	จำนวน (n = 30)	ร้อยละ
1. เพศ ชาย	5	17
เพศ หญิง	25	83
รวม		100
2. อายุ		
1) 21-30 ปี	1	3
2) 31-40 ปี	4	13
3) 41-50 ปี	9	30
4) 51 ปีขึ้นไป	16	54
รวม		100
3. วุฒิการศึกษาสูงสุดของท่านในปัจจุบัน		
1) ระดับประถมศึกษา	17	57

ตารางที่ 4-11 จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามที่เป็นผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย (ต่อ)

สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม	จำนวน (n = 30)	ร้อยละ
3. วุฒิการศึกษาสูงสุด		
1) ระดับประถมศึกษา	17	57
2) ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น	8	27
3) ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย	3	10
4) ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ	1	3
5) ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	1	3
6) ระดับปริญญาตรี	-	
รวม		100
4. ประสบการณ์ในการทำงาน		
1-5 ปี	1	3
6-10 ปี	1	3
11-15 ปี	1	3
16-20 ปี	2	6
21-25 ปี	4	16
26-30 ปี	6	20
31 ปี ขึ้นไป	15	49
รวม		100

จากตารางที่ 4-11 พบว่า จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามที่เป็นผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงร้อยละ 83 มีอายุอยู่ระหว่าง 51 ปีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 54 และเป็นผู้ที่จบการศึกษาในระดับประถมศึกษา มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 57 มีประสบการณ์ในการทำงานช่วง 31 ปีขึ้นไปมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 49

ส่วนที่ 2 การประเมินผลความพึงพอใจในการทดลองใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 กับหม้อต้มแบบเดิม ปรากฏดังตารางที่ 4-12

ตารางที่ 4-12 ผลการประเมินความพึงพอใจในการทดลองใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 กับหม้อต้มแบบเดิมของชาวบ้านและผู้ประกอบการ

ความพึงพอใจในการทดลองใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน		ระดับความคิดเห็น		
		$\bar{x}$	SD	การแปลผล
1	มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน	4.60	0.49	มากที่สุด
2	มีความแปลกใหม่เหมาะกับลักษณะงาน	4.66	0.47	มากที่สุด
3	จากการทดลองสามารถใช้งานได้จริง	4.60	0.49	มากที่สุด
4	มีความคุ้มค่าต่อการนำไปใช้งาน	4.60	0.49	มากที่สุด
5	มีความปลอดภัยสูง	4.63	0.49	มากที่สุด
6	ขั้นตอนการทำงานไม่ซับซ้อน	4.86	0.34	มากที่สุด
7	ไม่ยุ่งยากในการปฏิบัติงาน	4.60	0.49	มากที่สุด
8	มีสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานสูง	4.66	0.47	มากที่สุด
9	เส้นไหมและเส้นฝ้ายเมื่อผ่านการย้อมมีคุณภาพสูง	4.56	0.50	มากที่สุด
10	สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก	4.56	0.50	มากที่สุด
11	การดูแลรักษาไม่ยุ่งยาก	4.63	0.49	มากที่สุด
12	เพิ่มศักยภาพในการผลิตเส้นไหมและเส้นฝ้าย	4.83	0.37	มากที่สุด
13	ต้นทุนในการผลิตต่ำ	4.53	0.50	มากที่สุด
14	มีคู่มือการใช้งานและคู่มือการบำรุงรักษา	4.63	0.49	มากที่สุด
15	สามารถนำไปจดสิทธิบัตรได้	4.80	0.40	มากที่สุด
<b>รวม</b>		<b>4.65</b>	<b>0.18</b>	<b>มากที่สุด</b>

จากตารางที่ 4-12 พบว่า ผลการประเมินความพึงพอใจในการทดลองใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 กับหม้อต้มแบบเดิมในภาพรวม มีค่าระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.65$ ) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ โดยเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อย 3 ลำดับแรกพบว่า ขั้นตอนการทำงานไม่ซับซ้อน มีระดับความพึงพอใจระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.86$ ) รองลงมาคือเพิ่มศักยภาพในการผลิตเส้นไหมและเส้นฝ้ายมีระดับความพึงพอใจระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.83$ ) และสามารถนำไปจดสิทธิบัตรได้ มีระดับความพึงพอใจระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.80$ )

#### ผลการวิเคราะห์ข้อมูลขั้นตอนที่ 4

การประเมิน (Evaluation) ในการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดขอบเขตงานวิจัยเป็นขอบเขตด้านเนื้อหา ประชากรและตัวแปรที่ศึกษา โดยมีรายละเอียด ดังนี้ ขอบเขตของเนื้อหาการวิจัยในครั้งนี้มุ่งพัฒนาตัวชี้วัดความสำเร็จของการพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานตามทัศนคติของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ในการประเมินผลตามแบบประเมินระยะเริ่มต้น แบบประเมินระยะกลาง และแบบประเมินระยะสิ้นสุดของการดำเนินงานในการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ปรากฏผล ดังนี้

การประเมินผลระยะเริ่มต้นในการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ปรากฏดังตารางที่ 4-13

**ตารางที่ 4-13** ผลการประเมินระยะเริ่มต้นของการดำเนินงานในการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน

การประเมินระยะเริ่มต้นของการดำเนินงานในการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน		ระดับความคิดเห็น		
		$\bar{X}$	SD	การแปลผล
1	การกำหนดโจทย์ การออกแบบและสร้างนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์มาจากสภาพของปัญหาการทำงานการย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน	4.40	.54	มากที่สุด
2	สรุปสิ่งที่เป็นปัญหาในการทำงานด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายเพื่อนำไปออกแบบนวัตกรรมใหม่	5.00	.00	มากที่สุด
3	นำสาเหตุของปัญหามาสร้างกรอบแนวคิดการวิจัยนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ในการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย	4.40	.54	มากที่สุด
4	สามารถวางแผนการแก้ปัญหา นำไปสู่การดำเนินงานในภาคปฏิบัติได้	4.00	.00	มากที่สุด
5	มีผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสร้างและพัฒนา นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์	4.60	.54	มากที่สุด
6	มีข้อเสนอแนะที่ประโยชน์ในการวางแผนการทำงาน	4.60	.54	มากที่สุด
7	กำหนดวิธีการรวบรวมข้อมูลได้ตามกระบวนการ	4.80	.44	มากที่สุด
8	มีการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลหลายแหล่งเพื่อนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหา เพื่อนำไปสร้างและพัฒนา นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์	5.00	.00	มากที่สุด

ตารางที่ 4-13 ผลการประเมินระยะเริ่มต้นของการดำเนินงานในการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน (ต่อ)

การประเมินระยะเริ่มต้นของการดำเนินงานในการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน		ระดับความคิดเห็น		
		$\bar{X}$	SD	การแปลผล
9	จัดระบบข้อมูลเป็นกลุ่มให้เข้าใจง่าย	4.80	.44	มากที่สุด
10	โยงความสัมพันธ์ของเหตุและผลของข้อมูลในเรื่องที่สืบค้นได้	4.80	.44	มากที่สุด
11	บันทึกผลความรู้โดยใช้ภาษาที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ	4.80	.44	มากที่สุด
12	ลำดับข้อมูลได้ดีและไม่สับสน	4.60	.54	มากที่สุด
13	ประเมินผลการจัดกระทำข้อมูลด้านสภาพปัญหาว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่	4.60	.54	มากที่สุด
14	กำหนดราคาอุปกรณ์การสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานได้	4.60	.54	มากที่สุด
15	สะท้อนผลของปัญหาที่เก็บข้อมูลในแหล่งต่าง ๆ มาสังเคราะห์และนำมาเข้าสู่กระบวนการผลิต	4.60	.54	มากที่สุด
<b>รวม</b>		<b>4.64</b>	<b>.20</b>	<b>มากที่สุด</b>

จากตารางที่ 4.13 พบว่าผลการประเมินระยะเริ่มต้นของการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 ในภาพรวมมีค่าระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.64$ ) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อโดยเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อย 3 ลำดับแรกพบว่า สรุปลิงที่เป็นปัญหาในการทำงานด้าน การย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายเพื่อนำไปออกแบบนวัตกรรมใหม่ และมีการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลหลายแหล่งเพื่อนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสร้างและพัฒนา นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ ระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 5.00$ ) รองลงมาคือ กำหนดวิธีการรวบรวมข้อมูลได้ตาม กระบวนการ จัดระบบข้อมูลเป็นกลุ่มให้เข้าใจง่าย โยงความสัมพันธ์ของเหตุและผลของข้อมูลในเรื่องที่สืบค้น ได้ และบันทึกผลความรู้โดยใช้ภาษาที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ อยู่ใน ระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.80$ )

การประเมินระยะกลางของการดำเนินงานในการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหม และฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ปรากฏดังตารางที่ 4-14

ตารางที่ 4-14 ผลการประเมินระยะกลางของการดำเนินงานในการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน

การประเมินระยะกลางของการดำเนินงานในการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน		ระดับความคิดเห็น		
		$\bar{x}$	SD	การแปลผล
1	ดำเนินการการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานตามแผนการดำเนินงาน	4.40	.54	มากที่สุด
2	จัดหาวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือในการการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน	5.00	.00	มากที่สุด
3	การกำหนดวิธีแก้ไขปัญหาและขั้นตอนการแก้ไขปัญหาระหว่างการปฏิบัติงาน	4.40	.54	มากที่สุด
4	การปฏิบัติตามแผนการดำเนินงาน และขั้นตอนที่กำหนด	4.40	.00	มากที่สุด
5	การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือในการทำงานได้อย่างประหยัด	4.60	.54	มากที่สุด
6	การแก้ปัญหาเฉพาะหน้า	4.60	.54	มากที่สุด
7	เก็บข้อมูลหรือข้อเท็จจริงระหว่างการปฏิบัติงานประกอบการทำงาน	4.80	.44	มากที่สุด
8	ปฏิบัติงานอย่างปลอดภัย มีความเป็นระเบียบและมีวินัยในการปฏิบัติงาน	5.00	.00	มากที่สุด
9	การบันทึกข้อมูลและการจัดทำข้อมูล	4.80	.44	มากที่สุด
10	การสรุปและเรียบเรียงข้อมูล	4.80	.44	มากที่สุด
<b>รวม</b>		<b>4.64</b>	<b>.18</b>	<b>มากที่สุด</b>

จากตารางที่ 4-14 พบว่า ผลการประเมินระยะกลางของดำเนินงานในการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 ในภาพรวมมีค่าระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.64$ ) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อโดยเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อย 3 ลำดับแรกพบว่าจัดหาวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือในการการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน และปฏิบัติงานอย่างปลอดภัย มีความเป็นระเบียบและมีวินัยในการปฏิบัติงานในระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 5.00$ ) รองลงมาคือ เก็บข้อมูลหรือข้อเท็จจริงระหว่างการปฏิบัติงานประกอบการทำงาน และการบันทึกข้อมูลและการจัดทำข้อมูลและการสรุปและเรียบเรียงข้อมูลอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.80$ )

การประเมินผลในระยะสิ้นสุดของการดำเนินงานของการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหม และฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ปรากฏดังตารางที่ 4-15

ตารางที่ 4-15 ผลการประเมินระยะสิ้นสุดของการดำเนินงานในการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน

การประเมินระยะสิ้นสุดของการดำเนินงานในการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน		ระดับความคิดเห็น		
		$\bar{X}$	SD	การแปลผล
1	มีการสรุปผลรายงานการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน	4.60	.54	มากที่สุด
2	มีการเผยแพร่ผลงานเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน	4.80	.44	มากที่สุด
3	ความคิดสร้างสรรค์ของผลงาน	4.60	.54	มากที่สุด
4	การนำเสนอเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน มีความเข้าใจง่าย	4.60	.54	มากที่สุด
5	อธิบายหลักการทำงานเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ได้เข้าใจและชัดเจน	4.80	.44	มากที่สุด
6	อธิบายการใช้งานเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ตามคู่มือได้อย่างเข้าใจและชัดเจน	4.60	.54	มากที่สุด
7	อธิบายการบำรุงรักษาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ตามคู่มือได้อย่างเข้าใจและชัดเจน	4.80	.44	มากที่สุด
8	เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน มีสมรรถนะการทำงานสูง	4.60	.54	มากที่สุด
9	เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน มีประสิทธิภาพการทำงานสูง	4.80	.44	มากที่สุด
10	สามารถนำไปต่อยอดเชิงธุรกิจได้	4.80	.44	มากที่สุด
<b>รวม</b>		<b>4.68</b>	<b>.08</b>	<b>มากที่สุด</b>

จากตารางที่ 4-15 พบว่า ผลการประเมินระยะสิ้นสุดของการดำเนินงานในการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานพลังงาน รุ่นที่ 5 ในภาพรวมมีค่าระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.68$ ) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน มีประสิทธิภาพการทำงานสูง สามารถนำไปต่อยอดเชิงธุรกิจได้ อธิบายหลักการทำงานและการบำรุงรักษาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ตามคู่มือได้อย่างเข้าใจและชัดเจน และมีการเผยแพร่ผลงานอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.80$ )


**การเผยแพร่ผลงาน** เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มแบบประหยัดพลังงาน ได้ใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา มีกระบวนการสร้างและพัฒนาด้วยกันทั้งหมด 5 รุ่น โดยมีการทดลองและการนำไปใช้งานจริงของชุมชนและผู้ประกอบการด้านการทำผ้าไหมและผ้าฝ้าย ตลอดจนมีการเผยแพร่ผลงานโดยการนำผลงานเข้าร่วมประกวดและร่วมจัดนิทรรศการกับหน่วยงานต่าง ๆ จนเป็นที่ยอมรับ ดังนั้น การแข่งขันสุดยอดนวัตกรรมและการประกวดสิ่งประดิษฐ์ของคนรุ่นใหม่ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, การประกวดสิ่งประดิษฐ์นวัตกรรมสายอาชีวศึกษา (Rin), การประกวดสิ่งประดิษฐ์นวัตกรรมของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.), โดยผลงานดังกล่าวได้รับรางวัลในระดับจังหวัด ระดับภาค ระดับชาติ และในระดับนานาชาติ ดังตารางที่ 4-16 แสดงการเผยแพร่ผลงานของผู้วิจัยและผู้เรียนที่ได้รับรางวัล



ตารางที่ 4-16 แสดงการเผยแพร่ผลงานบางส่วนของผู้วิจัยและผู้เรียนที่ได้นำผลงาน สิ่งประดิษฐ์ เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มแบบประหยัดพลังงาน เข้าร่วมจัดนิทรรศการ และร่วมประกวดผลงานกับหน่วยงานต่าง ๆ จนได้รับรางวัลในระดับจังหวัด ระดับภาค ระดับชาติ และในระดับนานาชาติ

วัน/เดือน/ปี	การเผยแพร่ผลงาน	ภาพแสดงผลการพัฒนา นวัตกรรม สิ่งประดิษฐ์
21/2/2560	1.ได้นำผลงานเข้าร่วมจัดแสดงนิทรรศการในงานน้อมนำศาสตร์พระราชาสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืนร่วมกับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย(กฟผ.)	การพัฒนานวัตกรรม รุ่นที่ 1 
21/11/2560	2.ได้นำผลงานเข้าร่วมในการประกวดสิ่งประดิษฐ์ของคนรุ่นใหม่ ในระดับอาชีวศึกษา จังหวัดอุบลราชธานี ประเภทสิ่งประดิษฐ์เพื่อการประกอบอาชีพ (สะท้อนผลจากการพัฒนาครั้งที่ 1)	
22/6/2560	1.เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้าย ได้รับ “รางวัลโล่รางวัลและเกียรติบัตรในระดับดี” จากโครงการส่งเสริมการวิจัยสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมสายอาชีวศึกษา จากสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ (วช.) (สะท้อนผลจากการพัฒนาครั้งที่ 2)	การพัฒนานวัตกรรม ครั้งที่ 2 
24/12/2560	1.ได้รับเกียรติบัตรและโล่ “รางวัลชนะเลิศ” ประเภทสิ่งประดิษฐ์ด้านการประกอบอาชีพ ในการประกวดสิ่งประดิษฐ์ของคนรุ่นใหม่ ในระดับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จากสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ประจำปี 2561	การพัฒนานวัตกรรม ครั้งที่ 3 
4/7/2561	2.ได้นำผลงานเข้าร่วมในงาน Thai Tech Expo ของกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประจำปี 2560	

ตารางที่ 4-16 แสดงการเผยแพร่ผลงานบางส่วนของผู้วิจัยและผู้เรียนที่ได้นำผลงานสิ่งประดิษฐ์ เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มแบบประหยัดพลังงาน เข้าร่วมจัดนิทรรศการและร่วมประกวดผลงานกับหน่วยงานต่าง ๆ จนได้รับรางวัลในระดับจังหวัด ระดับภาค ระดับชาติ และในระดับนานาชาติ (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	การเผยแพร่ผลงาน	ภาพแสดงผลการพัฒนา นวัตกรรม สิ่งประดิษฐ์
12/12/2561	3.ได้นำผลงานไปถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน ให้กับกลุ่มผู้ผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายในจังหวัด	<p>การพัฒนานวัตกรรมครั้งที่ 4</p> 
6/2/2561	1.ได้รับ “รางวัลชนะเลิศเหรียญทอง” และ “รางวัลชนะเลิศ” การเขียนข้อเสนอโครงการ “รางวัลนักคิดสิ่งประดิษฐ์รุ่นใหม่” จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปี การศึกษา 2560	
23/3/2561	2.ได้นำผลงานเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน โดยการนำไปถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน และมอบเครื่อง ให้กับกลุ่มทอผ้าไหมและผ้าฝ้าย บ้านโนนสำราญ ตำบลนิคม อำเภอสิรินธร จังหวัดอุบลราชธานี	
22/10/2561	3.ได้รับ “รางวัลชนะเลิศ” ในระดับภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ โครงการหนึ่งอาชีวะ หนึ่งนวัตกรรม เพื่อใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ ของกรมทรัพย์สินทางปัญญา ประจำปี 2561	
14/12/2561	4.ได้รับเกียรติบัตรและโล่ “รางวัลชมเชย” ในระดับประเทศ โครงการหนึ่งอาชีวะ หนึ่งนวัตกรรม เพื่อใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ ของกรมทรัพย์สินทางปัญญา ประจำปี 2561	

ตารางที่ 4-16 แสดงการเผยแพร่ผลงานบางส่วนของผู้วิจัยและผู้เรียนที่ได้นำผลงาน สิ่งประดิษฐ์ เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มแบบประหยัดพลังงาน เข้าร่วมจัดนิทรรศการ และร่วมประกวดผลงานกับหน่วยงานต่าง ๆ จนได้รับรางวัลในระดับจังหวัด ระดับภาค ระดับชาติ และในระดับนานาชาติ (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	การเผยแพร่ผลงาน	ภาพแสดงผลการพัฒนา นวัตกรรม สิ่งประดิษฐ์
13/4/2561	5.ได้รับ “รางวัล SMER AWARD และ รางวัล SPECIAL AWARD จาก INNOPA” สาธารณรัฐอินโดนีเซียในงาน “The 8 <sup>th</sup> International Engineering Invention & Innovation 2018 (I-ENMEX 2018)” ณ รัฐเปอร์ลิส สหพันธรัฐมาเลเซีย ประจำปีการศึกษา 2561 โดยได้รับการสนับสนุนจากสำนักงาน คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และการเผยแพร่ผลงานในรายการเสมวาไรตี้ (สะท้อนผลจากการพัฒนาครั้งที่ 4)	<p>การพัฒนานวัตกรรมครั้งที่ 4</p> 
8/1/2562	1.ได้รับ “รางวัลยอดเยี่ยมด้านนำไปใช้จริง” โครงการทีมเทคนิคและอาชีวศึกษาเพื่อการ ประหยัดพลังงาน จากกรมพัฒนาพลังงานและอนุรักษ์พลังงาน ประจำปีการศึกษา 2561	<p>การพัฒนานวัตกรรมครั้งที่ 5</p> 

**ตารางที่ 4-16** แสดงการเผยแพร่ผลงานบางส่วนของผู้วิจัยและผู้เรียนที่ได้นำผลงานสิ่งประดิษฐ์ เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มแบบประหยัดพลังงาน เข้าร่วมจัดนิทรรศการและร่วมประกวดผลงานกับหน่วยงานต่าง ๆ จนได้รับรางวัลในระดับจังหวัด ระดับภาค ระดับชาติ และในระดับนานาชาติ (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	การเผยแพร่ผลงาน	ภาพแสดงผลการพัฒนา นวัตกรรม สิ่งประดิษฐ์
6/2/2562	2ได้รับรางวัล“รางวัลชนะเลิศ” และ “รางวัลเหรียญทอง”การประกวดสิ่งประดิษฐ์ “รางวัลนักคิดสิ่งประดิษฐ์รุ่นใหม่”จากสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีการศึกษา 2562	
11/11/2562	3ได้รับเกียรติบัตร“รางวัลชนะเลิศระดับเหรียญทอง”ในการประกวดสิ่งประดิษฐ์ของคนรุ่นใหม่ สุดยอดนวัตกรรมอาชีวศึกษา ในระดับอาชีวศึกษาจังหวัดอุบลราชธานี ประจำปี 2562	
1/12/2562	4ได้รับเกียรติบัตรและโล่รางวัล“รางวัล Honor Awards” สิ่งประดิษฐ์ด้านการประกอบอาชีพในการประกวดสิ่งประดิษฐ์ของคนรุ่นใหม่ สุดยอดนวัตกรรมอาชีวศึกษา ในระดับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ประจำปี 2562	
11/2/2563	5ได้รับเกียรติบัตร “รางวัลที่ 1”การประกวดสิ่งประดิษฐ์คิดค้นทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระดับอาชีวศึกษาและอุดมศึกษา จากกระทรวงอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประจำปีการศึกษา 2562 (สะท้อนผลจากการพัฒนาครั้งที่ 5)	

จากตารางที่ 4-16 ในการเผยแพร่ผลงานของผู้วิจัยและผู้เรียนที่ได้นำผลงานสิ่งประดิษฐ์ เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มแบบประหยัดพลังงาน เข้าร่วมจัดนิทรรศการและประกวด

ในเวทีต่าง ๆ ซึ่งในการเข้าร่วมประกวดและแข่งขันในแต่ละครั้งนั้นคณะกรรมการจะมีเกณฑ์การให้คะแนน ผู้วิจัยจะต้องศึกษาเกณฑ์การให้คะแนนอย่างละเอียดแล้วพัฒนาคุณภาพผลงานให้ผ่านเกณฑ์อย่างน้อยร้อยละ 80 ขึ้นไป ตลอดจนมีการพัฒนาและปรับปรุงผลงานนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์อย่างต่อเนื่อง จึงกล่าวได้ว่าการใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา (R&D) มาใช้ในการพัฒนานวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล สามารถทำงานได้จริงตามวัตถุประสงค์ ส่งผลให้ได้รับรางวัลในระดับนานาชาติ รางวัลชนะเลิศในระดับชาติ รางวัลชนะเลิศในระดับภาค รางวัลชนะเลิศในระดับจังหวัดอย่างต่อเนื่องจนเป็นที่ยอมรับทั้งในและนอกหน่วยงาน รวมถึงการได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยเพื่อนำไปสู่การใช้ประโยชน์ และการได้รับความคุ้มครองทรัพย์สินทางปัญญาประเภท อนุสิทธิบัตร การประดิษฐ์ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสังคม และชุมชนที่ประกอบอาชีพการทำผ้าไหมและผ้าฝ้ายได้นำผลงานไปใช้จริง

## บทที่ 5

### สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหา ความต้องการ ด้านการย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายของผู้ประกอบการ เพื่อสร้างและพัฒนานวัตกรรมเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน เพื่อทดลองใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน และเพื่อประเมินผลการใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานและเผยแพร่ผลงาน มีการประเมินระยะเริ่มต้นของการดำเนินงาน การประเมินระยะกลางของการดำเนินงาน และการประเมินระยะสิ้นสุดของการดำเนินงาน โดยดำเนินการในปีการศึกษา 2560-2562 ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้ 1) กลุ่มตัวอย่างคือผู้ประกอบการด้านการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 108 คน ได้มาโดยใช้วิธีการแบบชั้นภูมิ 2) ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัยและด้านนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ จำนวน 5 ท่าน 3) ในการทดลองใช้นวัตกรรมแบ่งเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 15 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 15 คน โดยได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) 4) ผู้ประเมินได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัยและด้านนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ จำนวน 5 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แบบสอบถาม 2) รูปแบบที่พัฒนาขึ้น 3) นวัตกรรมที่ได้จากการพัฒนารูปแบบ และแบบประเมินความพึงพอใจการใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน 4) แบบประเมินในระยะเริ่มต้นของการดำเนินงาน แบบประเมินระยะกลางของการดำเนินงาน และแบบประเมินระยะสิ้นสุดของการดำเนินงานในการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน สถิติที่ใช้ในการวิจัยคือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบความแตกต่างด้วยการทดสอบค่าที

### สรุปผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหา ความต้องการด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายของผู้ประกอบการ (Survey Research) มีผู้ให้ข้อมูลจำนวน 108 คน ได้มาโดยใช้วิธีการแบบชั้นภูมิ เก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามชนิดประมาณค่า 5 ระดับ วิเคราะห์ข้อมูลโดยค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการสำรวจความคิดเห็นผู้ประกอบการมีความคิดเห็นต่อสภาพการณ์ดำเนินกิจการการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย ในสภาพปัจจุบันของสถานประกอบการภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ส่วนสภาพปัญหาและความต้องการการปฏิบัติของผู้ประกอบการในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง และระดับความต้องการพัฒนาเพิ่มเติม ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

2. ผลการพัฒนารูปแบบเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน (Innovation) ผู้วิจัยได้ใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เครื่องมือในการใช้เก็บข้อมูล ได้แก่ แบบประเมินความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ และแบบประเมินตามข้อกำหนด กติกา เกณฑ์มาตรฐานการให้คะแนนผลงานสิ่งประดิษฐ์ ประจำปีการศึกษา 2562 ประเภทที่ 2 สิ่งประดิษฐ์ด้านการประกอบอาชีพ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง 1.00 แล้วนำเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานไปทดลองใช้ แล้วเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของคะแนนด้วยวิธีการทดสอบของ Wilcoxon พบว่าผลการการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ในภาพรวมหลังพัฒนา สูงกว่าก่อนการพัฒนาอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 นั่นคือ เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 มีสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานสูงกว่ารุ่นที่ 4 และเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 4 มีสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานสูงกว่ารุ่นที่ 3 และเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 3 มีสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานสูงกว่ารุ่นที่ 2 และเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 2 มีสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานสูงกว่าเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 1 โดยมีการสร้างและพัฒนาด้วยกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research)

3. ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการทดสอบเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 เปรียบเทียบกับการใช้งานของหม้อย้อมสีแบบเดิม ระหว่างคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กล่าวได้ว่าการใช้นวัตกรรมที่สร้างขึ้นดีกว่าไม่ใช้นวัตกรรม ในการทดลองใช้เครื่องเป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi Experimental) เป็นผู้ประกอบการรวมจำนวน 30 คน แบ่งเป็นกลุ่มควบคุมจำนวน 15 และกลุ่มทดลอง จำนวน 15 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง ส่วนผลการประเมินความพึงพอใจจากการทดลองใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 กับหม้อต้มแบบเดิม ในภาพรวมมีระดับความพึงพอใจในระดับมากที่สุด

4. ผลการประเมิน (Evaluation) เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 ผู้ให้ข้อมูลได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ทำการเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามชนิดประมาณค่า 5 ระดับ วิเคราะห์ข้อมูลโดยค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยมีผลการประเมินระยะเริ่มต้นของการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 ในภาพรวมมีค่าระดับมากที่สุด ผลการประเมินระยะกลางของดำเนินงานในการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 ในภาพรวมมีค่าระดับมากที่สุด และผลการประเมินระยะสิ้นสุดของการทำงานในการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานรุ่นที่ 5 ในภาพรวมมีค่าระดับมากที่สุด ตลอดจนมีการเผยแพร่ผลงาน และมีการนำผลงานเข้าร่วมประกวดแข่งขันในเวทีต่าง ๆ จนเป็นที่ยอมรับ ซึ่งได้รับรางวัลในระดับจังหวัด ระดับภาค ระดับชาติ และในระดับนานาชาติ

## อภิปรายผลการวิจัย

1. จากข้อค้นพบในการวิจัยเชิงสำรวจพบว่า สภาพปัจจุบัน ปัญหา ความต้องการด้านการย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายของผู้ประกอบการมีความคิดเห็นในภาพรวมอยู่ระดับมากที่สุด และส่วนใหญ่ผู้ประกอบการยังคงใช้กระบวนการและวิธีการแบบเดิมโดยใช้แรงงานคนในการย้อมสี หากวิเคราะห์ถึงสาเหตุหลักส่วนใหญ่มาจากตัวผู้ประกอบการเองที่ยังไม่มีองค์ความรู้ในการจัดระบบการผลิต ซึ่งมีผลจากการสอบถามผู้ประกอบการในภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบว่า ผู้ประกอบการด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายขาดแหล่งการเรียนรู้ในการผลิตเส้นไหมและเส้นฝ้ายให้ได้คุณภาพ และมาตรฐานขาดนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ ไม่มีเครือข่ายความร่วมมือในการสร้างนวัตกรรมเพื่อเพิ่มผลผลิตในการพัฒนาคุณภาพ ไม่มีระบบป้องกันอันตรายในการทำงาน ไม่มีระบบควบคุมคุณภาพสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย ไม่มีระบบการต้มแบบประหยัดพลังงาน และลดค่าใช้จ่าย ชุมชนผู้ผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายมีความต้องการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้แทนการย้อมสีแบบเดิม ผู้ประกอบการไม่นำผลการวิจัยและพัฒนา นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์มาพัฒนากระบวนการผลิต และผู้ประกอบการมีประสบการณ์ในการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายเฉลี่ยมากกว่า 20 ปี ไม่เอื้อต่อการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงาน

สอดคล้องกับผลการวิจัยของ บัณฑิต บุณนาค (2550 : 108) ได้ศึกษาสภาพปัญหา อุปสรรคและความต้องการคุณลักษณะแรงงานช่างแม่พิมพ์ในสถานประกอบการอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพปัญหา อุปสรรคและความต้องการคุณลักษณะแรงงานช่างแม่พิมพ์ในสถานประกอบการอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล โดยประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ สถานประกอบการอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ที่มีชื่อในทำเนียบโรงงานอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ของสมาคมอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทย จำนวน 128 สถานประกอบการ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ เจ้าของกิจการ ผู้จัดการฝ่ายผลิตแม่พิมพ์ หัวหน้าฝ่าย หัวหน้าแผนก วิศวกร ในสถานประกอบการอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ที่มีชื่อในทำเนียบโรงงานอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ของสมาคมอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทย โดยใช้แบบสอบถามที่สร้างขึ้นมา การวิเคราะห์ผลการวิจัยครั้งนี้ใช้ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว one way – ANOVA ทดสอบสมมติฐาน F-test ทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยใช้ LSD (Least-Significant Different) จากการวิจัยสภาพปัญหา อุปสรรคและความต้องการคุณลักษณะแรงงานช่างแม่พิมพ์ในสถานประกอบการอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ในสถานประกอบการอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล พบว่า สถานประกอบการขนาดเล็ก สถานประกอบการขนาดกลาง และสถานประกอบการขนาดใหญ่ มีสภาพปัญหา อุปสรรค และความต้องการคุณลักษณะแรงงานช่างแม่พิมพ์ มีสภาพปัญหา อุปสรรคและความต้องการคุณลักษณะแรงงานช่างแม่พิมพ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในด้านความรู้ในวิชาชีพ ทักษะในวิชาชีพและสมรรถนะช่างแม่พิมพ์ และ เจตคติที่ดีต่อวิชาชีพ อยู่ในระดับมาก ซึ่งสถานประกอบการขนาดใหญ่มีความต้องการคุณลักษณะแรงงานช่างแม่พิมพ์ มากที่สุดในเรื่อง ความรู้ด้านความปลอดภัย ความรู้เกี่ยวกับนิวเมติกส์



ความรู้การบริหารงานอุตสาหกรรม ความรู้ในการควบคุมเครื่องจักรด้วยคอมพิวเตอร์ (CAM) ความสามารถในการปฏิบัติงานงานไฟฟ้าอุตสาหกรรมเบื้องต้น การเขียนแบบและออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ และการใช้เครื่องมือกล CNC

ยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ มานะ ตันตยานนท์ (2550 : บทคัดย่อ) การศึกษาสภาพปัญหา อุปสรรคและปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการจัดทำระบบบริหารคุณภาพ ISO/TS 16949:2002 ของโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา สภาพปัญหา อุปสรรค และปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการจัดทำระบบคุณภาพ ISO/TS 16949 ของโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยศึกษาเปรียบเทียบ ลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย การศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการวิจัยเชิงสำรวจ โดยการใช้แบบสอบถาม กับกลุ่มตัวอย่างโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์ ที่จดทะเบียนกับกรมโรงงาน โดยเลือกพิจารณาเฉพาะ โรงงานที่ได้รับการรับรองระบบคุณภาพ ISO/TS 16949 แล้ว จำนวน 212 โรงงาน จากกลุ่มประชากร ทั้งหมด 2,136 โรงงาน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ สถิติ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าคลาดเคลื่อน มาตรฐานของค่าเฉลี่ย (Standard Error or Mean) วิเคราะห์เปรียบเทียบความคิดเห็นของสถาน ประกอบการที่มีต่อ สภาพปัญหา ตลอดจนการวิเคราะห์ องค์ประกอบ ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จ (Factor Analysis) โดยการสกัด ตัวประกอบด้านปัจจัย 2 ด้าน ได้แก่ ปัจจัยด้านประสิทธิภาพของ บุคลากรในองค์กร และด้านความมุ่งมั่นของผู้บริหาร รวมทั้งสิ้น 27 ตัวแปรผลการศึกษารูปได้ว่า ในด้านสภาพปัญหา และอุปสรรคในการจัดทำระบบคุณภาพ ที่พบคือ การให้ความร่วมมือของ บุคลากรใน บริษัท การที่พนักงานขาดจิตสำนึกด้านคุณภาพโดยไม่ปฏิบัติตามเอกสารคุณภาพ การขาดการสนับสนุนจากผู้บริหารและการที่มีเอกสารคุณภาพที่ซับซ้อนเขียนแล้วอ่านเข้าใจยาก ในด้านการจัดทำระบบคุณภาพที่จะประสบความสำเร็จนั้น จำเป็นต้องอาศัยปัจจัยต่อไปนี้ ปัจจัยด้านประสิทธิภาพของบุคลากรในองค์กร โดยบุคลากรจะต้องสามารถเข้าใจข้อกำหนดและนำไปประยุกต์ใช้กับลักษณะของการทำงานจริงได้ ซึ่งต้องอาศัยการจัดให้มีการฝึกอบรมด้านระบบคุณภาพ อย่างต่อเนื่องจากผู้มีประสบการณ์ และหลังจากนั้นทำการประเมินผล ความรู้ ความเข้าใจ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการจัดทำระบบบริหารคุณภาพ ISO/TS16949 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ พงศ์พันธ์ ตั้งกิจ (2550 : บทคัดย่อ) การศึกษาสภาพปัญหา การพัฒนาฝีมือแรงงานในสถานประกอบการการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพปัญหาการพัฒนาฝีมือแรงงานในสถานประกอบการการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในปัจจุบัน ซึ่งผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาสภาพปัญหา ความต้องการ และความคิดเห็นของผู้บริหาร เจ้าฝ่ายจัดฝึกอบรม และพนักงานของสถานประกอบการการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ทั่วประเทศ ถึงปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจในการพัฒนาฝีมือแรงงาน กลุ่มตัวอย่างเป็นสถานประกอบการการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ 5 ประเภท จำนวน 236 โรงงาน พนักงานจำนวน 1,180 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูล โดยการหาค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และค่า T-test ผลการวิจัยพบว่า

สภาพปัญหาการพัฒนาฝีมือแรงงานในสถานประกอบการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ จากการศึกษาข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ พบว่าสถานประกอบการ จำนวน 236 โรงงาน ส่วนใหญ่เป็นประเภทผลิตชิ้นส่วนโลหะ คิดเป็นร้อยละ 69.49 มีพนักงาน 100-299 คน คิดเป็นร้อยละ 24.58 และมีเงินทุนจดทะเบียนมากกว่า 5 ล้านบาท จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบสภาพปัญหาของปัจจัยต่าง ๆ ตามสมมติฐาน ได้แก่ ประเภท ขนาด สถานที่ตั้ง และเงินลงทุนที่แตกต่างกัน ต่อสภาพปัญหาที่มีอยู่จริงพบว่า ปัจจัยเหล่านี้มีอิทธิพลต่อสภาพปัญหาในการพัฒนาฝีมือแรงงาน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการทดสอบสมมติฐานว่าระดับการศึกษาของพนักงานมีอิทธิพลต่อสภาพปัญหาในการพัฒนาฝีมือแรงงานหรือไม่จากตารางที่ 4.34 จะได้ค่า Sig.=0.00 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ (กำหนดไว้ที่ 0.05) แสดงว่าระดับการศึกษาของพนักงานมีอิทธิพลต่อสภาพปัญหาในการพัฒนาฝีมือแรงงาน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของธีรนุช มุลทากุล (2550 : บทคัดย่อ) ศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการด้านสมรรถนะช่างอุตสาหกรรม กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในจังหวัดระยองการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการด้านสมรรถนะช่างอุตสาหกรรม กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในจังหวัดระยอง โดยประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ สถานประกอบการอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในจังหวัดระยองทั้งหมด 5 สถานประกอบการ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ ผู้จัดการ วิศวกร หัวหน้าฝ่ายหรือหัวหน้าแผนกช่างอุตสาหกรรม ที่ทำงานในสถานประกอบการอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในจังหวัดระยอง ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) ได้จำนวนขนาดกลุ่มตัวอย่าง 143 คน การวิเคราะห์ผลการวิจัยครั้งนี้ใช้ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และการทดสอบสมมติฐาน T-test ผลการวิจัย สภาพปัญหา อุปสรรคและความต้องการสมรรถนะช่างอุตสาหกรรมในสถานประกอบการอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในจังหวัดระยองพบว่า สภาพปัญหา อุปสรรคและความต้องการสมรรถนะช่างอุตสาหกรรมมีความแตกต่างกัน โดยมีนัยสำคัญทางสถิติ ระดับสภาพปัญหา และความต้องการด้านสมรรถนะช่างอุตสาหกรรมคุณลักษณะด้านทัศนคติ และความพึงพอใจต่องานอยู่ในระดับมาก คือ ระดับความต้องการสูงที่สุดได้แก่ การเรียนรู้ด้วยตนเอง ใฝ่หาความรู้เพิ่มเติมจากแหล่งต่าง ๆ รองลงมาคือ ความตั้งใจทำงานที่ตนได้รับมอบหมาย และความซื่อสัตย์ สุจริตในหน้าที่และยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ สาวิตรี เกตุเสโร (2552 : บทคัดย่อ) ศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการสมรรถนะครูฝึกฝีมือแรงงาน กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน กระทรวงแรงงาน การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการสมรรถนะครูฝึกฝีมือแรงงาน กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน กระทรวงแรงงาน กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยคือ ครูฝึกฝีมือแรงงาน นักวิชาการ ฝีมือแรงงาน ชำนาญการ ผู้บังคับบัญชาระดับ หัวหน้างาน หัวหน้าฝ่าย และหัวหน้ากลุ่มงาน ของศูนย์ พัฒนาฝีมือแรงงานจังหวัดจำนวน 64 แห่ง สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานนานาชาติ 1 แห่ง และสถาบันพัฒนาฝีมือ

แรงงานภาค จำนวน 12 แห่ง กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน กระทรวงแรงงาน ทั่วประเทศ รวมทั้งสิ้น 217 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เป็นแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ สถิติ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า สภาพปัญหาสมรรถนะครูฝึกฝีมือ แรงงาน ด้านความรู้ทักษะและด้านเจตคติมีปัญหาในระดับปานกลาง ส่วนระดับความต้องการ สมรรถนะครูฝึกฝีมือแรงงาน ด้านความรู้ทักษะและด้านเจตคติมีความต้องการระดับมาก เมื่อทำการ เปรียบเทียบระดับสภาพปัญหาและระดับความต้องการสมรรถนะครูฝึกฝีมือแรงงาน ด้านความรู้ ทักษะพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ด้านเจตคติพบว่า ไม่มีความ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบระดับความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามที่มี สถานภาพที่แตกต่างกัน ได้แก่ เพศ อายุ ระดับวุฒิการศึกษา ประสบการณ์การทำงาน และตำแหน่ง งาน ต่อสภาพปัญหาสมรรถนะครูฝึกฝีมือแรงงาน ด้านความรู้ทักษะพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามที่มี สถานภาพที่แตกต่างกันมีความคิดเห็นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนด้าน เจตคติพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีตำแหน่งงานแตกต่างกัน มีความเห็นที่แตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในด้านการบริการที่ดี ด้านจริยธรรม และความร่วมมือร่วมใจผล การเปรียบเทียบระดับความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามที่มีสถานภาพที่แตกต่างกันต่อระดับความ ต้องการสมรรถนะครูฝึกฝีมือแรงงาน ด้านความรู้ทักษะ พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามที่มีตำแหน่งงาน แตกต่างกัน มีความเห็นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในด้านเทคนิคการสอน และนวัตกรรมการฝึก สื่อประกอบการฝึก ส่วนด้านเจตคติพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามที่มีประสบการณ์ ในการทำงานแตกต่างกัน มีความเห็นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในด้านการ บริการที่ดี

กล่าวได้ว่าผลการวิจัยของ บัณฑิต บุณนาค, มานะ ตันตยานนท์, พงศ์พันธ์ ตั้งกิจ, ธีรณุช มุลทากุล, และสาวิตรี เกตุเสโร พบว่า ในสภาพปัจจุบัน มีปัญหาและอุปสรรคในแต่ละด้านของ องค์กรในภาพรวมมีความต้องการได้รับการปรับปรุงและพัฒนาอยู่ระดับมากที่สุด เพื่อให้การ ดำเนินงานและการประกอบกิจการบรรลุวัตถุประสงค์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย ของผู้ประกอบการในสภาพปัจจุบัน ปัญหา ความต้องการ ในการดำเนินกิจการด้านการย้อมสีเส้นไหม และเส้นฝ้ายตามความต้องการของสถานประกอบการในภาพรวม มีความต้องการได้รับการพัฒนาใน ทุกด้านอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นกัน จึงนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์เครื่องย้อมสีเส้นไหม และฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานต่อไป

2. จากข้อค้นพบในการพัฒนานวัตกรรมพบว่า การสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและ ฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน หากวิเคราะห์ถึงสาเหตุหลักที่ทำให้ได้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้าย แบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานที่มีประสิทธิภาพนั้น ตามความคิดเห็นของผู้ประกอบการด้านการย้อมสี เส้นไหมและเส้นฝ้าย ในสภาพปัจจุบัน ปัญหา และความต้องการ พัฒนาเพิ่มเติมด้านการย้อมสีเส้น

ไหมและเส้นฝ้ายได้นำผลการวิจัยเชิงสำรวจในขั้นตอนที่ 1 ทำการสังเคราะห์ตัวแปรเพื่อนำไปพัฒนาระบบหรือกระบวนการผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้ายให้มีคุณภาพ จึงได้พัฒนารูปแบบการพัฒนานวัตกรรมเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานตามมโนทัศน์ (Concept) การสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ตามเกณฑ์ การประเมินนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ จนสามารถทำการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานในรุ่นที่ 1-5 (V1, V2, V3, V4 และ V5) แล้วได้ทำการทดลองและทดสอบจนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง โดยมีผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ประเมิน ยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ เตนพงษ์ ศิริกุล (2551:บทคัดย่อ) เครื่องกรอเส้นไหมพลังงานแสงอาทิตย์งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องกรอเส้นไหมพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อพัฒนาวิธีการกรอเส้นไหมให้มีประสิทธิภาพ เพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น และลดความเสี่ยงจากการเจ็บป่วยของผู้ทำงาน เครื่องกรอเส้นไหมพลังงานแสงอาทิตย์ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ (1) ส่วนทางกลใช้สำหรับกรอเส้นไหม และ (2) ส่วนควบคุมใช้สำหรับควบคุมการกรอเส้นไหม ใช้ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เป็นตัวควบคุมและใช้เทคนิค PWM (Pulse Width Modulation) สำหรับควบคุมความเร็วมอเตอร์และใช้พลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลการวิจัยพบว่า เครื่องกรอเส้นไหมพลังงานแสงอาทิตย์ ที่สร้างขึ้นสามารถเพิ่มผลผลิตในการกรอเส้นไหม 8 ชั่วโมงต่อวัน จากอัตรา 200-300 กรัม เป็น 550-600 กรัมต่อวัน และคุณภาพของเส้นไหมที่ได้เป็นที่น่าพอใจ

สอดคล้องกับผลการวิจัยของ ชัยมงคล รอดคำทวย และคณะ (2552) ได้ทำการศึกษาเรื่องกระบวนการพัฒนาเครื่องกรอด้วยกึ่งอัตโนมัติอย่างมีส่วนร่วมของชุมชนบ้านคำขวาง โดยการวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาความเป็นมาและบริบทของกลุ่มทอผ้าไหมและผ้าฝ้าย ตลอดจนชุมชนและชาวบ้านคำขวาง ตำบลคำขวาง อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี และเพื่อสร้างกระบวนการการจัดการอย่างมีส่วนร่วมในการศึกษาและออกแบบวิธีการกรอด้วยของกลุ่มแม่บ้าน บ้านคำขวาง เครื่องกรอด้วยกึ่งอัตโนมัติมีเทคโนโลยีสมัยใหม่ สร้างสรรค์ภูมิปัญญาการทอผ้าลายกาบบัว การทอผ้าเป็นวัฒนธรรมพื้นบ้านที่มีการสืบทอดต่อกันมานับเป็นเวลาหลายปีซึ่งการทอผ้านั้นจะมุ่งเน้นประโยชน์ในการนุ่งห่มเพื่อความอบอุ่น ใช้นุ่งห่มหรือประดับเพื่อความสวยงาม เป็นต้น ผ้าที่ได้จากการนำเอาปุ๋ยฝ้ายมาปั่น ย้อม กรอ และทอแล้วนำไปตกแต่งให้ได้ลักษณะตามต้องการ ทำให้เกิดเป็นเอกลักษณ์ในแต่ละท้องถิ่น ในการทอผ้าซึ่งมีความยุ่งยากหลายขั้นตอน การทอผ้าในแต่ละวันจะต้องใช้แรงงานคนในการทอผ้ามากเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มากตามไปด้วย ซึ่งกระบวนการทอผ้าจะมีอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่เรียกว่า “หลา” (เครื่องกรอด้วย) ซึ่งเป็นเครื่องมือในการเก็บด้ายใส่หลอดเพื่อนำไปใส่กระสวย หลาเป็นอุปกรณ์ในการกรอด้วย ซึ่งในการกรอด้วยแต่ละครั้งจะใช้เวลามากเพื่อเพิ่มความสะดวกสบายและง่ายต่อการดำรงชีวิต ลดเวลาในการทำงานและช่วยลดปัญหาภาระในขั้นตอนการกรอด้วยของกระบวนการทอผ้า และทำให้มีเวลาในการทอผ้ามากขึ้น

สอดคล้องกับผลวิจัยของ ศักดิ์ทงศ์ วงศ์เจริญ และคณะ (2553) ได้ทำการศึกษาเรื่องการพัฒนาประสิทธิภาพเครื่องกรอตัดยี่กึ่งอัตโนมัติ โดยการวิจัยครั้งนี้ เป็นการทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องกรอตัดยี่กึ่งอัตโนมัติที่ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องกรอตัดยี่กับกลุ่มแม่บ้านที่ทำอาชีพทอผ้าและชาวบ้านโดยมีแนวคิดในการทำวิจัยแบบมีส่วนร่วมในการพัฒนาและออกแบบเครื่องมือให้สามารถกรอตัดยี่ประสิทธิภาพสูงขึ้น และสามารถนำไปใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพอย่างยั่งยืน มีการทดสอบประสิทธิภาพของไนกรอตัดยี่ที่กรอด้วยมือ และเครื่องกรอตัดยี่กึ่งอัตโนมัติที่กรอด้วยเส้นด้าย การเปรียบเทียบจะวัดจากปริมาณขนาดของหลอดด้ายที่มีความพอเหมาะสำหรับใช้ในการทอผ้า ทำการจับเวลาที่ใช้ในการกรอตัดยี่และวัดความยาวของเส้นด้ายที่ได้จากการกรอตัดยี่

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของไนกรอตัดยี่ที่กรอด้วยมือและเครื่องกรอตัดยี่กึ่งอัตโนมัติในการใช้เส้นด้ายเป็นตัวทดสอบ ปรากฏว่าไนกรอตัดยี่ที่กรอด้วยมือใช้เวลาในการกรอตัดยี่เฉลี่ย 2.43 นาที และเครื่องกรอตัดยี่กึ่งอัตโนมัติใช้เวลาในการกรอตัดยี่เฉลี่ย 1.2 นาที แสดงว่าเครื่องกรอตัดยี่กึ่งอัตโนมัติสามารถลดระยะเวลาในการกรอตัดยี่ที่น้อยกว่าการกรอตัดยี่ด้วยมือ 1.23 นาที คิดเป็นร้อยละ 50.6 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อทำการวัดความยาวของเส้นด้ายที่กรอด้วยไนกรอตัดยี่ที่กรอด้วยมือมีความยาวเฉลี่ย 91 เมตร และเครื่องกรอตัดยี่กึ่งอัตโนมัติมีความยาวเฉลี่ย 120.17 เมตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเครื่องกรอตัดยี่กึ่งอัตโนมัติมีเส้นด้ายที่ยาวกว่าการกรอตัดยี่ด้วยมือ 29.17 เมตร คิดเป็นร้อยละ 32 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบการกรอตัดยี่ แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพในการกรอตัดยี่ของเครื่องกรอตัดยี่กึ่งอัตโนมัติสูงกว่าไนกรอตัดยี่ที่กรอด้วยมือ ลักษณะของเส้นด้ายจะเรียงกันเป็นเส้นต่อเส้นทำให้เก็บเส้นด้ายได้มากขึ้นและหลอดด้ายแน่นขึ้น ไม่มีปัญหาในขั้นตอนการทอผ้าขั้นตอนการบำรุงรักษาง่าย ถ้าหากกรอตัดยี่ไปนาน ๆ คุณภาพของหลอดด้ายยังคงที่ ซึ่งผลการวิจัยเป็นที่น่าพอใจของกลุ่มแม่บ้านเป็นอย่างยิ่ง

กล่าวได้ว่าผลการวิจัยของ เตนพงษ์ ศิริกุล, ชัยมงคล รอดคำทวย และคณะ, และศักดิ์ทงศ์ วงศ์เจริญ และคณะ พบว่าการสร้างและพัฒนานวัตกรรมมีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างและพัฒนา นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ ใช้สำหรับแก้ปัญหาหรือเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน มีการปรับปรุงและพัฒนา นวัตกรรม และสิ่งประดิษฐ์ ให้มีสมรรถนะและประสิทธิภาพเพื่อให้งานสามารถใช้งานได้ใช้งานในการประกอบอาชีพบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยจะเห็นได้ว่าการสร้างและพัฒนา นวัตกรรมเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จากรุ่นที่ 1 ถึงรุ่นที่ 5 ได้นั้นจะต้องมีผลการทดลองและทดสอบ จนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงในการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายเป็นอย่างดี

3. จากการค้นพบในผลการทดลองใช้เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ผู้วิจัยได้นำผลจากการพัฒนา นวัตกรรมเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ที่ได้มาจากการสร้างและพัฒนา นวัตกรรมในรุ่นที่ 5 มาทดลองโดยมีผู้ประกอบการเป็นผู้ประเมิน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลองประเมินโดยการใช้ด้วยเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานที่พัฒนาขึ้น และกลุ่มควบคุม คือ ผู้ประกอบการใช้วิธีการการ

ย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้ายแบบเดิม ทำการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการทดสอบเครื่องย้อมสีเส้นไหม และแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 เปรียบเทียบกับการใช้งานของหม้อย้อมสีแบบเดิม จากผลการทดลองพบว่า เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 เปรียบเทียบกับการใช้งานของหม้อย้อมสีแบบเดิมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กล่าวได้ว่าการใช้นวัตกรรมที่สร้างขึ้นดีการย้อมสีแบบเดิม สอดคล้องกับผลการวิจัยของ ภัทรานิษฐ์ สิทธิพนธ์ (2555:บทคัดย่อ) การออกแบบและพัฒนาผ้าฝ้ายทอมือ (มัดหมี่) ด้วยสีธรรมชาติ จากเปลือกมะพร้าว รายงานการวิจัยการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาลวดลายผ้าฝ้ายทอมือมัดหมี่ ด้วยสีธรรมชาติจากเปลือกมะพร้าว ทดสอบโดยย้อมสีธรรมชาติจากเปลือกมะพร้าวและใช้สารช่วยย้อม (Mordant) จากธรรมชาติ 5 ชนิด ได้แก่ โคลน สนิมเหล็ก น้ำขี้เถ้า (น้ำต่าง) สารส้ม และน้ำปูนใส การทดลองพบว่า มีความเข้มของสีที่มีความคงทนต่อการซัก รวมทั้งสารช่วยย้อมแต่ละชนิดจะทำให้ได้เฉดของสีออกมาต่าง ๆ กันไป ในการทดลองย้อมสีธรรมชาติจากเปลือกมะพร้าวพบว่า เฉดสีธรรมชาติที่ย้อมสีได้ จะแปรเปลี่ยนไปตามแต่ชนิดของสารช่วยย้อม โดยในการทดสอบสีต่อการซัก จำนวน 5 ครั้ง และนำเส้นฝ้ายระหว่างสีจากเส้นฝ้ายที่ย้อมเส้นฝ้ายจากเปลือกมะพร้าวอ่อนกับสีจากเส้นฝ้ายที่ย้อมเส้นฝ้ายจากเปลือกมะพร้าวแก่ ผลจากการทดลองเปรียบเทียบเฉดสี โดยเฉพาะสีที่ย้อมเส้นฝ้ายจากเปลือกมะพร้าวแก่ พบว่าเส้นฝ้ายจะมีความเข้มของสีคงทนมากกว่า จึงได้เฉดสีที่ได้จากการใช้สารช่วยย้อมนำไปย้อมผ้าฝ้ายทอมือ (มัดหมี่) การออกแบบลวดลายผ้าฝ้ายทอมือ (มัดหมี่) จึงมีแนวคิดในเป็นการนำลวดลาย ผ้าจากมาพัฒนาด้วยการนำเสนอแนวคิดจากลวดลายผ้าจกดั้งเดิมในท้องถิ่น ซึ่งนับว่าเป็นลายเก่าแก่แต่โบราณลักษณะการจกมาพัฒนาเป็นกระบวนการทอมัดหมี่ โดยการออกแบบลายมัดหมี่จึงเป็นองค์ประกอบหลักสำคัญที่แสดงให้เห็นคุณค่าความสวยงามบนผืนผ้า จากผลการทดลองย้อมสีธรรมชาติที่ได้เลือกเฉดสีที่นำไปออกแบบและพัฒนาลวดลายผ้ามัดหมี่ โดยมีแนวคิดในการพัฒนาลวดลายผ้าฝ้ายทอมือ (มัดหมี่) จากเปลือกมะพร้าว ในรูปแบบผลิตภัณฑ์ผ้าฝ้ายทอมือ (มัดหมี่) ได้แก่ ผ้าฝ้ายทอมือ (มัดหมี่) จากเปลือกมะพร้าว ลายขนนก และผ้าฝ้ายทอมือ (มัดหมี่) จากเปลือกมะพร้าว ลายปลั่งใจ เพื่อมุ่งเน้นพัฒนาการออกแบบสรรสร้างลวดลายมัดหมี่ให้มีความเป็นสากล

ยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ขวัญ คำลือ (2556) ได้ทำการวิจัย เรื่องการพัฒนาเครื่องกรอด้ายเก่าเส้น โดยกล่าวว่าชาวไทยส่วนใหญ่ทุกภูมิภาคนับถือศาสนาพุทธ ซึ่งเป็นศาสนาประจำชาติไทยและจะมีประเพณีสืบทอดพิธีกรรมทางศาสนาอย่างต่อเนื่องมาช้านานจนถึงปัจจุบัน และในพิธีกรรมเหล่านั้นต้องอาศัยองค์ประกอบซึ่งจะขาดเสียมิได้คือด้ายสายสิญจน์หรือด้ายเก่าเส้น และเป็นที่นิยมของชาวไทยทั่วไปเชื่อว่าเป็นสิริมงคลแก่ตนเองอีกด้วย การผลิตด้ายสายสิญจน์หรือด้ายเก่าเส้นที่ใช้กันในหมู่บ้านหรือชุมชน ประโยชน์เพื่อสร้างเครื่องกรอด้ายเก่าเส้นที่มีประสิทธิภาพในการใช้งาน เพื่อสร้างเครื่องกรอด้ายเก่าเส้นที่ราคาประหยัดและทำงานได้รวดเร็ว เพื่อให้ผู้ใช้มั่นใจคุณภาพของม้วนด้ายเก่าเส้นเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ในชุมชนและท้องถิ่นเพื่อสร้างเครื่องกรอด้ายเก่าเส้นที่มีความปลอดภัยในการใช้งาน เพื่อสร้างเครื่องกรอด้ายเก่าเส้นที่ใช้งานง่าย เพื่อสร้างเครื่องกรอด้ายเก่าเส้นจากวัสดุที่คงทนถาวรและคุณลักษณะสามารถกรอได้อย่างรวดเร็ว และสวยงาม

การใช้งานไม่ยุ่งยากและไม่ซับซ้อน ประหยัดเวลาในการกรอด้วย การบำรุงรักษาง่าย มีความปลอดภัย ในการใช้งาน วัสดุในการประดิษฐ์มีความปลอดภัย ผู้ใช้มีความมั่นใจในคุณภาพของสินค้า เครื่องกรอ ด้วยเก้าอี้เส้นมีน้ำหนักเบา รูปร่างกะทัดรัด เคลื่อนย้ายได้ง่าย เครื่องกรอด้วยเก้าอี้เส้นสามารถกรอด้วย เพื่อใช้ในพิธีกรรมต่าง ๆ ในชุมชน

ยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ นฤตม ทาดี (2559:บทคัดย่อ) การวิจัยและถ่ายทอด เทคโนโลยี เครื่องเตรียมปุยฝ้ายงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาเครื่องเตรียมปุยฝ้ายด้วยการทดสอบ ประสิทธิภาพการแยกเมล็ดฝ้ายออกจากปุยฝ้าย โดยใช้เวลาการทดสอบประสิทธิภาพ 30 นาที จำนวน ตัวอย่าง 60 ตัวอย่าง และการติดฝ้าย ปริมาณฝ้ายเท่ากับ 300 กรัม จำนวนตัวอย่าง 60 ตัวอย่าง และศึกษาตัวแปรที่เหมาะสมของการเตรียมปุยฝ้าย โดยใช้ความเร็วรอบสำหรับการแยกเมล็ดฝ้าย ออกจากปุยฝ้ายเท่ากับ 45, 50, และ 55 รอบต่อนาที และมุมเอียงของชุดแยกเมล็ดฝ้ายออกจากปุย ฝ้าย เท่ากับ 90, 100 และ 115 องศา เป็นตัวแปรสำหรับการศึกษา ซึ่งดำเนินการทดสอบเงื่อนไขละ 30 ตัวอย่าง ผลการทดสอบประสิทธิภาพด้านการแยกเมล็ดฝ้ายออกจากปุยฝ้ายด้วยอุปกรณ์แยก เมล็ดฝ้ายออกจากปุยฝ้าย และเครื่องเตรียมปุยฝ้าย พบว่าอุปกรณ์แยกเมล็ดฝ้ายสามารถแยกเมล็ด ฝ้ายออกจากปุยฝ้ายได้เท่ากับ 169.98 กรัม และเครื่องเตรียมปุยฝ้ายสามารถแยกเมล็ดฝ้ายออกจาก ปุยฝ้ายได้เท่ากับ 296.99 กรัม ผลผลิตเพิ่มขึ้น 74.82 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดสอบประสิทธิภาพด้าน เวลาการติดฝ้าย ด้วยอุปกรณ์แยกเมล็ดฝ้ายออกจากปุยฝ้ายและเครื่องเตรียมปุยฝ้าย พบว่าอุปกรณ์ แยกเมล็ดฝ้ายใช้เวลาการติดฝ้ายเท่ากับ 102.91 นาที และเครื่องเตรียมปุยฝ้ายใช้เวลาการติดฝ้าย เท่ากับ 38.14 นาที ผลผลิตเพิ่มขึ้น 62.94 เปอร์เซ็นต์ ผลการศึกษาตัวแปรที่เหมาะสมของเวลาติดปุย ฝ้ายพบว่าเวลาติดปุยฝ้าย ที่ 13, 14 และ 15 นาที มีความเหนียวของเส้นฝ้ายใกล้เคียงกันแต่เวลาติด ปุยฝ้ายเท่ากับ 14 นาที เป็นเวลาติดปุยฝ้ายที่ดีที่สุดที่ทำให้ได้ ค่าความเหนียวของเส้นฝ้ายสูงสุดเท่ากับ 216.58 นิวตัน ผลการศึกษาตัวแปรที่เหมาะสมของความเร็วรอบสำหรับการแยกเมล็ดฝ้าย พบว่า ความเร็วรอบสำหรับการแยกเมล็ดฝ้ายที่ทำให้ได้เวลาสำหรับแยกเมล็ดฝ้ายน้อยที่สุด คือความเร็วรอบ สำหรับการแยกเมล็ดฝ้ายเท่ากับ 55 รอบต่อนาที มุมเอียงของชุดแยกเมล็ดฝ้ายออกจากปุยฝ้ายเท่ากับ 115 องศา

กล่าวได้ว่าผลการวิจัยของของ ภัทรานิษฐ์ สิทธิพันธ์, ขวัญ คำลือ และนฤตม ทาดี พบว่า ผลการทดลองภาพรวมของนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ และสมรรถนะตาม วัตถุประสงค์ มีการสะท้อนผลการทดลองและนำมาปรับปรุงพัฒนานวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ จนสามารถนำนวัตกรรมมาใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิเคราะห์ผลตามวัตถุประสงค์ของการพัฒนา นวัตกรรมนั้น ๆ สอดคล้องกับผลการทดลองเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการทดสอบเครื่องย้อมสีเส้น ไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 เปรียบเทียบกับการใช้งานของหม้อย้อม สีแบบเดิมมีผลการทดลองพบว่า นวัตกรรมที่สร้างขึ้นดีกว่าการย้อมสีแบบเดิม

4. จากข้อค้นพบในการประเมิน (Evaluation) เครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อ ต้มประหยัดพลังงานครั้งนี้ ที่มุ่งพัฒนาตัวชี้วัดความสำเร็จตามที่คณะของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ในการประเมินผลตามแบบประเมินระยะเริ่มต้น แบบประเมินระยะกลาง และแบบประเมินระยะ สิ้นสุดของการดำเนินงานพบว่า การประเมินระยะเริ่มต้นในการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหม

และฝ่ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 ในภาพรวมสามารถสรุปสิ่งที่เป็นปัญหาในการทำงานด้านการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย เพื่อนำไปออกแบบนวัตกรรมใหม่ และมีการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลหลายแหล่งเพื่อนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหา เพื่อนำไปสร้างและพัฒนานวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ กำหนดวิธีการรวบรวมข้อมูลได้ตามกระบวนการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ โยงความสัมพันธ์ของเหตุและผลของข้อมูลในเรื่องที่สืบค้นได้

การประเมินระยะกลางของดำเนินงานในการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานรุ่นที่ 5 ได้ดำเนินการจัดท้าวัดอุปกรณ์และเครื่องมือในการการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน และปฏิบัติงานด้วยปลอดภัย มีระเบียบวินัยในการปฏิบัติงาน ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลหรือข้อเท็จจริงในระหว่างการปฏิบัติงานประกอบการทำงาน มีการบันทึกข้อมูลและการจัดทำข้อมูลตามที่กำหนดเป็นอย่างดี

การประเมินระยะสิ้นสุดของการทำงานในการสร้างและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน รุ่นที่ 5 พบว่ามีสมรรถนะและประสิทธิภาพในการทำงานสูงสามารถนำไปต่อยอดเชิงธุรกิจได้ การใช้งานง่ายและมีคู่มือประกอบการใช้งาน และเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานในแต่ละรุ่น โดยมีการเผยแพร่ผลงานและการเข้าร่วมประกวดและแข่งขันในเวทีต่าง ๆ จนเป็นที่ยอมรับ เช่น การแข่งขันสุดยอดนวัตกรรมและการประกวดสิ่งประดิษฐ์ของคนรุ่นใหม่ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา และการประกวดสิ่งประดิษฐ์นวัตกรรมสายอาชีวศึกษา (Rin) ของสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ (วช.) โดยได้รับรางวัลในระดับจังหวัด ระดับภาค ระดับชาติ และในระดับนานาชาติ สามารถนำไปจดสิทธิบัตรได้ ส่วนการประเมิน (Evaluation) ตามตัวชี้วัดความสำเร็จ ยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ อีรพงษ์ วิริยานนท์ (2550 : 108) กล่าวไว้ว่า ผู้ประเมินสมรรถนะวิชาชีพหรือครูผู้สอนจะต้องมีมาตรฐาน มีมาตรฐานสมรรถนะอาชีพประกอบด้วย สมรรถนะด้านการวางแผนประเมินสมรรถนะอาชีพ การเตรียมการประเมิน การดำเนินการประเมินและการรายงานผลการประเมิน มีขั้นตอนการตรวจสอบหลักฐานและประเมินสมรรถนะวิชาชีพ เช่น การศึกษามาตรฐานอาชีพ รับเอกสาร ตรวจสอบหลักฐานวิเคราะห์ร่องรอยหลักฐานตามรูปแบบหรือแบบฟอร์มการประเมิน อย่างไรก็ตามผู้ประเมินสมรรถนะวิชาชีพหรือครูผู้สอนจะต้องเป็นผู้เสียสละในการศึกษาและค้นคว้าแสวงหาองค์ความรู้ใหม่ ๆ เพื่อให้ได้รับองค์ความรู้ด้านวิชาชีพเพื่อนำไปพัฒนาสมรรถนะอาชีพให้กับผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้มีการพัฒนามาตรฐานอาชีพสูงขึ้นสอดคล้องกับ ดวงนภา มกรานุรักษ์ (2553:189-192) และ วิจารย์ พานิช (2555:16-20) ได้กล่าวไว้ว่า การจัดการเรียนรู้ในทศวรรษหน้าเป็นวิธีการสร้างการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนจะต้องเป็นบุคคลแห่งการเรียนรู้ ใฝ่เรียนรู้ สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ เป็นผู้มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ กล้าแสดงออกมีภาวะผู้นำ รู้และเข้าใจความต้องการของตนเอง และสามารถแก้ไขปัญหาได้ตลอดจนสามารถประยุกต์องค์ความรู้เพื่อนำไปสู่การประกอบอาชีพได้ในอนาคต

ยังสอดคล้องกับการวิจัยของ Tucker and Ollin (2004 : 28-39) กล่าวถึงวิธีการประเมินสมรรถนะเป็นการประเมินสมรรถนะวิชาชีพที่มีวิธีการหลายวิธีเช่น การสังเกตการณ์ประเมิน



สมรรถนะขณะปฏิบัติงานจริง การสังเกตการณ์เป็นวิธีหลักของการประเมินสมรรถนะโดยผู้ประเมิน เข้าสังเกตการณ์ผู้รับการประเมินขณะปฏิบัติงาน และหรือผู้ประเมินตรวจสอบชิ้นงานสำเร็จแล้ว เช่น โครงการงานสิ่งประดิษฐ์ที่นักศึกษาทำเสร็จแล้ว และมีงานหลายประเภทที่ผู้ประเมินต้องตรวจสอบ ผลปฏิบัติงานของผู้รับการประเมินอย่างไม่เป็นทางการคือ ฝึสังเกตการณ์และพิจารณาว่าบุคคลนั้น ทำงานมีประสิทธิภาพหรือไม่ ผู้ประเมินจะเฝ้าดูผู้เรียนหรือผู้รับการอบรมหรือปฏิบัติตนอย่างไรและจดจำไว้ว่าแต่ละคนมีหรือแต่ละกลุ่มมีจุดแข็งจุดอ่อนที่ต้องปรับปรุงอย่างไรบ้าง บันทึกข้อมูลเหล่านี้ไว้ด้วยการจดบันทึก และสอดคล้องกับการวิจัยของ Liron (2003 :13) ได้กล่าวว่า การประเมินสมรรถนะอาชีพตามมาตรฐานนั้น มีหลายวิธี ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ ร่องรอยหลักฐานในหน่วยสมรรถนะ ในขณะเดียวกันอาจใช้วิธีการประเมินโดยข้อตกลงที่เห็นชอบร่วมกันระหว่างผู้ประเมิน และผู้รับการประเมินถ้าเห็นว่าวิธีนั้นมีความเหมาะสมที่สุด

กล่าวได้ว่าผลการวิจัยของ อีรพงษ์ วิริยานนท์, นภา มกรานุรักษ์, วิจารย์ พานิช, Tucker and Ollin และ Liron พบว่ารูปแบบการประเมิน (Evaluation) จะต้องประเมินตามตัวชี้วัดความสำเร็จตามแบบประเมินระยะเริ่มต้น แบบประเมินระยะกลาง และแบบประเมินระยะสิ้นสุดของการดำเนินงานของวัตถุประสงค์ในการประเมินเรื่องนั้น ๆ อย่างไรก็ตามผู้ประเมินมีส่วนสำคัญในการให้คำแนะนำในการทำงาน การสืบค้นข้อมูล การพัฒนานวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ การปรับปรุงแก้ไขนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ ตามขั้นตอนและกระบวนการทำงาน ส่งผลให้มีการประเมินบรรล่วัตถุประสงค์ได้เป็นอย่างดี ในระยะเริ่มต้นระยะกลาง และการประเมินระยะสิ้นสุดได้เป็นอย่างดี

## ข้อเสนอแนะ

### 1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์

1.1 การนำเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ไปใช้ในการส่งเสริมการประกอบอาชีพในการย้อมสีเส้นไหมและเส้นฝ้าย และช่วยเพิ่มผลผลิตในกระบวนการทำผ้าไหมและผ้าฝ้ายให้กับแต่ละภาคของประเทศไทย

1.2 ผู้ประกอบการควรได้รับการสนับสนุนงบประมาณสำหรับสร้างมูลค่าเพิ่มด้วยการนำนวัตกรรมเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงาน ไปสู่การใช้ประโยชน์จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องให้กับจังหวัดต่าง ๆ ที่มีการประกอบอาชีพในกระบวนการทำผ้าไหมและผ้าฝ้าย

### 2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรทำการวิจัยและพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นไหมและฝ้ายแบบใช้หม้อต้มประหยัดพลังงานที่มีระบบการฟอกขาวไหม และระบบการนำน้ำย้อมสีมาใช้ซ้ำเพื่อให้เกิดการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม รวมถึงการออกแบบสร้างเครื่องผสมสีจากวัตถุดิบธรรมชาติให้ติดตั้งอยู่ในเครื่องเดียวกัน

## บรรณานุกรม

- กรมทรัพย์สินทางปัญญา. ระบบสืบค้นข้อมูลสิทธิบัตรออนไลน์, 2561.
- กรมหม่อนไหม. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2556.
- กนก สารสิทธิธรรม. **การพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนการสอนวิชาชีพแบบบูรณาการของหลักสูตร.** วิทยานิพนธ์ครุศาสตรบัณฑิต สาขาการศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2551.
- กุลยา ตันติผลาชีวะ. **การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนปฐมวัยศึกษา.** กรุงเทพฯ: เอดิชั่นเพรสโปรดักส์, 2545.
- กำจร แซ่เจียง.(2544). **ผงสีย้อมจากกลีบดอกดาว.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโทศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต. ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กุลธวัช ศรีจรรยาและกุลรัฐญา พรหมเมืองยอง. 2542. **การศึกษาสมบัติการย้อมของสีธรรมชาติที่แยกได้จากพืชพื้นบ้านบางชนิดโดยใช้สารช่วยติดจากธรรมชาติ, ปัญหาพิเศษ** ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- การย้อมสี [ออนไลน์]. 2557. (อ้างถึงวันที่ 20 มีนาคม 2561). เข้าถึงจาก<http://phathai.tripod.com>
- การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง [ออนไลน์]. (อ้างถึงวันที่ 22 มกราคม 2560)
- เข้าถึงจาก : <https://www.oocities.org/siliconvalley/station/3169>.
- ขวัญ คำลือ. (2556). **การพัฒนาเครื่องกรอ้ายเก่าเส้น.** รายงานการวิจัย นวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ วิทยาลัยการอาชีพเชิงคำ สาขาวิชาช่างเทคนิคพื้นฐาน.
- คณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, สำนักงาน. **แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 พ.ศ. 2560-2564.** กรุงเทพฯ: สำนักนายกรัฐมนตรี, 2559.
- คณะกรรมการส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน,สำนักงาน. **พระราชบัญญัติส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน พ.ศ.2548** กรุงเทพฯ: สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี, 2559.
- คณะเภสัชศาสตร์. (2539). **สมุนไพรสวนสิริรุกขชาติ.**มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.
- คงศักดิ์ ธาตุทอง. “**การประยุกต์ใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน**”, วารสารวิชาการ 2,10 (ตุลาคม 2542) : 40-48.
- โครงการฝ้ายแกมไหม. (2546). **คู่มือย้อมสีธรรมชาติ.** เชียงใหม่ ; มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- แคโรทีนอยด์ เข้าถึงจาก : [http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word\\_carotenoid](http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word_carotenoid). (อ้างถึงวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2558)
- จรรยา สุวรรณทัต. **การวิจัยและพัฒนาทางสังคมศาสตร์.** กรุงเทพฯ: คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และคณะกรรมการแห่งชาติเพื่อวิจัยและพัฒนาพฤติกรรมไทย, 2537.
- จันทน์ จันทรร. (2550). **การย้อมผ้าไหมด้วยสีจากเปลือกมะพร้าวแก่.** [www.sacict.net/reseach](http://www.sacict.net/reseach). (อ้างถึงวันที่ 20 มกราคม 2557)
- เจริญศรี เบญจมาลา (2550). ผลของ mordant ที่มีต่อการย้อมไหมด้วยเปลือกมะพร้าวอ่อน. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- ฉัตรชาญ ทองจับ. **รูปแบบการพัฒนาสมรรถนะแรงงานในสถานประกอบการ**. วิทยานิพนธ์  
ครุศาสตรอุตสาหกรรมดุสิตบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนคร  
เหนือ, 2552.
- ชัยมงคล รอดคำทวย และคณะ. (2552). **กระบวนการพัฒนาเครื่องกรอตัดยี่ห้ออัตโนมัติอย่างมีส่วน  
ร่วมของชุมชนบ้านคำขวาง**. รายงานการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัย  
ราชภัฏอุบลราชธานี.
- ชนิตา พงษ์ลิมาพันธ์. (2547). **เคมีอินทรีย์เบื้องต้น**. สงขลา ; ภาควิชาเคมีคณะวิทยาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- เชาวรัตน์ เตมียกุล. **รูปแบบการพัฒนาสมรรถนะทางการวิจัยของครูสังกัดสำนักงาน  
คณะกรรมการการอาชีวศึกษา**. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรอุตสาหกรรมดุสิตบัณฑิต  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ, 2552.
- ดรรรชนี พัทธวารกรม. (2555). **เอกสารประกอบการสอนเทคโนโลยีสิ่งทอ**. เชียงใหม่ ; ภาควิชาเคมี  
อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ดวงนภา มกรานันท์. **อนาคตภาพการอาชีวศึกษาไทยในทศวรรษหน้า (พ.ศ.2554-2564)**.  
วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2554.
- เด่นพงษ์ ศิริกุล. **เครื่องกรอเส้นไหมพลังงานแสงอาทิตย์**. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2551.
- เต็ม สมิตินันท์. (2544). **ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย**. (พิมพ์ครั้งที่ 2). ส่วนพฤกษศาสตร์ป่าไม้  
สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้.
- ทีศนา แคมมณี. **ศาสตร์การสอน**. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.  
ศาสตร์การสอน : **องค์ความรู้เพื่อจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 5.  
กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.  
**รูปแบบการเรียนการสอนทางเลือกที่หลากหลาย**. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย, 2550.
- ธเนศ ข้าเกิด. “**การวิจัยและพัฒนา(R&D) : กระบวนการศึกษาค้นคว้าสู่คุณภาพ,**”  
วารสารวิชาการ.2, 8 (สิงหาคม 2542):13-17.
- ธีรพงษ์ วิริยานนท์. **การพัฒนามาตรฐานอาชีพผู้ประเมินสมรรถนะวิชาชีพตามระบบคุณวุฒิ  
วิชาชีพ**. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรอุตสาหกรรมดุสิตบัณฑิต  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ, 2550.
- ธีรวุฒิ เอกะกุล. **ระเบียบวิธีวิจัย**. อุบลราชธานี: วิทยาการพิมพ์, 2555.  
**เอกสารประกอบการสอนวิชาวิจัยเชิงปฏิบัติการ**, อุบลราชธานี: คณะครุศาสตร์  
สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี, 2546.
- นงลักษณ์ วิรัชชัย และสุวิมล ว่องวานิช. **การวิจัยและพัฒนา:เพื่อการปฏิรูปทั้งโรงเรียน**.  
กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

- ธีรบุช มุลทากุล. **ศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการด้านสมรรถนะช่างอุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2552.
- นฤตม ทาดี. **การวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีเครื่องเตรียมปุ๋ยฝ้าย**. กรุงเทพฯ: คณะคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2559.
- บดินทร์ ขวัญข้าว. (2549). **การเปลี่ยนสีและสมบัติทางกายภาพของผ้าหลังการตกแต่งสำเร็จเพื่อป้องกันรังสียูวี**. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บริษัทจูนแลบบอราทอริส จำกัด. เดอร์มาโซลูชั่น. (มปป). **Natural Cocoon Silk Balls for Facial Scrub**. [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก [http://www.dermasolutionshop.com]. (สืบค้นข้อมูลวันที่: 20 มกราคม 2557)
- บริษัท สุพรีมไลน์ จำกัด. ฮีตเตอร์. [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก [https://www.supremelines.co.thhttps://www.supremelines.co.th]. (สืบค้นข้อมูลวันที่: 20 มกราคม 2561)
- บัณฑิต บุณนาค. **ศึกษาสภาพปัญหา อุปสรรคและความต้องการคุณลักษณะแรงงานช่างแม่พิมพ์ในสถานประกอบการอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล**. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2550.
- บุญชม ศรีสะอาด. **สถิติเพื่อการวิจัยทางการศึกษา**. : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2551.  
**การวิจัยวิจัยเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น, 2545.
- ประวีต เอราวรรณ. **การวิจัยปฏิบัติการ**. กรุงเทพฯ: ดอกหญ้าวิชาการ, 2542.
- ประวิทย์ สิมมาทัน. **การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบร่วมมือบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยอาศัยแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์**. วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2552.
- ผู้ประกอบการที่ผลิตผ้าไหมและผ้าฝ้าย [ออนไลน์]. (สืบค้นข้อมูลวันที่: 12 มีนาคม 2561) จากเว็บไซต์ <https://www.thaitambon.com>)
- พงศ์พันธ์ ตั้งกิจ. **การศึกษาสภาพปัญหาการพัฒนาฝีมือแรงงานในสถานประกอบการการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์**. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2549.
- พรชัย ประทุมสุวรรณ. 2542. **“เครื่องมือวัดอุตสาหกรรม”**. กรุงเทพฯ, เรือนแก้วการพิมพ์
- ภัทรานิษฐ์ สิทธิพนธ์. **การออกแบบและพัฒนาผ้าฝ้ายทอมือ (มัดหมี่) ด้วยสีธรรมชาติจากเปลือกมะพร้าว**. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2555.

- มานะ ตันตยานนท์. การศึกษาสภาพปัญหา อุปสรรคและปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการจัดทำระบบบริหารคุณภาพ ISO/TS 16949:2002 ของโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2550.
- มณฑล นาคปฐุม และพิสมัย ลิขิตบรรณกร (2548). การย้อมผ้าฝ้ายและไหมด้วยสีธรรมชาติโดยกระบวนการจุ่มอัด-หมักและจุ่มอัด-อบแห้ง-ผึ่ง และกระบวนการตากแห้งสำเร็จด้วยสารเคมี. กรุงเทพฯ; ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุ แห่งชาติสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.
- มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง [ออนไลน์]. (สืบค้นข้อมูลวันที่ 29 มกราคม 2561) เข้าถึงจาก: [http://www.cr-engineer.com/images/pulldown\\_1304840984](http://www.cr-engineer.com/images/pulldown_1304840984).
- ยาใจ พงษ์บริบูรณ์. “การวิจัยเชิงปฏิบัติการ,” วารสารศึกษาศาสตร์ 17, 2 (2536) : 11-15. การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน เอกสารประกอบการสัมมนาเชิงวิชาการ การวิจัยเชิงปฏิบัติ. ขอนแก่น: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2537.
- ลัดดาวัลย์ น้อยกำบัง, ศิริพร สอนบุญเกิด และสมจิตร เส็งเอี่ยม. (2546). การวิจัยการย้อมสีเส้นใยด้วยสีธรรมชาติจากใบหูกวาง. วิทยาศาสตร์บัณฑิต.(สาขาวิชาเคมี). สถาบันราชภัฏกำแพงเพชร.
- วรรณิ โสมประยูร. “การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา” วารสารวิชาการ. 6, 6 (พฤศจิกายน – ธันวาคม 2546):10-14.
- วิศรุต ศรีรัตน์. 2554. “เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ในงานอุตสาหกรรม” กรุงเทพฯ ซีเอ็ดดูเคชั่น วาโร เฟิงส์วส์ดี. การวิจัยในชั้นเรียน. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น, 2546.
- วิจารณ์ พานิช. วิธีการสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์, 2555.
- วิจิต สุรัตน์เรืองชัย. “การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา,” วารสารหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยบูรพา. 1, 1 (มกราคม – เมษายน 2550): 52-57.
- วิชัย วงษ์ใหญ่. “การวิจัยเชิงปฏิบัติการ,”วารสารการวิจัยทางการศึกษา, (ต.ค.-ธ.ค. 2537) :1-7.
- วีระ ทองประสิทธิ์. การศึกษารูปแบบการจัดการประสบการณ์วิชาชีพสาขางานยานยนต์ในสถานประกอบการ. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมดุสิตบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550.
- คันศนีย์ คำบุญชู. (2541). การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติจากแก่นขนุนและเปลือกมะพร้าว. ภาคนิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีอุตสาหกรรมทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ศิรินันท์ ห่อสมบัติ. (2543). สภาวะที่เหมาะสมในการย้อมผ้าฝ้ายด้วยครามธรรมชาติ และโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาเคมีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ รัชชเ็ด. การลอกกา  
**ไหมหรือการฟอกไหม** [ออนไลน์]. กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2556  
 (สืบค้นวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2560). เข้าถึงจาก: <http://www.qsds.go.th/>.
- ศิริชัย กาญจนวาศรี. **ทฤษฎีการประเมิน**. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.
- สมนึก ภัททิยธนี. **วัดผลการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กาสสินธุ์ : ประสานการพิมพ์, 2546.
- สาวตรี เกตุเสโร. **ศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการสมรรถนะครูฝึกฝีมือแรงงาน กรมพัฒนา  
 ฝีมือแรงงาน กระทรวงแรงงาน**. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและ  
 เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2552.
- สารช่วยยิ้ม แหล่งที่มา: [http://www.ist.cmu.ac.th/cotton/naturalColor\\_Assistance](http://www.ist.cmu.ac.th/cotton/naturalColor_Assistance). (สืบค้น  
 เมื่อวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2559)
- สิทธิพล อาจอินทร์. **การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการคิดวิเคราะห์กลุ่มสาระการ  
 เรียนรู้วิทยาศาสตร์**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์ดุสิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น,  
 2554.
- สารแทนนิน แหล่งที่มา : <http://www.vcharkarn.com/varticle/60649> (สืบค้นเมื่อวันที่ 20  
 กุมภาพันธ์ 2558)
- สิริพงศ์ เพชรนาค. **การพัฒนารูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้วิชาโครงการ**. วิทยานิพนธ์  
 ปรัชญาดุสิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ, 2553.
- สุชาติ ธาดาดำรงเวช. **นโยบายและยุทธศาสตร์การพัฒนาการศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการ  
 พ.ศ. 2555-2558**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2555.
- สุทธิรัตน์ รุจิเกียรติกำจร. **“การผสมผสานการเรียนรู้ด้วยตนเองในการเรียนการสอนภาษาอังกฤษ”**  
 วารสารมนุษยศาสตร์สังคมศาสตร์.15, 2 (พฤศจิกายน2540 – เมษายน 2541): 61-70.
- สุรพล ชยภพ. **การพัฒนารูปแบบการดูแลผู้สูงอายุโดยการมีส่วนร่วมชุมชน**. วิทยานิพนธ์ปรัชญา  
 ดุสิต มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2552.
- สุวัฒนา สุวรรณเขตนิคม. **การวิจัยและพัฒนา (Research and Development)**. กรุงเทพฯ:  
 โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.
- สำนักวิจัยและพัฒนาหม่อนไหม. **การย้อมสีด้วยวัสดุธรรมชาติ** [ออนไลน์]. กรมหม่อนไหม, 2556.  
 (สืบค้นเมื่อวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2560). เข้าถึงจาก:  
[http://www.qsds.go.th/osrd\\_new/file\\_upload/2013-11-04-yom1.pdf](http://www.qsds.go.th/osrd_new/file_upload/2013-11-04-yom1.pdf)
- สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. **การย้อมสีเส้นไหม** [ออนไลน์]. 2557. (สืบค้นเมื่อวันที่  
 20 กุมภาพันธ์ 2560). เข้าถึงจาก: <http://qakm.lib.ubu.ac.th/sompornrat/tinte>.
- สถาบันอุตสาหกรรมสิ่งทอร่วมกับภาควิชาวิทยาการสิ่งทอมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรม. ศูนย์  
 ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคที่ 6 (2553). **โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี การ  
 ผลิตการย้อมสีธรรมชาติกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 1 ประจำปี  
 งบประมาณ 2553 เอกสารประกอบการอบรมงบประมาณไทยเข้มแข็ง**.
- สุภาพ ฐ์การ (2544). **การย้อมไหมด้วยใบกล้วย**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

- สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์. (2548). **อิทธิพลของสารโคโตซานต่อสมบัติสีย้อมบนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติที่สกัดจากเปลือกมังคุด**. กรุงเทพฯ; มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สุรีย์ พุทธระกุลและคณะ. (2545). **การพัฒนาสารย้อมสีธรรมชาติในเขตภาคเหนือตอนบน**. สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อดิศักดิ์ พงษ์พูลผลศักดิ์. **สถิติขั้นสูงและการวิจัยทางการศึกษา**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี, 2538.
- อุทัย บุญประเสริฐ. “การวิจัยและพัฒนา,”วารสารครุศาสตร์.27, 3(กรกฎาคม-กันยายน 2542): 48-54.
- อนันต์เสวก เหว่ซึ่งเจริญ และคณะ. (2546). **รายงานการวิจัยเรื่องพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการย้อมสีธรรมชาติแบบพหุสำหรับอุตสาหกรรมครอบครัว**. สาขาเคมีอุตสาหกรรมทั่วไป. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- Ali, S., Nisar, N. & Hussain, T. (2007). **Dyeing Properties of Natural Dyes Extracted from Eucalyptus**. Journal of Textile Institute. 98(6) : pp. 559 – 562.
- Best, J.W. **Research in Education**. New Delhi: Prentice - Hall of India Private Limited, 1970.
- Bechtold, T., Mahmud Ali, A & Mussak, R. (2007). **Anthocyanin Dyes Extracted from grape pomace for the purpose of textile dyeing**. Journal of The Science of Food and Agriculture. 87(14) : pp.2589 – 2595.
- Borg, Walter R. and D. Gall, Meredith. **Educational Research**. 5th ed. New York: Longman, 1979.
- Brown, W.B. and D.J. Moberg. **Organization Theory and Management : A Macro Approach**. New York: John Wilry and Sons, 1980.
- Calhoun, C. C. and A. C. Finch. **Vocational and Career Education: Concepts and Operations**. California: Wadsworth, 1976.
- Chairat, M., Bremner, J.B. & Chantrapomma, K. (2007). **Dyeing of Cotton and Silk yarn with the Extracted dye from the fruit hulls of mangosteen, Garciniamangostana Linn**. Fibers and Polymers. 8(6): pp.613 – 619.
- Cronbach, Lee. l. **Eesentials of Psychological Testing**. New York: Harper Collins, 1990.
- Eggen, P. D. and D. P. Kauchak. **Strategies for Teachers: Teaching Content and Teaching Skill**. 4th ed. Massachusetts: Allyn and Bacon, 2001.
- Gall, M.D, W.r. Borg and J.P. Gall. **Educational Research: An Introduction**. 6th ed. New York: Longman, 1996.
- Good, Cater V. **Ditctionary of Education**. New York: McGraw-Hill Book, 1973.
- Kaplan, A. **The Conduct of Inquiry : Methodology for Behavioral Science**. Sanfancisco: Chandler, 1964.

- Keeves, P.J. **Educational Research**, Methodology and Measurement : An International Handbook. Oxford: Pergamon, 1988.
- Liron, Piers. **NVQ Assessment To the A1 Standards**. Kings Lynn, Norfolk: Biddles, 2003.
- McIver, P.P. and E. P. Camines. **Unidimensional Scaling**. London: Sage, 1981.
- Moore, K. D. **Secondary Instructional Method**. Dubuque: Wm. C. Brown Communication, 1994.
- Tucker, Jenny and Ros Ollin. **The NVQ Assessor and Verifier Handbook**. 3rded. London: Kogan Page, 2004.