

การพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์  
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3



ปริญญานิพนธ์  
ของ  
เพชรรัตดา เทพพิทักษ์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา  
กันยายน 2545  
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์  
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา  
กันยายน 2545

เพชรรัตดา เทพพิทักษ์. (2545). การพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงการ  
วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม.  
(วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.  
คณะกรรมการควบคุม : รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ ,  
อาจารย์ ดร.สมปราวณา วงศ์บุญหนัก.

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมาย 3 ประการคือ 1) เพื่อสำรวจและคัดเลือกโครงการวิทยาศาสตร์ที่  
เหมาะสมและนำมาพัฒนาเป็นกิจกรรมต้นแบบของเทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์  
2) เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียน  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่3 และ 3) เพื่อศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำ  
โครงการวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อทักษะการปฏิบัติการทดลอง ความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์  
และความตระหนักต่อเทคโนโลยี

ในการวิจัยได้แบ่งการดำเนินการ 4 ขั้นตอน คือ 1) การสำรวจและคัดเลือกโครงการวิทยาศาสตร์  
2) การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 3) การพัฒนาชุดกิจกรรมสำหรับใช้ในการสอน และ 4) การนำ  
ชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

ผลการวิจัย ปรากฏดังนี้

1) ผลการสำรวจและคัดเลือกโครงการวิทยาศาสตร์ศาสตร์ ได้กิจกรรมต้นแบบ 3 กิจกรรม คือ  
การศึกษาปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักวัสดุเหลือใช้ การทำเชื้อเพลิงชีว และ การย้อมสีจากพืช  
ธรรมชาติ

2) ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ เป็นไปตามทฤษฎีที่ได้ศึกษาค้นคว้า สามารถนำไปพัฒนา  
ชุดกิจกรรมได้

3) สามารถพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่องเทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ได้  
3 ชุด จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน พบว่า ชุดกิจกรรมทั้ง 3 ชุด มีคุณภาพในระดับดีมาก

4) การนำชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนพบว่า

4.1) นักเรียนมีทักษะการปฏิบัติการทดลอง เฉลี่ยร้อยละ 94.50

4.2) นักเรียนมีความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ เฉลี่ยร้อยละ 95.00 และ

4.3) นักเรียนมีความตระหนักต่อเทคโนโลยีอยู่ในระดับมาก

A DEVELOPMENT OF ACTIVITY PACKAGES ON APPROPRIATE TECHNOLOGY TO FORMULATE  
SCIENCE PROJECTS FOR MATTAYOMSUKSA 3 STUDENTS



AN ABSTRACT  
BY  
PHETRATDA THEPPITAK

Presented in partial fulfillment of the requirements  
for the Master of Education degree in Science Education  
at Srinakharinwirot University  
September 2002

Phetratda Theppitak. ( 2002 ). *A Development of Activity Packages on Appropriate Technology to Formulate Science Projects for Mattayomsuksa 3 Students.*

Master thesis, M.Ed. (Science Education). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Assoc. Prof. Dr. Natthapong Charoenpit, Dr. Sompratana Wongboonnuk.

This study was conducted under three objectives; 1) to survey and select science projects conducive to further development as prototypes of school science activities on appropriate technology to initiate science projects, 2) to develop science activity learning packages on appropriate technology to initiate science projects for M.S. III students and 3) to study instructional effects of the developed packages upon students' experimental skills, initiative ability to conduct science projects, and awareness about technology.

The study was accomplished through four stages; 1) surveying and selecting of potential science projects, 2) experimenting in science laboratory, 3) developing science instructional packages, and 4) instructional experimenting with students.

The findings were as follows :

1) three prototype activities were organized; Quantitative Investigation of Biogases Yielded from Waste – material Fermentation, Preparation of Green Fuel Production, and Material Dying with Natural Plants,

2) experimentations in science laboratory followed the underlying theories and were positive for development of science instructional packages,

3) the three developing science instructional packages attained quality at the 'very good' level, and

4) instructional experimenting with students manifested desirable outcomes ;

4.1) students' average attainment of experimental skills was 94.50 percent ,

4.2) students' average attainment of initiative ability to conduct science projects was 95.00 percent, and

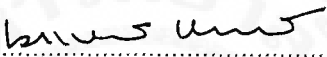
4.3) students' awareness about technology was at the 'high' level.

ปริญญานิพนธ์  
เรื่อง

การพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์  
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

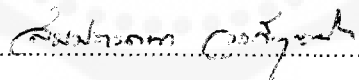
ของ  
นางเพชรรัตดา เทพพิทักษ์

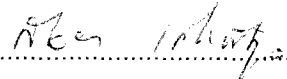
ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา  
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

  
.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
( รองศาสตราจารย์ ดร. นภาพรณ์ ทะวานนท์ )  
วันที่ 30 เดือน กันยายน พ.ศ. 2545

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

  
.....ประธาน  
( รองศาสตราจารย์ ดร. ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ )

  
.....กรรมการ  
( อาจารย์ ดร. สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก )

  
.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม  
( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กัลยา เล็กสกุล )

  
.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม  
( อาจารย์ ดร. สอนง ทองปาน )

**ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้**

**ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากทบวงมหาวิทยาลัย**



## ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้เพราะได้รับความกรุณาเป็นอย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา อาจารย์ ดร.สมปรรณนา วงศ์บุญหนัก กรรมการที่ปรึกษาที่อุทิศเวลาอันมีค่ากรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางในการทำวิจัยตลอดจน แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ มาโดยตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กัลยา เล็กสกุล และ อาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน ที่กรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติมในการสอบปากเปล่าเกี่ยวกับปริญญานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.สนอง ทองปาน ดร.เปรมจิตร บุญสาย อาจารย์นันทิยา บุญเคลือบ อาจารย์อุบล พึ่งเพียร อาจารย์จุรีย์พร แป้นกลาง ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ ในการวิจัย

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ชูศิลป์ อัดชู อาจารย์รังสรรค์ ศรีสาคร อาจารย์กนกศักดิ์ ทองตั้ง อาจารย์ภาณี ไกรลักษณะวรภา และอาจารย์จุติมา จันทรตระกูล ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์แก่ผู้วิจัย ในด้านการตอบแบบสำรวจ การแสดงความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ และการให้ข้อมูลที่จำเป็นในการ พัฒนางานของผู้วิจัย

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียนมัธยมวัดเบญจมบพิตร จังหวัดกรุงเทพมหานคร ตลอดจน คณาจารย์ทุกท่านและนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ให้ความอนุเคราะห์และความสะดวกต่างๆ ในการ ดำเนินการเก็บข้อมูลเพื่อพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและเก็บข้อมูลการวิจัยให้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ ตลอดจนเพื่อนๆ นิสิตรดับปริญญาโทสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา รุ่นที่ 15 น้องๆ นิสิตรดับปริญญาโทสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา รุ่นที่ 16 ทุกคนและ นายสันติรัตน์ แก่นทอง ที่ได้ให้กำลังใจและช่วยเหลือในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้

คุณค่าและประโยชน์ของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณอันยิ่งใหญ่ของ บิดา มารดา ครอบครัว “สมศรี” และครอบครัว “เทพพิทักษ์” ผู้ให้ความรัก กำลังใจ ความเมตตา ความห่วงใย และสนับสนุนให้ได้รับการศึกษาเป็นอย่างดีโดยตลอด รวมทั้งครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนประสิทธิ์ ประสาทวิชาให้แก่ผู้วิจัยจนกระทั่งประสบความสำเร็จในการศึกษาครั้งนี้

เพชรรัตดา เทพพิทักษ์

## สารบัญ

| บทที่                                                  | หน้า |
|--------------------------------------------------------|------|
| 1 บทนำ.....                                            | 1    |
| ภูมิหลัง.....                                          | 1    |
| ความมุ่งหมายของการวิจัย.....                           | 3    |
| ความสำคัญของการวิจัย.....                              | 3    |
| ขอบเขตของการวิจัย.....                                 | 4    |
| นิยามศัพท์เฉพาะ.....                                   | 5    |
| สมมติฐานในการวิจัย.....                                | 6    |
| กรอบแนวคิดการวิจัย.....                                | 9    |
| 2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....                     | 8    |
| เอกสารเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่เหมาะสม.....                | 8    |
| เอกสารเกี่ยวกับโครงงานวิทยาศาสตร์.....                 | 16   |
| เอกสารเกี่ยวกับชุดการเรียนรู้การสอนหรือชุดกิจกรรม..... | 29   |
| เอกสารเกี่ยวกับทักษะภาคปฏิบัติ.....                    | 39   |
| เอกสารเกี่ยวกับความตระหนักต่อเทคโนโลยี.....            | 49   |
| งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....                             | 56   |
| 3 วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า.....                       | 66   |
| ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....                           | 71   |
| เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองสอน.....                        | 71   |
| ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองสอน.....                       | 71   |
| เครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียน.....             | 72   |
| การเก็บรวบรวมข้อมูล.....                               | 75   |
| การวิเคราะห์ข้อมูล.....                                | 75   |
| สถิติที่ใช้ในการวิจัย.....                             | 75   |
| 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....                            | 77   |

## สารบัญ(ต่อ)

| บทที่                                | หน้า |
|--------------------------------------|------|
| 5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ..... | 85   |
| ความมุ่งหมายของการวิจัย.....         | 85   |
| สมมติฐานในการวิจัย.....              | 85   |
| วิธีดำเนินการวิจัย.....              | 85   |
| การวิเคราะห์ข้อมูล.....              | 87   |
| สรุปผลการวิจัย.....                  | 87   |
| อภิปรายผล.....                       | 89   |
| ข้อเสนอแนะ.....                      | 95   |
| บรรณานุกรม.....                      | 96   |
| ภาคผนวก.....                         | 106  |
| ภาคผนวก ก .....                      | 107  |
| ภาคผนวก ข .....                      | 116  |
| ภาคผนวก ค .....                      | 139  |
| ภาคผนวก ง .....                      | 196  |
| ภาคผนวก จ .....                      | 205  |
| ภาคผนวก ฉ .....                      | 218  |
| ภาคผนวก ช .....                      | 227  |
| ประวัติย่อผู้วิจัย .....             | 232  |

## บัญชีตาราง

| ตาราง                                                                                                                                       | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1. สรุปผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในด้านบวกและด้านลบ .....                                                                            | 55   |
| 2. การจำแนกโครงการวิทยาศาสตร์ตามประเภทของเทคโนโลยีที่เหมาะสม .....                                                                          | 66   |
| 3. การแบ่งช่วงเวลาในการใช้ชุดกิจกรรม .....                                                                                                  | 72   |
| 4. แสดงจำนวนค่าเฉลี่ยร้อยละความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ .....                                                                                | 77   |
| 5. แสดงปริมาณก๊าซชีวภาพที่เก็บได้จากเปลือกผลไม้และเศษผักผสมกับมูลไก่.....                                                                   | 78   |
| 6. แสดงอัตราส่วนของเชื้อเพลิง การจุดติดไฟ ลักษณะเก่า ลักษณะคว้นไฟ และระยะเวลา<br>ในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง .....                            | 79   |
| 7. แสดงสีของผ้าฝ้ายที่ได้จากการย้อมสีจากสีธรรมชาติที่เติมด้วยสารช่วยย้อม .....                                                              | 79   |
| 8. แสดงการทดสอบประสิทธิภาพของสารช่วยย้อมที่ทำให้สีย้อมผ้าติดได้ทนนานด้วยการซัก<br>และรีด.....                                               | 80   |
| 9. แสดงค่าเฉลี่ยผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม<br>เพื่อการศึกษาโครงการวิทยาศาสตร์.....           | 81   |
| 10. คะแนนเฉลี่ยทักษะการปฏิบัติการทดลองของนักเรียน .....                                                                                     | 82   |
| 11. คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน .....                                                                      | 83   |
| 12. คะแนนเฉลี่ยความตระหนักต่อเทคโนโลยีของนักเรียน .....                                                                                     | 84   |
| 13. สรุปความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับชุดกิจกรรม .....                                                                                 | 197  |
| 14. สรุปความคิดเห็นของนักเรียน (กลุ่มตัวอย่าง 9 คน) เกี่ยวกับชุดกิจกรรม .....                                                               | 198  |
| 15. แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับประเด็นที่ต้องการประเมินของ<br>แบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง .....                  | 199  |
| 16. แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของเกณฑ์ที่ใช้ในการให้คะแนนของแบบสังเกตทักษะ<br>การปฏิบัติการทดลอง .....                                 | 201  |
| 17. แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) รายการที่ใช้ประเมินการให้คะแนนความสามารถ<br>ในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์.....                            | 202  |
| 18. แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างลักษณะและความเหมาะสมของข้อคำถามกับ<br>พฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี ..... | 203  |
| 19. คะแนนทักษะการปฏิบัติการทดลองของนักเรียน .....                                                                                           | 219  |
| 20. คะแนนความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ .....                                                                                       | 222  |
| 21. คะแนนความตระหนักต่อเทคโนโลยี .....                                                                                                      | 225  |

## บัญชีภาพประกอบ

| ภาพประกอบ                                          | หน้า |
|----------------------------------------------------|------|
| 1. แสดงหญ้าที่ตากแห้ง .....                        | 146  |
| 2. แสดงมูลไก่ที่จะทำการหมักรวมกับหญ้าแห้ง .....    | 146  |
| 3. แสดงการจัดอุปกรณ์ที่ใช้ในการหมัก .....          | 146  |
| 4. แสดงการนำผักตบชวาผสมกาวแบ่งเปียก .....          | 156  |
| 5. แสดงการทดสอบการเผาไหม้ของแท่งเชื้อเพลิง .....   | 156  |
| 6. แสดงการหั่นและการตำใบหูกวางก่อนนำไปย้อมสี ..... | 167  |
| 7. แสดงการย้อมสีที่ได้จากใบหูกวาง .....            | 167  |



## บทที่ 1

### บทนำ

#### ภูมิหลัง

ปัจจุบันนี้เป็นที่ประจักษ์กันแล้วว่า ชีวิตของมนุษย์อาศัยอยู่ท่ามกลางเทคโนโลยีอย่างแท้จริง รอบๆ ตัวถูกแวดล้อมไปด้วยผลผลิตจากเทคโนโลยี ซึ่งเป็นกระบวนการและกลยุทธ์ในการพัฒนา สิ่งของ เครื่องใช้ วัสดุ เครื่องมือ สิ่งประดิษฐ์ ตลอดจนวิถีการใดๆ ในอันที่จะแก้ปัญหาหรือตอบสนองตามความต้องการของมนุษย์เพื่อความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น กระบวนการในการพัฒนาเทคโนโลยีเป็นกระบวนการที่ต้องใช้ ความรู้ ความคิด ความสามารถในระดับสูง สิ่งที่เกิดจากกระบวนการพัฒนาเทคโนโลยี จึงมีมูลค่าสูงตาม ไปด้วย ประเทศที่พัฒนาเทคโนโลยีที่มีมูลค่าสูง ย่อมมีรายได้จากการจำหน่ายเทคโนโลยีนั่น ส่วนประเทศที่ พัฒนาเทคโนโลยีได้น้อย แต่ประชากรมีความจำเป็นต้องบริโภคเทคโนโลยีเช่นเดียวกัน จึงต้องพึ่งพา ประเทศที่มีการพัฒนาเทคโนโลยีระดับสูงด้วยการรับ การถ่ายทอดเทคโนโลยีในรูปของการนำเข้าเทคโนโลยี มากกว่าการพัฒนาเทคโนโลยีขึ้นมาใช้เอง ประเทศไทยเป็นตัวอย่างของประเทศที่บริโภคเทคโนโลยีไม่แพ้ ประเทศใดๆ ในโลกในขณะนี้ที่อดีตที่ผ่านมา ประเทศไทยมีรายได้เป็นกอบเป็นกำจากสินค้าทางการเกษตร ดังนั้น การที่ประเทศไทยจะพึ่งตนเองทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ และเพื่อมิให้ประเทศไทยมีแต่ ประชาชนที่เป็นผู้บริโภคเทคโนโลยีอย่างเดียว จำเป็นต้องสร้างให้คนในชาติมีความรู้ความสามารถทางด้าน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีทักษะสำคัญในการศึกษา ค้นคว้าความรู้ได้ด้วยตนเอง มีความสามารถในการ ที่จะนำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ไปพัฒนาปรับปรุงเทคโนโลยี โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคโนโลยีที่เหมาะสม ซึ่งเป็นเทคโนโลยีพื้นฐานของการพัฒนาตนเอง พัฒนาชุมชน พัฒนาสังคม ซึ่งสอดคล้องกับพระราชดำริส ของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช ที่ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ พระราชทานเนื่องในสัปดาห์ วิทยาศาสตร์แห่งชาติ (กระทรวงวิทยาศาสตร์ . 2532) มีใจความว่า “ปัจจุบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างความเจริญของบ้านเมืองเราจึงควรสนับสนุนให้มีการคิดค้นเทคโนโลยีที่เหมาะสม กับสภาพและความต้องการของประเทศขึ้นใช้เองอย่างจริงจัง ถ้าเราสามารถคิดค้นได้มากเท่าไรก็จะเป็น การประหยัดและช่วยให้สามารถนำไปใช้งานต่างๆ ได้กว้างขวางยิ่งขึ้นเท่านั้น”

จากพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 หมวดที่ 4 ได้กล่าวโดยสรุปไว้ ตอนหนึ่งว่า การจัดการศึกษาให้เน้นทั้งความรู้ คุณธรรม และบูรณาการตามความเหมาะสม โดยเฉพาะ ความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีรวมทั้งมีการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อมอย่างสมดุลยั่งยืน กระบวนการเรียนรู้ ควรมีการฝึกทักษะกระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ปัญหา (จักรพรรดิ วะทา 2544 : 2) จากความสำคัญดังกล่าว จะเห็นได้ว่าวิชาวิทยาศาสตร์ มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะใช้เป็นวิชาพื้นฐาน ที่สำคัญสำหรับพัฒนากำลังคน เพิ่มคุณภาพของคนให้มีสมรรถภาพด้านความรู้ทุกด้านตลอดจนมีความ สามารถในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้

โดยทั่วไปเทคโนโลยีประกอบด้วยส่วนที่เป็นความรู้ซึ่ง หมายถึง ความรู้ต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับเทคนิควิธี การผลิต การสร้างหรือการพัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งประดิษฐ์ ระบบหรือวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มี ประสิทธิภาพสูงขึ้น หรือแก้ปัญหาต่างๆ ที่มนุษย์และสังคมกำลังประสบอยู่ ส่วนที่เป็นกระบวนการ หมายถึง กระบวนการนำเอาความรู้ ประสบการณ์ และความสามารถต่างๆ ที่มีอยู่ไปใช้ทดลองค้นคว้า เพื่อเทคนิค

วิธีการใหม่ๆ ในการผลิตและปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นอำนวยความสะดวก หรือแก้ปัญหาต่างๆ ที่มนุษย์และสังคมกำลังประสบอยู่ (วรรณทิพา รอดแรงคำ. 2540 : 45) และในจุดประสงค์รายวิชาวิทยาศาสตร์ ในหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) ได้กล่าวเกี่ยวกับเทคโนโลยีไว้ว่า “เพื่อให้นำความรู้ ความเข้าใจ ในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต” (กระทรวงศึกษาธิการ .2534 : 37) ซึ่งเป็นผลทำให้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2533) ได้พัฒนาปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะการจัดเนื้อหาและกิจกรรมที่เป็นพื้นฐานของเทคโนโลยีมากขึ้น แต่จากการตรวจสอบคุณภาพของการศึกษา ของกรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2527 - 2533) พบว่าการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร เพราะกระบวนการเรียนการสอน ยังเน้นความรู้ความจำมากกว่ากระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นพื้นฐานการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ .2544 : 3) ดังนั้น การที่จะให้การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพ ต้องมีการปรับกิจกรรมการเรียนการสอนให้สอดคล้องและสนับสนุนการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศ มีการบรรจุความรู้ต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้นักเรียนเห็นว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนั้นเป็นเรื่องง่าย เป็นเรื่องในชีวิตประจำวันที่เราต้องเกี่ยวข้องอยู่ตลอดเวลา (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.2543 : 30 - 31) โดยจัดให้เด็กทุกคนได้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ ตระหนักถึงความสำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างถูกต้องเหมาะสมดังที่ พิศาล สร้อยรุห์รา (2539 : 4) ได้กล่าวถึงสิ่งที่นักเรียนควรเรียนเกี่ยวกับเทคโนโลยีไว้ว่า “ควรให้ผู้เรียน มีความรู้ ความเข้าใจ และความสามารถในเรื่องของเทคโนโลยี โดยเริ่มต้นจากการรู้จักใช้เทคโนโลยีในฐานะที่เป็นผู้บริโภคอย่างถูกต้อง กล่าวคือ รู้จักเลือกใช้ ใช้เป็น รู้ถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้น ตลอดจนการป้องกันและแก้ไข รู้จักบำรุงรักษาให้สามารถใช้งานได้นาน ขึ้นต่อไปก็เป็นการรู้จักซ่อมแซม การดัดแปลงให้ดีขึ้น จนถึงขั้นที่สามารถเป็นผู้ผลิตเทคโนโลยีขึ้นใช้ได้เอง”

ปัจจุบันประเทศไทยได้เริ่มให้ความสำคัญของการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มผลผลิตและยกระดับรายได้ให้กับประชาชน นอกจากนี้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้ให้แนวคิดว่าควรที่จะได้มีการจัดการเรียนการสอนเทคโนโลยีในโรงเรียน หรือควรมีการแทรกเรื่องเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อให้เยาวชนไทยตระหนักถึงความสำคัญ และมีจิตสำนึก ทักษะและความสามารถ ในการพัฒนาเทคโนโลยีขึ้นใช้เอง ซึ่งในการจัดการศึกษานั้น ไม่ว่าจะในระดับ การศึกษาใด ควรจัดให้ผู้เรียนมีคุณสมบัติและบรรลุถึงเป้าหมายดังนี้

1. ตระหนักว่า เทคโนโลยีหรือวิธีการต่างๆ ที่ใช้ในปัจจุบันนี้มีลู่ทางที่จะปรับปรุงให้ดีขึ้นเสมอ
2. มีจิตวิญญาณ และความมุ่งมั่นที่จะทำการค้นคว้าทดลองหาเทคโนโลยีหรือเทคนิควิธีการใหม่ๆ อยู่เสมอ
3. มีทักษะและความสามารถที่เหมาะสมกับพื้นฐานความรู้ สภาพและวัยของตนในการใช้หรือปรับปรุงเทคโนโลยีหรือเทคนิควิธีการที่ได้มีผู้พัฒนาไว้แล้ว
4. มีทักษะและความสามารถที่เหมาะสมกับพื้นฐานความรู้ สภาพและวัยของตนในการลงมือค้นคว้าทดลองหาเทคโนโลยี หรือเทคนิควิธีการใหม่ๆ ขึ้นมาใช้

ดังนั้น ในการจัดการศึกษาให้มีประสิทธิภาพและเกิดประสิทธิผลนั้น จำเป็นที่ต้องอาศัยกิจกรรมต่างๆ หลายรูปแบบโดยเฉพาะการศึกษาเทคโนโลยี ต้องส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการพัฒนาการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ทักษะการปฏิบัติการทดลอง และมีความตระหนักต่อเทคโนโลยี

กอร์ปกับผู้วิจัยได้ทำการสำรวจเบื้องต้นเกี่ยวกับการทำโครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า การทำโครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ตั้งอยู่บนพื้นฐานของเทคโนโลยีที่เหมาะสม 3 ประการ คือ 1) เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทพลังงาน 2) เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทวัสดุเหลือใช้ 3) เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภททรัพยากรในท้องถิ่น (มหาวิทยาลัยมหิดล.2522 : 163)

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น เทคโนโลยีมีความสำคัญต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และเป็นพื้นฐานของกระบวนการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปปฏิบัติให้เกิดประโยชน์ โดยเฉพาะเทคโนโลยีพื้นฐานซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสม ดังนั้นผู้วิจัยมีความเห็นว่า ถ้าหากครูผู้สอนส่งเสริมให้นักเรียนฝึกคิดและระบุปัญหาจากสถานการณ์ต่างๆ เพื่อให้นักเรียนได้มีโอกาสหาความรู้และหลักการต่างๆ ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในปัจจุบันทั้งที่เกี่ยวข้องกับตัวนักเรียน หรือในสถานการณ์ที่นักเรียนต้องร่วมกันหาทางออกที่ดีอยู่เสมอ น่าจะส่งผลให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในขั้นตอนต่างๆ ในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ สามารถคิดหวัข้อและทำโครงการวิทยาศาสตร์ได้ดีและมีคุณภาพ

จากความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม ซึ่งประกอบด้วย เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทพลังงาน เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทวัสดุเหลือใช้ และเทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภททรัพยากรในท้องถิ่น เพื่อนำไปใช้ส่งเสริมในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยลักษณะสำคัญของเทคโนโลยีที่เหมาะสมแต่ละประเภทและขั้นตอนของการทำโครงการวิทยาศาสตร์ มาเป็นแนวทางในการพัฒนาชุดกิจกรรมโดยทำการศึกษาในเรื่อง ทักษะการปฏิบัติการทดลอง ความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ และความตระหนักต่อเทคโนโลยี เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการวางแผนการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน และเป็นพื้นฐานของการทำโครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดของตนและนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันและพัฒนาประเทศชาติให้เจริญก้าวหน้ายิ่งขึ้นต่อไป

### ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อสำรวจและคัดเลือกโครงการวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม และนำมาพัฒนาเป็นกิจกรรมต้นแบบของเทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์
2. เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
3. เพื่อศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ที่มีต่อทักษะการปฏิบัติการทดลอง ความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ และความตระหนักต่อเทคโนโลยี

### ความสำคัญของการวิจัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากผลการวิจัยครั้งนี้มีดังต่อไปนี้

1. ได้ชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม ที่มีศักยภาพในการพัฒนาการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ สำหรับใช้ในการเรียนการสอนกิจกรรมเสริมหลักสูตรในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3
2. ส่งเสริมให้นักเรียนได้เกิด ทักษะการปฏิบัติการทดลอง ความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ และความตระหนักต่อเทคโนโลยี จากการเรียนโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม

3. เป็นแนวทางสำหรับครู และผู้ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาชุดกิจกรรม เพื่อการคิดทำโครงการน วิทยาศาสตร์ ที่เน้นทักษะการปฏิบัติการทดลอง

4. ได้แนวทางในการนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

### ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยแบ่งการดำเนินการวิจัยออกเป็น 4 ตอน แต่ละตอนมีขอบเขต ดังนี้

#### ตอนที่ 1 การสำรวจและคัดเลือกโครงการนวิทยาศาสตร์

1. การสำรวจและคัดเลือกโครงการนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น กระทำ กับโครงการที่ได้รับรางวัลจากการประกวดโครงการนวิทยาศาสตร์ในวันวิทยาศาสตร์แห่งชาติ จากระดับภาค และระดับประเทศ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2542 ถึงปี พ.ศ.2544 โดยใช้เกณฑ์ตามรายงานการสัมมนาของมหาวิทยาลัย มหิดล(2522:163) ประกอบด้วย 1) เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทพลังงาน 2) เทคโนโลยีที่เหมาะสม ประเภทวัสดุเหลือใช้ 3) เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภททรัพยากรในท้องถิ่น เป็นเกณฑ์ในการจำแนก ประเภทของโครงการนวิทยาศาสตร์โดยคำนึงถึงการใช้ประโยชน์ต่อการดำรงชีวิต คัดเลือกไว้จำนวนทั้งสิ้น 10 โครงการน

2. การกลั่นกรองโครงการนที่ได้คัดเลือกไว้ กระทำโดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วย ผู้มีประสบการณ์การตัดสินผลการประกวดโครงการนวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน ครูผู้สอนโครงการน วิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน และนักวิชาการ จำนวน 1 ท่าน พิจารณาโดยใช้เกณฑ์เทคโนโลยีที่เหมาะสม ตามข้อ 1

3. นำโครงการนที่ผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิ มาจัดกระทำเป็นชุดกิจกรรมโดยมีการพัฒนา ปรับปรุงจากโครงการนเดิมเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพของท้องถิ่น

#### ตอนที่ 2 การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ กระทำโดยนำกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นจากตอนที่ 1 จัดจำแนกเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสม 3 ประเภท คือ 1) เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทพลังงาน 2) เทคโนโลยี ที่เหมาะสมประเภทวัสดุเหลือใช้ 3) เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภททรัพยากรในท้องถิ่น

#### ตอนที่ 3 การพัฒนาชุดกิจกรรมสำหรับใช้ในการสอน

1. ชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม ที่พัฒนามีจำนวน 3 ชุด ดังนี้

กิจกรรมที่ 1 เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทพลังงาน

กิจกรรมที่ 2 เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทวัสดุเหลือใช้

กิจกรรมที่ 3 เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภททรัพยากรในท้องถิ่น

2. ผู้เชี่ยวชาญที่พิจารณาตรวจสอบคุณภาพของชุดกิจกรรมก่อนนำไปทดลองสอน มีจำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วย ผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่ทำการสอนอย่างน้อย 5 ปี จำนวน 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางด้าน เทคโนโลยีที่เหมาะสม จำนวน 2 ท่าน และนักวิชาการจำนวน 1 ท่าน

#### ตอนที่ 4 การนำชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

1. แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการทดลองสอน

ประชากรที่ใช้ในการทดลองสอนเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนมัธยม วัดเบญจมบพิตร กรุงเทพมหานคร ที่กำลังเรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 จำนวน 6 ห้องเรียน

มีจำนวนนักเรียน 180 คน ส่วนกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียน จำนวน 30 คน ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบจัดกลุ่ม (Cluster Sampling) จากประชากร

## 2. ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองสอน

### 2.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่

การเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรม เรื่องเทคโนโลยีที่เหมาะสม

### 2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

2.2.1 ทักษะการปฏิบัติการทดลอง

2.2.2 ความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์

2.2.3 ความตระหนักต่อเทคโนโลยี

## 3. เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองสอน

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยเป็นเนื้อหาที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเป็นชุดกิจกรรม เรื่องเทคโนโลยีที่เหมาะสม ซึ่งประกอบไปด้วยชุดกิจกรรม 3 ชุด มีเนื้อหาเกี่ยวกับ การผลิตก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักวัสดุเหลือใช้ การผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ การย้อมสีจากพืชธรรมชาติ

## 4. ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองสอน

การทดลองสอนกระทำในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 ในช่วงโม่งกิจกรรมอิสระ จำนวน 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 คาบๆ ละ 50 นาที รวม 12 คาบ

## นิยามศัพท์เฉพาะ

1. เทคโนโลยีที่เหมาะสม หมายถึง เทคโนโลยีที่สามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการดำรงชีวิต จะต้องเป็นการประหยัดให้ประโยชน์มาก ง่ายต่อการเข้าใจ การรับรู้ การปฏิบัติตาม และง่ายต่อการผลิตขึ้นมาใช้เอง ประกอบด้วย

1) เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทพลังงาน หมายถึง การผลิตก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักวัสดุเหลือใช้จากผลผลิตทางการเกษตร ได้แก่ เปลือกผลไม้ และเศษผัก ผสมกับมูลไก่ และเปรียบเทียบปริมาณก๊าซที่ได้

2) เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทวัสดุเหลือใช้ หมายถึง การผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพจากผักตบชวา และผักตบชวามผสมผงถ่านที่เหลือทิ้ง โดยใช้แฉ่งเปียกเป็นตัวเชื่อมประสาน และศึกษาคุณภาพของเชื้อเพลิง

3) เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภททรัพยากรในท้องถิ่น หมายถึง การสกัดสีจากพืชธรรมชาติ ได้แก่ ขมิ้น และค้นคว้าหาสารช่วยย้อมผ้าที่เหมาะสมที่ทำให้สีของผ้าที่ได้จากการย้อมติดได้นานคงทน

2. ชุดกิจกรรม หมายถึง ชุดของการเรียนหรือการฝึกที่ประกอบด้วยวัสดุอุปกรณ์หลายชนิด และองค์ประกอบอื่นที่ก่อให้เกิดความสมบูรณ์ในตัวเอง เพื่อให้ผู้เรียนได้ศึกษา และฝึกปฏิบัติการกิจกรรมด้วยตนเอง หรือใช้สำหรับเรียนเป็นกลุ่มย่อยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. ชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ หมายถึง ชุดกิจกรรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจากการสำรวจและคัดเลือกโครงงานวิทยาศาสตร์ แล้วนำมาจำแนกประเภทของโครงงานตามเกณฑ์เทคโนโลยีที่เหมาะสม 3 ประเภท คือ ประเภทพลังงาน ประเภทวัสดุเหลือใช้ และประเภททรัพยากรในท้องถิ่น โดยผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิ และได้พัฒนาปรับปรุงจากโครงงานเดิม เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพของท้องถิ่น เพื่อพัฒนาเป็นชุดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ ทักษะ เทคนิค วิธีการ และความตระหนักต่อเทคโนโลยี

โดยเน้นให้นักเรียนได้มีการลงมือปฏิบัติและศึกษาด้วยตนเอง ผู้เรียนสามารถช่วยเหลือซึ่งกันและกันได้ ระหว่างการประกอบกิจกรรม

4. คุณภาพของชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ หมายถึง ชุดกิจกรรมที่ได้ผ่านการตรวจสอบและการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ในด้านเนื้อหา การใช้ภาษา และการดำเนินกิจกรรม มีคุณภาพอยู่ในระดับใช้ได้ดี ประกอบด้วย 1) ใบความรู้ประกอบชุดกิจกรรม 2) ใบงานประกอบชุดกิจกรรม ซึ่งวัดได้จากแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยแบ่งความคิดเห็นออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้ ควรปรับปรุง

5. ทักษะปฏิบัติการทดลอง หมายถึง พฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออกได้โดยตรงจากการปฏิบัติการทดลอง หรือปฏิบัติกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 1) การวางแผนการทดลอง 2) การปฏิบัติการทดลอง ซึ่งวัดได้จากแบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยประเมินจากสภาพจริง อิงเกณฑ์ รุบริค (Rubric) เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 4 อันดับ ได้แก่ 4,3,2,1

6. ความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ หมายถึง การแสดงศักยภาพของนักเรียน ในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ด้วยการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ประกอบด้วย 1) การกำหนดปัญหาหรือ กำหนดหัวข้อเรื่องโครงงาน 2) การกำหนดสมมติฐานและกำหนดตัวแปร 3) การออกแบบการทดลอง 4) การดำเนินการทดลอง 5) การบันทึกผลการทดลอง 6) การสรุปผลการทดลอง ซึ่งวัดได้จากแบบประเมิน ความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยประเมินจากสภาพจริง อิงเกณฑ์ รุบริค (Rubric) เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 อันดับ ได้แก่ 3,2,1

7. ความตระหนักต่อเทคโนโลยี หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงถึง ความสำนึก การรับรู้ ความรู้สึก ความคิดเห็นในคุณและโทษของการนำเทคโนโลยีมาใช้ ซึ่งวัดได้จากแบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert scale) โดยแบ่งความคิดเห็นออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ เห็นด้วย อย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

### สมมติฐานการวิจัย

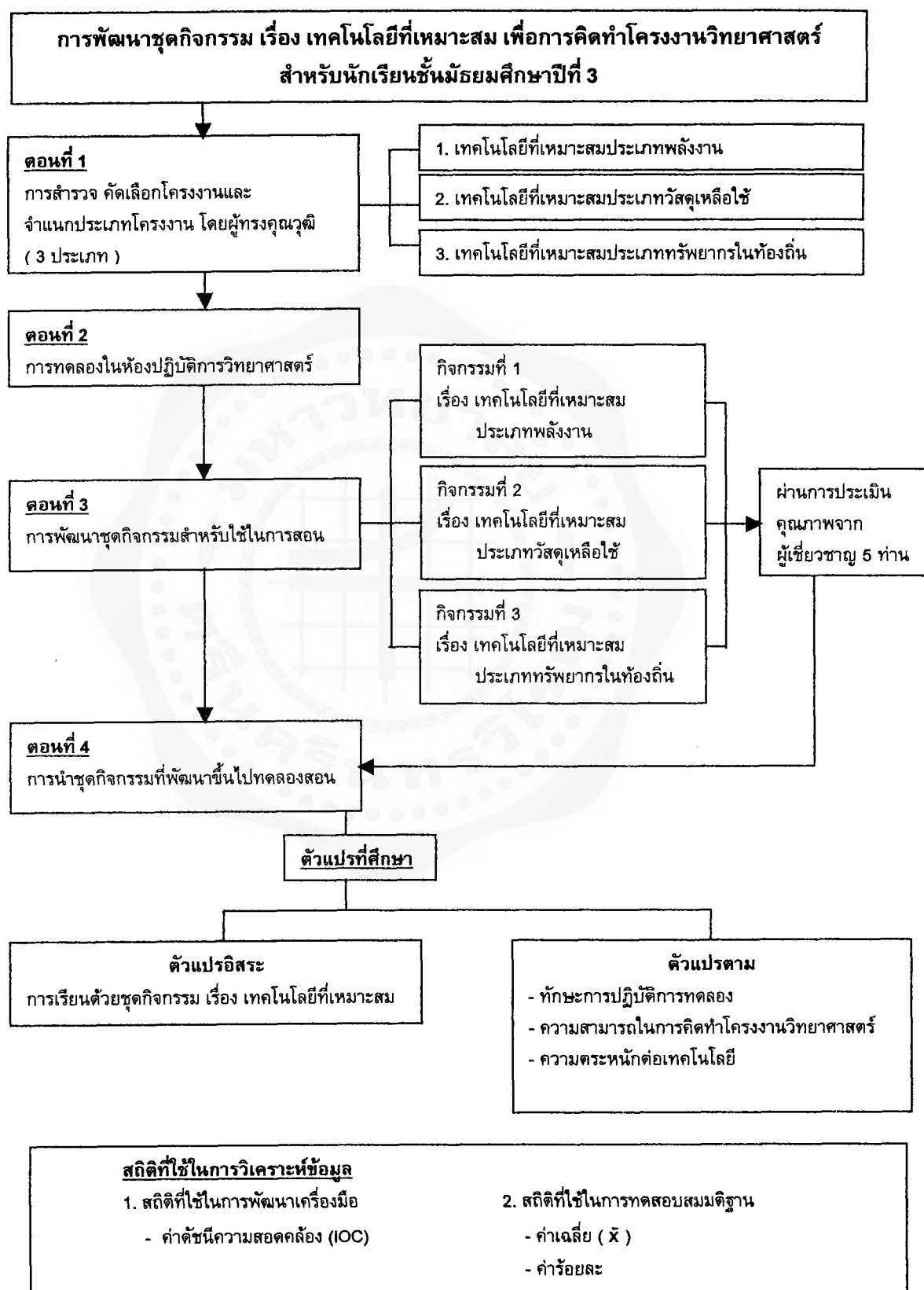
ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดสมมติฐานไว้ดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ มีทักษะการปฏิบัติการทดลอง ร้อยละ 80

2. นักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ มีความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 80

3. นักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ มีความตระหนักต่อเทคโนโลยีในระดับมาก

## กรอบแนวคิดในการวิจัย



## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยดังต่อไปนี้

#### เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้า

1. เอกสารเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่เหมาะสม
2. เอกสารเกี่ยวกับโครงการงานวิทยาศาสตร์
3. เอกสารเกี่ยวกับชุดการเรียนรู้หรือชุดกิจกรรม
4. เอกสารเกี่ยวกับทักษะภาคปฏิบัติ
5. เอกสารเกี่ยวกับความตระหนักต่อเทคโนโลยี

#### งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้า

1. งานวิจัยเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่เหมาะสม
2. งานวิจัยเกี่ยวกับกิจกรรมทางเทคโนโลยี
3. งานวิจัยเกี่ยวกับชุดการเรียนรู้หรือชุดกิจกรรม
4. งานวิจัยเกี่ยวกับความตระหนักถึงผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อสิ่งแวดล้อม

#### เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้า

1. เอกสารเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่เหมาะสม

##### 1.1 ความหมายของเทคโนโลยีที่เหมาะสม

กิจกรรมของเทคโนโลยีที่จะเป็นพื้นฐานไปสู่ความเจริญของมนุษย์ ถ้าสังคมเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม มีผู้ให้ความหมายของเทคโนโลยีที่เหมาะสม ดังนี้

ดิเรก ฤกษ์ห่วย (2522 : 37) ให้ความหมายว่า เทคโนโลยีที่เหมาะสมคือ เทคโนโลยีที่สามารถตอบสนองความต้องการด้านวิชาการของสภาพการผลิต โดยมีการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างเต็มที่ และเป็นประโยชน์มากที่สุด เทคโนโลยีนั้นต้องเป็นที่ยอมรับและถูกดัดแปลงให้เหมาะสมกับสภาพความต้องการในการผลิตของชุมชน

ชาญชัย ลิ้มปียากร (2527 : 18) กล่าวว่า เทคโนโลยีที่เหมาะสม คือ เทคโนโลยีที่มีความสอดคล้องกับศักยภาพของผู้ใช้ ศักยภาพของผู้ใช้ที่สำคัญคือ ความรู้ ประสบการณ์ ทักษะ และกำลังทางเศรษฐกิจของผู้ใช้

กัญญา เลิศฤดีวัฒนวงศ์ (2530 : 212) ให้ความหมายว่า เทคโนโลยีที่เหมาะสม เป็นสิ่งที่มนุษย์คิดค้นคว้า ประดิษฐ์ขึ้นสืบทอดต่อกันในอดีต โดยมุ่งหวังแก้ปัญหาให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในระดับและสังคมต่างๆ กัน

มงคล ชาวเรือ (2535 : 27) ให้ความหมายว่า เทคโนโลยีที่เหมาะสม หมายถึง เทคโนโลยีที่จัดขึ้นหรือพัฒนาเพื่อให้ใช้ได้อย่างเหมาะสมมีประสิทธิภาพ ประหยัดตรงต่อสภาวะการณ์และตรงต่อ

สิ่งแวดล้อม โดยจะต้องมีความสอดคล้องกับศักยภาพของผู้ใช้ที่สำคัญได้แก่ ความรู้ ทัศนคติ ประสิทธิภาพ และกำลังทางเศรษฐกิจ

จากการอบรมสัมมนาอาจารย์ผู้สอนวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตในท้องถิ่น (ศิริ ฮามสุโพธิ์, 2536 : 4) ได้มีการอภิปรายและสรุปว่า เทคโนโลยีที่เหมาะสมเป็นคำที่นิยมใช้กันในประเทศที่พัฒนาน้อยรวมทั้งประเทศไทย นอกจากคำว่าเทคโนโลยีที่เหมาะสมแล้วยังมีคำอื่น ๆ อีกเช่น เทคโนโลยีระดับกลาง (intermediate technology) และเทคโนโลยีราคาถูก (low - cost technology) คำดังกล่าวมีความหมายอย่างเดียวกัน แต่ในปัจจุบันนิยมใช้คำว่าเทคโนโลยีที่เหมาะสม และผู้อบรมสัมมนาได้สรุปความหมายของเทคโนโลยี ที่เหมาะสมดังนี้

1. เทคโนโลยีที่เหมาะสม คือ เทคโนโลยีที่จะต้องจัดซื้อและพัฒนาขึ้นเพื่อให้ใช้ได้ อย่างเหมาะสม มีประสิทธิภาพ ประหยัด ตรงต่อสภาวะการณ์ และตรงต่อสิ่งแวดล้อม

2. เทคโนโลยีที่เหมาะสม คือ กิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งใช้ทรัพยากรและแรงงานในท้องถิ่นอย่างเต็มที่ เพื่อสร้างเครื่องมือ เครื่องใช้ที่มีราคาถูกและเหมาะสมกับสภาพท้องถิ่นหรือแหล่งเสื่อมโทรมนั้น ๆ โดยความร่วมมือและเป็นที่ยอมรับของชุมชนนั้น ทั้งทางด้านสังคมและขนบธรรมเนียมประเพณี

จากความหมายของเทคโนโลยีที่เหมาะสมดังกล่าว สรุปได้ว่า

เทคโนโลยีเหมาะสมมีความหมายเดียวกับเทคโนโลยีในท้องถิ่น เพราะการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม เป็นทั้งการใช้เทคโนโลยีในท้องถิ่นที่ประชาชนคิดหรือประดิษฐ์ขึ้นมาให้เหมาะสมกับท้องถิ่น เพื่อนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการดำรงกิจกรรมต่าง ๆ สอดคล้องกับความรู้ ความสามารถ ประสิทธิภาพ สภาพสังคม วัฒนธรรม สิ่งแวดล้อมและกำลังทางเศรษฐกิจของผู้ใช้ในท้องถิ่นของตนเอง

## 1.2 ความเป็นมาของเทคโนโลยีที่เหมาะสม

จากการประชุมวิชาการ เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาชนบทระหว่างวันที่ 16 -18 ตุลาคม 2523 ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2524 : 60 - 61) ได้มีการสรุปความเป็นมาของเทคโนโลยีที่เหมาะสมไว้ดังนี้ เทคโนโลยีที่เหมาะสมเป็นแนวคิดเกิดขึ้นเพื่อแก้ปัญหาในประเทศกำลังพัฒนาซึ่งเป็นประเทศที่ยากจนและล้าหลัง โดยความหมายทางเศรษฐศาสตร์ประเทศเหล่านี้เป็นประเทศที่ขาดเงินทุนและเทคโนโลยี ประชาชนมีสภาพไร้การศึกษา ประสิทธิภาพในการผลิตต่ำไม่มีการสะสมส่วนเกินทางเศรษฐกิจ

นอกจากนี้ พรประชา ปันธัมโม (2524 : 12 - 13 ) ยังได้อธิบายเพิ่มเติมถึงความเป็นมาของเทคโนโลยีที่เหมาะสมไว้ว่า ดร. ชูมาเกอร์ (Schumacher) นักเศรษฐศาสตร์ชาวอังกฤษ ได้เป็นผู้ก่อตั้งกลุ่มพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสม (intermediate technology development group) ในประเทศอังกฤษเป็นคนแรก และเขียนเผยแพร่ไว้ในหนังสือจีว้แต่แจ้ว (Small Is Beautiful) โดยใช้ชื่อว่าเทคโนโลยีระดับกลาง ซึ่งเขาเห็นว่าเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับท้องถิ่น ผลผลิตอันเกิดจากเทคโนโลยีนี้ใช้ประโยชน์จากวัสดุ ทรัพยากรและแรงงานในท้องถิ่นทั้งสิ้น ไม่จำเป็นต้องนำเข้าวัสดุหรือแรงงานจากต่างประเทศเข้ามา หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า สามารถดำรงอยู่ได้ด้วยตนเอง (self - reliant) มิต้องอาศัยสิ่งใดจากภายนอกหรืออาศัย สิ่งเหล่านั้นจากภายนอกน้อยที่สุด

นักวิชาการได้กล่าวถึงความเป็นมาของคำว่า เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพิ่มเติมว่าโดยทั่วไปเทคโนโลยีที่เหมาะสมจะเกี่ยวพันกับภาษาอังกฤษที่ใช้กันคือ คำว่า (Appropriate Technology) แปลได้ว่า “วิทยาการที่เหมาะสม” หรือบางแห่งใช้คำว่า (Intermediate Technology) แปลว่า “วิทยาการระดับกลาง” หรือบางแห่งใช้คำว่า (Rural Technology) แปลว่า “วิทยาการชนบท” แต่นักวิชาการบางท่านใช้คำว่า “วิทยาการชาวบ้าน”

หรือ “เทคโนโลยีชนบท” เป็นต้น ถึงแม้ว่าหลายฝ่ายจะเรียกชื่อต่างกันก็ตามแต่ก็อาจหาคำจำกัดความได้ว่า วิทยาการใดๆก็ตามที่มนุษย์สามารถนำมาใช้ได้อย่างเหมาะสมกับสภาพท้องถิ่นนั้นๆโดยมีคุณสมบัติที่สะดวก ใช้งานง่าย ประหยัด ง่ายต่อการบำรุงรักษาและจัดหา ทั้งนี้อาจจะรวมถึงสิ่งที่เป็นวัตถุ เช่น เครื่องมือ เครื่องใช้ต่างๆ และเทคนิคหรือวิธีการแก้ปัญหาต่างๆ ด้วยจัดเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมทั้งสิ้น(ศิริ ฮามสุโพธิ์. 2536 : 12 -13)

### 1.3 ลักษณะของเทคโนโลยีที่เหมาะสม

มงคล ชาวเรือ (2528 : 138 - 139 ) อธิบายถึงลักษณะของเทคโนโลยีที่เหมาะสมไว้ ดังนี้

1. เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ทรัพยากรมนุษย์ หรือแรงงานคนเป็นจำนวนมาก
2. เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ทรัพยากรที่มีอยู่น้อย หรือหายากให้พอเหมาะ
3. เป็นเทคโนโลยีที่มีเงินทุนน้อยหรือเหมาะสมกับสภาพทางเศรษฐกิจของประเทศ
4. เป็นเทคโนโลยีที่สามารถรองรับผู้มีความชำนาญ ซึ่งจัดหาได้หรืออาจฝึกอบรมขึ้นได้ภายใน

ประเทศ

5. เป็นเทคโนโลยีสามารถใช้วัสดุก่อสร้างภายในประเทศได้
6. เป็นเทคโนโลยีซึ่งสามารถจะจัดหาบริการซ่อมบำรุงภายในประเทศได้โดยไม่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญจากต่างประเทศ

ชาญจากต่างประเทศ

7. เป็นเทคโนโลยีที่มีการเสี่ยงต่อการเลิกล้มกิจการน้อย
8. เป็นเทคโนโลยีที่ใช้งานง่าย ราคาถูก และเป็นอิสระมากกว่าเทคโนโลยีประเภท ยุ่งยาก

สลับซับซ้อน

9. เป็นเทคโนโลยีที่มุ่งรับใช้มนุษยชาติมากกว่า ที่จะทำให้มนุษย์กลายเป็นทาสของเครื่อง

จักรกล

10. เป็นเทคโนโลยีที่ส่งเสริมประชาธิปไตยหรือการช่วยตนเอง ซึ่งทุกคนหรือส่วนใหญ่ยอมรับ และสามารถนำไปใช้ได้ มิใช่มีใช้ได้เฉพาะผู้ที่ร่ำรวยหรือมีอำนาจเท่านั้น

นอกจากนี้ ประกอบ ระกิติ (2532 : 10 - 11 ) ยังอธิบายถึงเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพิ่มเติมว่า ด้วยเหตุผลที่ต้องการดัดแปลงเครื่องมือและหรือวิธีการที่ทันสมัยที่มีความยุ่งยากและสลับซับซ้อนในตัวของมันเองให้มีความง่ายต่อการใช้ประโยชน์ในประเทศที่กำลังพัฒนาโดยเฉพาะคนยากจนในชนบทเทคโนโลยีที่เหมาะสมจึงควรมีคุณลักษณะ 4 ประการ ดังต่อไปนี้

1. ต้นทุนในการผลิตถูกและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่ำ หมายความว่าเทคโนโลยีที่ต้องการไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่สั่งมาจากต่างประเทศที่มีราคาแพง แต่ต้องใช้ทรัพยากรที่มีอยู่หรือพอหาได้ในท้องถิ่นนั้นๆ ท้องถิ่นสามารถผลิตหรือทำขึ้นเองได้ ใช้สิ่งที่ตนผลิตหรือคิดค้นขึ้นมาจากวัสดุที่มีอยู่หรือพอหาได้ สิ่งประดิษฐ์นั้นต้องไม่ใช่ส่วนประกอบหรืออุปกรณ์ที่หาได้ยาก ไม่ต้องดูแลรักษาด้วยวิธียุ่งยากสลับซับซ้อน เหล่านี้จึงจะเรียกได้ว่าสิ่งนั้น กระบวนการนั้นเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสม

2. ใช้แรงงานมากกว่าใช้เครื่องจักร หมายความว่า เทคโนโลยีที่เหมาะสมระดับชาวชนบทต้องเป็นการใช้แรงงานคนผลิตใช้แรงงานคนทำมากกว่าเครื่องจักร ทั้งนี้ เน้นในเรื่องที่ว่าในชนบทของประเทศที่กำลังพัฒนานั้นมีแรงงานคนมาก อัตราการจ้างแรงงานต่ำ อัตราการว่างงานสูงจำเป็นต้องนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาใช้ในการแก้ปัญหาการว่างงานหรือการสร้างงานให้มีงานทำมากกว่าที่จะใช้วิธีการเพิ่มผลผลิตแต่ลดการมีงานทำ

3. มีกระบวนการผลิตและการใช้เป็นปริมาณน้อย ถ้าเป็นอุปกรณ์หรือเครื่องมือต้องมีขนาดเล็ก หมายความว่า เทคโนโลยีที่เหมาะสมระดับชาวชนบทควรเป็นเครื่องมือขนาดเล็ก ซึ่งพิจารณาจาก

การที่จะนำไปใช้ในหมู่บ้าน ในกลุ่มเล็กๆ หรือแม้แต่ในครอบครัวแต่ละครอบครัว โดยชุมชนแต่ละชุมชนสามารถจัดหาซื้อและดำเนินการได้เองในชุมชนนั้นๆ แม้แต่กระบวนการผลิตและการใช้ควรเป็นกระบวนการที่ง่าย ๆ ไม่สลับซับซ้อนที่จะต้องใช้ทฤษฎีและพื้นฐานทางวิชาการที่สูงมากนัก สามารถถ่ายทอดวิธีการได้อย่างผสมกลมกลืนกับสภาพเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรมของท้องถิ่น

4. ต้องเป็นเครื่องมือและวิธีการที่ง่ายต่อการที่จะนำไปใช้ หมายความว่า เทคโนโลยีที่เหมาะสมระดับชาวบ้านต้องไม่เป็นเครื่องมือที่ยุ่งยากต่อการใช้และการรักษา ทั้งนี้เพราะชาวบ้านมีความรู้และทักษะในขีดจำกัด ชาวชนบทไม่สามารถรับการฝึกอบรมให้ใช้เทคโนโลยีด้วยวิธีการที่มีเทคนิคพิเศษมากนัก

ศิริ อามสุโพธิ์ (2536 : 14) สรุปลักษณะของเทคโนโลยีที่เหมาะสมไว้ดังนี้

1. การลงทุน การลงทุนหรือต้นทุนไม่มากควรอยู่ในขีดความสามารถของบุคคลนั้น กลุ่มนั้น จะจัดการได้

2. การใช้วัตถุดิบ จะต้องเอื้ออำนวยกับการใช้วัสดุพื้นบ้านหรือท้องถิ่นเพื่อการผลิตให้ได้มากที่สุด

3. การผลิตเทคโนโลยี จะต้องอาศัยแรงงานและความสามารถของชุมชนเป็นหลักได้

4. การกำหนดงาน ควรเป็นงานหรือกิจกรรมที่เหมาะสมกับเทคโนโลยีและสภาพของท้องถิ่น

5. ความง่ายง่าย เทคโนโลยีที่ผลิตขึ้นจะต้อง ง่ายสะดวกต่อการใช้ และบำรุงรักษา

6. สถานที่ผลิต เทคโนโลยีที่ผลิตจะต้องผลิตได้เองในท้องถิ่นนั้น ไม่ควรนำเข้าจากต่างประเทศ ถ้าไม่จำเป็น

7. การระดมทรัพยากร เทคโนโลยีที่นำไปใช้จะต้องสามารถนำแหล่งทรัพยากรและพลังงานที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาใช้ได้อย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ

8. การดัดแปลง เทคโนโลยีนั้นสามารถนำไปดัดแปลงให้เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมใหม่ได้ง่าย ไม่ยุ่งยาก

9. ปราศจากเงื่อนไข จะต้องไม่มีปัญหาทางด้านลิขสิทธิ์ต่างๆ

กล่าวสรุป ลักษณะของเทคโนโลยีที่เหมาะสมคือ เทคโนโลยีที่มนุษย์ผลิตหรือคิดค้นขึ้นมาจากวัสดุที่หาได้ในท้องถิ่นใช้ต้นทุนในการผลิตน้อย ราคาถูก ไม่ยุ่งยากสลับซับซ้อน

#### 1.4 ประเภทของเทคโนโลยีที่เหมาะสม

รายงานการสัมมนาของมหาวิทยาลัยมหิดล (2522 : 163 ) ได้จัดประเภทของเทคโนโลยีที่เหมาะสม โดยจัดกลุ่มตามคุณลักษณะและที่มาของการสร้าง ไว้ดังนี้

1. เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทพลังงาน โดยอาศัยพลังงานที่มีอยู่ตามธรรมชาติมาใช้ ได้แก่ แสงอาทิตย์ กระแสลม ความร้อน ชีวมวล (แก๊ส) ที่ได้จากมูลสัตว์ และวัชพืช เป็นต้น สิ่งที่น่าสนใจที่รู้จักกันอยู่ตามพื้นบ้าน เช่น เครื่องอบข้าวด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ การชลประทานแบบหยดน้ำ กังหันลมท่อน้ำและสูบน้ำ เตาหุงข้าวโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ การจัดแหล่งน้ำเพื่อการเกษตร เป็นต้น

2. เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทวัสดุเหลือใช้ โดยนำวัสดุที่มีเหลือในท้องถิ่นมาคิดประดิษฐ์ และใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ได้แก่ เศษไม้ ฟืน ถ่าน ฟางข้าว แกลบ ชี้น้อย ชังข้าวโพด ผักตบชวา มูลสัตว์ต่าง ๆ เป็นต้น สิ่งที่น่าสนใจและใช้กันอยู่ในหมู่บ้าน เช่น เตาแก๊สจากมูลสัตว์หรือวัชพืช ตู้เย็นใช้ไอเย็นจากถ่านหุงข้าว เตาเศรษฐกิจ ที่กรองน้ำโดยใช้ถ่านหุงข้าว เป็นต้น

3. เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภททรัพยากรในท้องถิ่น เป็นการคิดและสร้างเทคโนโลยีที่อาศัยทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาเป็นวัตถุดิบในการประดิษฐ์ เป็นเครื่องมือ เครื่องใช้ เพื่ออำนวยความสะดวก

ในชีวิตประจำวัน และลดต้นทุนการผลิตของการประกอบอาชีพสิ่งประดิษฐ์และการคิดค้นโดยชาวบ้าน ได้แก่ รถอีแต่น เครื่องแกะข้าวโพด เครื่องแกะเปลือกถั่วลิสง รวมถึงการใช้ความรู้ ความคิด และเทคนิคในการผลิตพืชผล ทางด้านเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมในครัวเรือน เช่น การทำนา - สวนผสม การทำเกษตรกรรมธรรมชาติ วิธีเพาะเห็ดแบบประหยัด การใช้ธรรมชาติย้อมผ้า เป็นต้น

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทพลังงาน เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทวัสดุเหลือใช้ และเทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภททรัพยากรในท้องถิ่นโดยการวิเคราะห์เนื้อหาโครงการงานวิทยาศาสตร์จากผู้ทรงคุณวุฒิและมีการพัฒนาปรับปรุงจากโครงการเดิมเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพของท้องถิ่น

### 1.5 การเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม

มงคล ชาวเรือ (2535 : 30) ได้ให้แนวทางพิจารณาถึงปัจจัยที่สำคัญที่จะเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตในท้องถิ่นต่างๆ มีปัจจัยที่สำคัญต่อไปนี้

1. ลงทุนน้อย เข้าใจได้ง่าย ไม่สลับซับซ้อน
  2. สามารถใช้วัสดุพื้นบ้านหรือท้องถิ่นได้มากที่สุด
  3. สร้างโดยแรงงาน และความสามารถของคนในท้องถิ่น
  4. เป็นลักษณะของงานที่เหมาะสมกับสภาพท้องถิ่น ปรับปรุงให้เข้ากับวัฒนธรรมสภาพเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมได้ดี มีข้อจำกัดน้อยที่สุด
  5. เป็นสิ่งที่สร้างขึ้นซึ่งมีลักษณะง่ายต่อการใช้และควบคุมดูแลรักษา
  6. ทำได้ในท้องถิ่นนั้นๆ มิใช่สั่งมาจากต่างประเทศ
  7. สามารถนำแหล่งทรัพยากรและพลังงานธรรมชาติมาใช้ได้อย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ และสนองการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่น
  8. เป็นเรื่องที่ไม่ยุ่งยาก สามารถนำไปดัดแปลงได้กับสิ่งแวดล้อมใหม่ หรือสอดคล้องกับของเก่าที่ท้องถิ่นเคยใช้อยู่
  9. ไม่มีปัญหาทางด้านลิขสิทธิ์ต่างๆ
  10. ต้องดำเนินการและควบคุมได้ด้วยคนในท้องถิ่นนั้นๆ
  11. ผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากเทคโนโลยีจะต้องตกอยู่กับผู้ใช้เทคโนโลยีนั้น
- สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้รวบรวมความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ในการทำโครงการวิทยาศาสตร์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จึงขอก้าวในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีดังต่อไปนี้

### 1.6 ความหมายของวิทยาศาสตร์

มีผู้ให้ความหมายของคำว่า “วิทยาศาสตร์” ไว้หลายท่านซึ่งผู้วิจัยจะขอยกมากล่าวดังต่อไปนี้ ซีคานสกี (Czekanski 1974 : 23) กล่าวว่า วิทยาศาสตร์ หมายถึง การจัดเนื้อหาวิชาความรู้ อย่างมีระบบ และหมายถึงกระบวนการหรือแนวทางที่จะทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งโดยใช้คำถาม การทดลอง การสังเกต การวัด การสรุป และการสื่อความหมาย

กู๊ด (Good. 1973 : 516 - 517) ให้ความหมายของวิทยาศาสตร์ไว้ 3 ความหมายสรุปได้ดังนี้

1. วิทยาศาสตร์ หมายถึง กิจกรรมที่พยายามดำเนินไปเพื่อให้เป็นประสบการณ์ เช่นเดียวกับการจัดระบบความคิด
2. วิทยาศาสตร์ หมายถึง กิจกรรมของบุคคลซึ่งค้นคว้าเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความรู้สึกและโครงสร้างความเข้าใจที่ได้จากการสังเกต

3. วิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ที่รวบรวมขึ้นจากการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2525 : 744) ให้ความหมายของวิทยาศาสตร์ไว้ว่า วิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ที่ได้จากการสังเกตและค้นคว้าจากการประจักษ์ทางธรรมชาติแล้วจัดเข้าเป็นระเบียบ วิชาที่ค้นคว้าได้หลักฐานและเหตุผลแล้วจัดเป็นระเบียบ

ยงยุทธ ยุทธวงศ์ (2531 : 12) ได้ให้ความหมายของวิทยาศาสตร์ว่า วิทยาศาสตร์เป็นความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติรอบๆ ตัวเรา ทั้งในส่วนประกอบ ความเป็นมาและในด้านที่อาจจะใช้ให้เกิดประโยชน์

สมจิต สวณไพบูลย์ (2535 : 94) ได้กล่าวว่า วิทยาศาสตร์ หมายถึง ส่วนที่เป็นตัวความรู้ (Body of knowledge) ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการตรวจสอบอย่างมีระบบจนเป็นที่เชื่อถือได้ และส่วนที่เป็นกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Process of Scientific inquiry)

เพียร ชัยขวัญ (2536 : 37) ให้ความหมายของวิทยาศาสตร์ไว้ว่า วิทยาศาสตร์เป็นความรู้เกี่ยวกับสิ่งต่างๆ ในธรรมชาติ และกระบวนการค้นคว้าหาความรู้ที่มีขั้นตอนมีระเบียบแบบแผน

ภพ เลหาไพบูลย์ (2542 : 2) ให้ความหมายของวิทยาศาสตร์ไว้ว่า วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ค้นหาความจริงเกี่ยวกับธรรมชาติ โดยใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ วิธีการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป

กล่าวโดยสรุป วิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้และกระบวนการแสวงหาความรู้โดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์และเป็นความรู้หรือข้อเท็จจริงซึ่งได้ผ่านการพิสูจน์ให้เห็นจริงมาแล้วและนำมาจัดเข้าเป็นระบบ

### 1.7 ความหมายของเทคโนโลยี

เทคโนโลยีนั้น มีผู้ให้ความหมายไว้ในลักษณะความหมายทั่ว ๆ ไปกับความหมายที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ดังนี้

กู๊ด (Good. 1973 : 592) ได้ให้ความหมายของเทคโนโลยีไว้ 5 ความหมายดังนี้

1. ระบบวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับเทคนิค
2. วิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ประโยชน์ เพื่อแก้ปัญหาในเชิงปฏิบัติ
3. การจัดระบบข้อเท็จจริงและหลักการเพื่อจุดมุ่งหมายในการปฏิบัติ อาจรวมถึงหลักการในการจัดการเรียนการสอน
4. วิทยาศาสตร์หรือระบบความรู้ที่ใช้ในอุตสาหกรรมศิลป์โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำมาประยุกต์ใช้ในโรงงานต่าง ๆ
5. การนำเอาความรู้ด้านตรรกศาสตร์ คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์มาใช้ซึ่งก่อให้เกิดความเจริญทางด้านวัตถุ

ฮัลเซย์ (Halsay.1974 : 935) ได้ให้ความหมายของเทคโนโลยี ดังนี้

1. การนำเอาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ เพื่อให้บังเกิดผลในทางปฏิบัติ เพื่อให้เป็นไปตามจุดมุ่งหมายที่วางไว้ ซึ่งจะเห็นได้จากการนำเอาเทคโนโลยีมาใช้ในการอุตสาหกรรมต่าง ๆ
2. ระเบียบวิธี กระบวนการ และสิ่งประดิษฐ์ที่เป็นผลมาจากการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์
3. การใช้วัสดุ วัตถุบริการ และสิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ

พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2525 : 402) ให้ความหมายของเทคโนโลยีว่า เทคโนโลยี หมายถึง วิทยาการที่เกี่ยวกับศิลปะในการนำเอาวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในทางปฏิบัติและอุตสาหกรรม

ก่อ สวัสดิพิณชัย (2527 : 84) ให้ความหมายของเทคโนโลยีว่า เทคโนโลยี หมายถึง การนำวิทยาศาสตร์มาใช้ในวงการต่างๆ หรือมาใช้ในงานสาขาต่างๆ และเมื่อนำมาใช้แล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระบบต่างๆ

ปรีชา อมาตยกุล (2528 : 19) กล่าวว่า เทคโนโลยี หมายถึง กระบวนการความรู้และการปฏิบัติที่จะนำวิทยาศาสตร์ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในลักษณะประหยัด เกื้อกูลสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ ฐานะความเป็นอยู่และวัฒนธรรมตรงตามความต้องการของชาวบ้านนอกจากนี้ เทคโนโลยี อาจหมายถึง วัสดุ อุปกรณ์ ที่ทำหรือคิดประดิษฐ์หรือสร้างเป็นเครื่องประกอบ วิธีจัดการกระบวนการวิธีทำ วิธีสร้าง วิธีใช้งาน วิธีป้องกันอย่างมีประสิทธิภาพต่อสิ่งที่เข้ามาพัวพันกับชีวิตของคนทุกคน แล้วทำและคิดค้นขึ้นมาทำให้เกิดประโยชน์ในการเพิ่มพูนผลผลิต ยกคุณค่าของชีวิตให้สูงขึ้น หรือเพิ่มความสามารถในการทำงานในลักษณะประหยัดทำได้ง่ายใช้ได้คล่อง มีราคาไม่แพง และเป็นสิ่งที่ผู้ใช้เกิดความพอใจ

สุทัศน์ ยกส้าน (2530 : 13) กล่าวว่า เทคโนโลยี หมายถึง สิ่งที่น่ามาใช้ให้เกิดประโยชน์แก่การดำรงชีวิต

กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน (2531 : 174) ได้ให้ความหมายของเทคโนโลยีว่าเทคโนโลยี หมายถึง วิทยาการ เทคนิคสำหรับควบคุม หรือประโยชน์จากธรรมชาติแวดล้อมอันเป็นผลที่ได้มาจากการศึกษาวิเคราะห์ วิจัย ทดสอบ ทดลองหรือพัฒนาที่สามารถนำไปใช้ในการผลิตสินค้า

พระเทพเวที (ประยุทธ์ ปยุตโต. 2532 : 31) ให้ความหมายของเทคโนโลยีว่า เทคโนโลยี หมายถึง การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ให้เป็นประโยชน์ หรือการประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ประโยชน์แก่ความเป็นอยู่ของมนุษย์

กิดานันท์ มลิทอง (2536 : 3) ได้ให้ความหมายของเทคโนโลยีไว้ว่า เทคโนโลยี หมายถึง การนำเอาความคิดหลักการ เทคนิค ความรู้ ระเบียบ กระบวนการตลอดจนผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ทั้งในด้านสิ่งประดิษฐ์และวิธีการปฏิบัติมาประยุกต์ใช้ในระบบงาน เพื่อช่วยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในการทำงานให้ดีขึ้น และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ประสิทธิผลของงานนั้นให้มีมากยิ่งขึ้นด้วย

ภพ เลหาไพบูลย์ (2542 : 32) กล่าวว่า เทคโนโลยีมีความหมายได้สองอย่าง คือส่วนที่เป็นความรู้กับส่วนที่เป็นกระบวนการแสวงหาความรู้

ในด้านความรู้ เทคโนโลยี หมายถึง ความรู้ต่าง ๆ เกี่ยวกับเทคนิควิธีการผลิต การสร้างหรือการพัฒนาผลิตภัณฑ์ สิ่งประดิษฐ์ ระบบ ตลอดจนวิธีการต่างๆ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ ระบบ หรือวิธีการต่างๆ ที่มีประสิทธิภาพสูงสามารถอำนวยความสะดวกหรือแก้ปัญหาต่างๆ ที่มนุษย์ และสังคมกำลังประสบอยู่

ในด้านกระบวนการ เทคโนโลยี หมายถึง กระบวนการนำเอา ความรู้ ประสบการณ์และความสามารถต่างๆที่มีอยู่ไปวิจัย ค้นคว้าทดลองเพื่อแสวงหาเทคนิควิธีการใหม่ๆ สำหรับผลิตและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ สิ่งประดิษฐ์ ระบบ หรือวิธีการต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกหรือแก้ปัญหาต่างๆ ที่มนุษย์และสังคมกำลังประสบอยู่

จากความหมายเทคโนโลยีดังกล่าว สรุปได้ว่า

เทคโนโลยี หมายถึง การนำความรู้ แนวคิดและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์และสนองความต้องการของมนุษย์ โดยมีระดับเทคโนโลยีตั้งแต่ต่ำสุดถึงระดับสูงสุด

ดังนั้นวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หมายถึง ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นำมาผสมผสานกับวิธีการต่างๆ ที่มนุษย์นำมาใช้เพื่อให้ได้มาซึ่งวัสดุต่างๆ ในการสนองความต้องการของชีวิต

### 1.8 บทบาทและความสำคัญของวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน

นักวิทยาศาสตร์ ได้พยายามศึกษาค้นคว้าหาความจริงเกี่ยวกับธรรมชาติตลอดมาและมนุษย์ได้นำผลการค้นคว้าหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการทางสร้างสรรค์ให้เกิดประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ในชีวิตประจำวันมากมาย ได้มีผู้กล่าวถึงบทบาทและความสำคัญของวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

นิดา สะเพียรชัย (2527 : 193) กล่าวไว้ว่า ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันว่า วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ นอกจากนี้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ยังมีความสำคัญต่อการปรับปรุงคุณภาพของชีวิตส่วนบุคคลและสังคมทุกระดับ ในแง่ของสุขภาพอนามัย โภชนาการ ตลอดจนการเกษตรและอุตสาหกรรม การป้องกันและอนุรักษ์ธรรมชาติให้อยู่ในสมดุล ก็ต้องใช้ความรู้ ความเข้าใจในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เมื่อวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความสำคัญเช่นนี้ จึงมีการกล่าวกันอย่างกว้างขวางว่า ประชาชนทุกคนควรจะมีความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพอที่จะใช้ประโยชน์ในการดำรงชีวิตในยุคปัจจุบันได้

อรุณ รัชตะนาวัน (2527 : 289 - 303 ) ให้ความเห็นเกี่ยวกับบทบาทของวิทยาศาสตร์ต่อสังคม ในด้านต่างๆ ซึ่งสรุปได้ดังนี้ คือ

1. ด้านเทคโนโลยี มนุษย์ใช้วิทยาศาสตร์เป็นความรู้พื้นฐานในการประดิษฐ์สิ่งต่าง ๆ
2. ด้านการเกษตร ช่วยในการเพิ่มผลผลิต ช่วยในการกำจัดศัตรูพืช ประดิษฐ์เครื่องผ่อนแรงในการเกษตร หาวีธีเก็บถนอมอาหารซึ่งเป็นผลิตผลทางการเกษตร
3. ด้านการแพทย์และสาธารณสุข ช่วยหาวิธีรักษาและป้องกันโรคภัยไข้เจ็บต่างๆ
4. ด้านการอุตสาหกรรม ทำให้เกิดอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมสีย้อมผ้า
5. ด้านการศึกษา เทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญในการสอน
6. ด้านการคมนาคมขนส่ง ทำให้การติดต่อสื่อสารเป็นไปอย่างรวดเร็ว

พิทักษ์ รัชพลเดช (2530 : 34 - 43 ) ได้กล่าวถึงประโยชน์ต่างๆโดยทั่วไปของวิทยาศาสตร์สรุปได้ดังนี้

1. วิทยาศาสตร์ช่วยให้บุคคลมีความสามารถ ทำให้ประชาชนมีรายได้สูง และมีมาตรฐานการครองชีพสูง และช่วยแนะแนวอาชีพ
2. วิทยาศาสตร์ช่วยให้เป็นผู้ผลิตที่สามารถ ทั้งสินค้า และผลิตภัณฑ์ทางด้านอุตสาหกรรมหรือเกษตรกรรม
3. วิทยาศาสตร์ช่วยให้รู้จักนำเอาทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด
4. วิทยาศาสตร์ช่วยแก้ปัญหาต่างๆ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะช่วยแก้ปัญหาได้มาก โดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่เป็นวิทยาศาสตร์ ดังนั้น ในปัจจุบัน การเรียนรู้วิธีการแก้ปัญหา และสร้างเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นจุดหมายสำคัญของการศึกษาแผนใหม่

สุประดิษฐ์ สิบรัตน์สกุล (2530 : 46) กล่าวว่า “วิทยาศาสตร์ได้เข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องกับความเป็นพื้นฐานของการดำรงชีวิตของมนุษย์ตลอดเวลา ทั้งในเรื่องเครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัย อาหารและยารักษาโรคซึ่งสิ่งต่างๆ เหล่านี้ได้อาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์”

จากแนวคิดต่างๆ ที่กล่าวมาพอสรุปได้ว่า วิทยาศาสตร์ได้เข้ามามีบทบาทและความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ในยุคปัจจุบัน และนับว่าก็จะยิ่งเพิ่มมากขึ้นด้วย ควรจัดการศึกษาให้เยาวชนได้มี

ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์อย่างกว้างขวางทันกับความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่จะนำมาพัฒนาประเทศได้ ตลอดจนส่งเสริมให้มีการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม

## 2. เอกสารเกี่ยวกับโครงการวิทยาศาสตร์

### 2.1 ความหมายของโครงการวิทยาศาสตร์

โครงการวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมวิทยาศาสตร์ประเภทหนึ่ง ที่นักการศึกษาได้ให้ความสนใจ ได้มีสถาบันการศึกษาและนักการศึกษาได้ให้ความหมายดังนี้

สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย (2528 : 13) ให้ความหมายของการทำโครงการวิทยาศาสตร์ไว้ว่า การศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างมีหลักเกณฑ์และต้องสำเร็จในตัวเอง ผู้ศึกษาจะต้องมีความละเอียดรอบคอบ มีการศึกษาและบันทึกผลที่ได้จากการศึกษาไว้ตามลำดับทุกขั้น การวางรูปแบบโครงการวิทยาศาสตร์จะต้องดำเนินการล่วงหน้าให้รัดกุม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2531 : 1) ให้ความหมายของการทำโครงการวิทยาศาสตร์ไว้ว่า การทำโครงการวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้า และลงมือปฏิบัติด้วยตนเองภายใต้การดูแลและให้คำปรึกษาของครู หรือผู้ทรงคุณวุฒิตั้งแต่การเลือกหัวข้อที่จะศึกษาค้นคว้า ดำเนินการ วางแผน ออกแบบ ประดิษฐ์ สำรวจ ทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล รวมทั้งการแปรผล สรุปผล และการเสนอผลงาน

ธีระชัย ปุณณโชติ (2531 : 6) ได้ให้ความหมายของการดำเนินงานโครงการวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นการศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งนักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติและศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง โดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ภายใต้การแนะนำ ปรึกษา และการดูแลของครู หรือผู้เชี่ยวชาญในเรื่องนั้นๆ และอาจใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่างๆ ช่วยเพื่อให้การศึกษาค้นคว้านั้นบรรลุผลตามจุดประสงค์

มาฆะ ทิพย์ศิริ (2543 : 5) ได้ให้ความหมายของโครงการวิทยาศาสตร์ไว้ว่า หมายถึง งานวิจัยเล็กๆ ของนักเรียนที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์หรือการแก้ปัญหา หรือข้อสงสัยของนักเรียนโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และมีอาจารย์ที่ปรึกษาเป็นผู้ควบคุมอย่างใกล้ชิด

สรุปได้ว่า โครงการวิทยาศาสตร์ หมายถึง กิจกรรมที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หรือนงานวิจัยเล็กๆ ของนักเรียนที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์หรือการแก้ปัญหาที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้า และลงมือปฏิบัติด้วยตนเองภายใต้การดูแล และให้คำปรึกษาของครู หรือผู้ทรงคุณวุฒิ

### 2.2 กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

มาฆะ ทิพย์ศิริ (2543 : 5) ได้กล่าวถึงกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่ใช้ในการทำโครงการวิทยาศาสตร์ มี 5 ขั้นตอนคือ

1. ปัญหา หรือข้อสงสัยที่นักเรียนพบเห็น
2. สมมติฐาน หรือคำตอบชั่วคราว
3. กำหนดวิธีที่ดีที่สุดในการตอบปัญหา ซึ่งอาจทำได้โดยการสังเกต หรือการทดลอง
4. เก็บรวบรวมข้อมูล โดยข้อมูลที่ได้อาจจะขัดแย้งกับสมมติฐาน หรือสนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ก็ได้
5. นำข้อมูลที่ได้มาสร้างองค์ความรู้ใหม่

ในการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์นั้น เราอาจลำดับขั้นตอนได้ดังนี้ คือ

เมื่อนักเรียนเกิดปัญหาหรือข้อสงสัยที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ จะให้นักเรียนเริ่มตอบปัญหาหรือข้อสงสัยนั้น ซึ่งเราจะเขียนว่าสมมติฐาน หรือคำตอบชั่วคราว

เมื่อได้คำตอบชั่วคราวแล้ว ก็จะเริ่มกำหนดจุดมุ่งหมายของการตอบปัญหา และกำหนดวิธีการที่ดีที่สุดในการตอบปัญหา ซึ่งอาจทำได้ 2 วิธี คือ

1. โดยการสังเกตและรวบรวมข้อมูล
2. โดยการทดลอง เพื่อยืนยันผลหลังจากการสังเกต หรือทดลองแล้ว นักเรียนจะเป็นผู้รวบรวมข้อมูล แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์

ถ้าข้อมูลที่ได้นับสนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ก็ใช้ข้อมูลที่ได้เป็นรากฐานในการสำรวจความรู้ใหม่ต่อไป แต่ถ้าข้อมูลที่ได้เกิดขัดแย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ก็ต้องตั้งสมมติฐานใหม่

เงื่อนไขการทำงานของนักเรียน มีดังนี้

1. นักเรียนจะต้องเป็นผู้กำหนดปัญหาเอง โดยครูเป็นผู้กระตุ้นหรือชี้แนะ
2. นักเรียนต้องเป็นผู้วางแผนแก้ปัญหา และตั้งสมมติฐานเอง
3. นักเรียนดำเนินการทดลอง ศึกษาค้นคว้าตามที่ได้ออกแบบไว้โดยมีครูเป็นผู้ดูแลอย่างใกล้ชิด

4. นักเรียนจะต้องเป็นผู้รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการแก้ปัญหาด้วยตนเอง

5. หลังจากทำงานเสร็จแล้ว ครูจะต้องเป็นผู้หาสถานที่ให้นักเรียนเสนอผลงาน

### 2.3 ขอบเขตเนื้อหาของโครงงานวิทยาศาสตร์

ขอบเขตเนื้อหาของโครงงานวิทยาศาสตร์ ควรจะเป็นเนื้อหาที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ซึ่งควรเป็นเรื่องง่ายๆ ของนักเรียน เหมาะสมกับวัย ระดับชั้น ความรู้ความสามารถ

โครงงานวิทยาศาสตร์ ถ้าแบ่งตามวิธีการได้มาซึ่งคำตอบของปัญหา หรือแบ่งตามวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล ธีระชัย ปุณณโชติ (2531 : 7-29) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2531 : 7-17) และ มาพะ ทิพย์ศิริ (2543 : 7-8) ได้แบ่งโครงงานวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 4ประเภท คือ

1. โครงงานวิทยาศาสตร์ประเภทการสำรวจรวบรวมข้อมูล

เป็นโครงงานวิทยาศาสตร์ประเภทที่ตอบปัญหาหรือข้อสงสัย โดยการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูล ไม่จำเป็นต้องจัดหรือกำหนดตัวแปรที่ เกี่ยวข้อง นักเรียนจะทำงานโดยใช้ทักษะการสำรวจ ทักษะการรวบรวมข้อมูล เพื่อให้เห็นความสำคัญของเรื่องหรือปัญหาที่นักเรียนสงสัยนั้น

ในการสำรวจและรวบรวมข้อมูลทำได้หลายแบบ เช่น การออกไปเก็บข้อมูลภาคสนาม โดยเก็บเป็นภาพถ่าย หรือบันทึกข้อมูล หรือเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการอีกครั้งหนึ่งก็ได้

ตัวอย่างโครงงานประเภทนี้ ได้แก่

- การสำรวจชนิดของพืชในท้องถิ่น
- การสำรวจสัตว์ในท้องถิ่น
- การสำรวจพฤติกรรมของมด แมลง และอื่นๆ
- การสำรวจของใช้ในบ้าน
- การสำรวจวงจรชีวิตของแมลง ฯลฯ

โครงการวิทยาศาสตร์ประเภทนี้เป็นโครงการที่นำไปใช้ประโยชน์ได้น้อย ส่วนใหญ่เป็น การศึกษาเพื่อตอบคำถามเพื่อรู้เท่านั้น การนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้น้อย และจุดอ่อนของโครงการ ประเภทนี้อยู่ตรงที่ไม่ได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการกำหนดและควบคุมตัวแปร

## 2. โครงการวิทยาศาสตร์ประเภทการทดลอง

ลักษณะเด่นของโครงการวิทยาศาสตร์ประเภทการทดลอง คือ ต้องมีการออกแบบการทดลอง เพื่อศึกษาผลของตัวแปรหนึ่งที่มีผลต่ออีกตัวแปรหนึ่งที่ต้องการศึกษา โดยมีการควบคุมตัวแปรอื่นๆ ที่อาจ มีผลต่อการศึกษาไว้ หรืออาจกล่าวได้ว่า โครงการวิทยาศาสตร์ประเภทการทดลองจะต้องมีการกำหนด ตัวแปร ซึ่งได้แก่

- ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ คือสิ่งที่เราต้องการจะศึกษา
- ตัวแปรตาม คือสิ่งที่เราต้องการจะวัดหรือผลการทดลอง
- ตัวแปรที่ต้องควบคุม คือสิ่งที่ไม่ต้องการจะศึกษา เป็นสิ่งที่เราต้องควบคุมไว้ให้คงที่

มีฉะนั้น จะมีผลทำให้ตัวแปรตามคลาดเคลื่อน

ตัวอย่างเช่น ต้องการจะศึกษาว่า แสงสีอะไรเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้า อาจจะ กำหนดสีของแสงนั้นขึ้น 5 สี ได้แก่ แดง ม่วง เขียว เหลือง และน้ำเงิน โดยการออกแบบการทดลองต้องมื การปลูกผักคะน้า 5 แปลง แต่ละแปลงให้แสงแต่ละสีจากที่กล่าวข้างต้น

- ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ คือ สีของแสง
- ตัวแปรตาม คือ การเจริญเติบโต ซึ่งอาจใช้เกณฑ์วัดความสูง นับจำนวนใบ ชั่งน้ำหนัก
- ตัวแปรที่ต้องควบคุม คือ พันธุ์ผักคะน้า ปริมาณน้ำที่รด ดิน ระยะห่างระหว่างต้น

ขนาดของแปลง จำนวนต้นต่อแปลง

ที่กล่าวมาทั้งหมดเป็นลักษณะของโครงการประเภทการทดลอง ซึ่งโครงการประเภทนี้ทำกัน อย่างแพร่หลายมาก ข้อดีของโครงการประเภทนี้จะมีการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ครบทั้ง 5 ขั้นตอน คือ ตั้งแต่ การกำหนดปัญหา ตั้งสมมติฐาน วางแผนการทดลอง รวบรวมข้อมูล และสรุปผล นอกจากนั้นโครงการ ประเภทการทดลองเป็นโครงการที่ ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในด้านการกำหนดและควบคุม ตัวแปรอีกด้วย ซึ่งถือว่าเป็นพื้นฐานในการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญ

## 3. โครงการวิทยาศาสตร์ประเภทสิ่งประดิษฐ์

เป็นการนำเอาหลักการทางวิทยาศาสตร์มาประดิษฐ์ป็นเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ ซึ่งอาจคิด ประดิษฐ์ใหม่ หรือปรับปรุงเปลี่ยนแปลงจากของเดิมที่มีอยู่แล้วให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นก็ได้ โครงการนี้จะ รวมถึงแบบจำลองได้ เช่น เครื่องพ่นยาอัตโนมัติ เครื่องอบกล้วยเล็บมือนาง หุ่นยนต์ใช้งานในบ้าน เป็นต้น

## 4. โครงการวิทยาศาสตร์ประเภททฤษฎี

เป็นการเสนอทฤษฎี หรือหลักการ หรือแนวความคิดใหม่ ซึ่งอาจอยู่ในรูปของสูตร สมการ หรือ คำอธิบายก็ได้ โดยผู้เสนอจะต้องกำหนดข้อตกลงขึ้นมาแล้วนำเสนอ

## 12.4 คุณค่าของโครงการวิทยาศาสตร์

การทำโครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน นอกจากจะมีคุณค่าทางด้านการฝึกให้นักเรียนมี ความรู้ ความชำนาญและมีความมั่นใจในการนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหา ประดิษฐ์คิดค้น หรือ ค้นหาความรู้ต่างๆ ด้วยตนเองแล้วยังให้คุณค่าในด้านอื่นๆอีก คือ

1. สร้างความสำนึกและความรับผิดชอบในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ต่างๆ ด้วยตนเอง
2. เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้พัฒนาและแสดงความสามารถตามศักยภาพของตนเอง

3. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษา ค้นคว้าและเรียนรู้ในเรื่องที่ตนเองสนใจ
4. ช่วยให้นักเรียนแสดงความสามารถพิเศษของตนเองออกมา
5. สร้างเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนอยากเรียนวิทยาศาสตร์มากขึ้น
6. สร้างความสัมพันธ์ที่ดีระหว่าง ครู นักเรียน และชุมชน

สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจคัดเลือกโครงการวิทยาศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์เทคโนโลยีที่เหมาะสม ในการจำแนกประเภทของโครงการวิทยาศาสตร์ประเภทการทดลอง คือ 1) เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทพลังงาน ได้แก่ การผลิตก๊าซชีวภาพ 2) เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทวัสดุเหลือใช้ ได้แก่ การผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ 3) เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภททรัพยากรในท้องถิ่น ได้แก่ การสกัดสีจากพืชธรรมชาติ โดยมีเอกสารอ้างอิงประกอบ ดังต่อไปนี้

#### 1) เอกสารที่เกี่ยวข้องกับก๊าซชีวภาพ

ถ้าพิจารณาประโยชน์ของการนำวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร เช่น เศษของพืชหรือชิ้นส่วนของพืชที่ถูกตัดออก ใบไม้ เปลือกผลไม้ มูลสัตว์ต่างๆ หรือเศษของพืชที่ถูกตัดออกในระหว่างขั้นตอนต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม (เพชร กตัญญูกุล. 2537 : 33) มาใช้เกิดประโยชน์จะเห็นได้ว่าการแปลงสภาพวัสดุเหลือใช้มาเป็นเชื้อเพลิง ได้แก่ การผลิตก๊าซชีวภาพ เชื้อเพลิงในรูปของก๊าซ เช่น ก๊าซมีเทนที่ได้จากการหมักของเสียของมนุษย์ สัตว์และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และจากงานวิจัยของ สุพัฒน์ เผ่าพงษ์ไทย (2539 : 3-6) ได้กล่าวถึง ก๊าซชีวภาพ สรุปได้ดังนี้

##### 1.1 ความหมายของก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพ หมายถึง ก๊าซที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ได้มาจากสิ่งมีชีวิตทั้งที่เป็นพืช และสัตว์ ในสภาวะไร้ออกซิเจน โดยมีจุลินทรีย์หลายชนิดเป็นตัวย่อยสลาย ก๊าซชีวภาพเป็นก๊าซผสมระหว่างก๊าซมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้จะมี ก๊าซไฮโดรเจน ก๊าซไนโตรเจน ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ปนอยู่บ้างเล็กน้อย ก๊าซที่เกิดจากการกระบวนการหมักจะมีปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ และสภาวะของกระบวนการหมัก โดยทั่วไปองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพมีดังต่อไปนี้

|                            |         |
|----------------------------|---------|
| ก๊าซมีเทนร้อยละ            | 54 - 70 |
| ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ | 27 - 45 |
| ก๊าซไนโตรเจนร้อยละ         | 0.6 - 3 |
| ก๊าซไฮโดรเจนร้อยละ         | 0 - 1   |
| ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ร้อยละ | 0 - 1   |

ก๊าซชีวภาพที่สามารถใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงได้จะต้องมีก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 (สุพัฒน์ เผ่าพงษ์ไทย. 2539 : 3 ; อ้างอิงจาก Updated Guidebook on Biogas Development. 1984)

##### 1.2 การเกิดก๊าซชีวภาพ

กระบวนการหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในสภาวะไร้ออกซิเจน สารอินทรีย์ส่วนใหญ่ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์จนได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็นมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ กระบวนการหมักก๊าซชีวภาพจัดเป็นกระบวนการที่มีการหมุนเวียนคาร์บอน และธาตุอื่นๆ เนื่องจากการย่อยสลายแบบ

ไว้อากาศของสารอินทรีย์ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สะอาดปลอดภัย ง่ายในการทำให้บริสุทธิ์คือ  $\text{CO}_2$  และ  $\text{CH}_4$  โดยมีการเจริญเติบโตของเซลล์น้อย (สุพรรณี เผ่าพงษ์ไทย, 2539 : 3 ; อ้างอิงจาก McCarty, 1964)

ปฏิกิริยาชีวเคมีของกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรีย สามารถแบ่งได้ 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการไฮโดรไลซิส (hydrolysis) ขั้นตอนการผลิตกรดอินทรีย์ (acid production) และ ขั้นตอนการผลิตก๊าซมีเทน (methane production)

#### ขั้นที่ 1 ขั้นตอนไฮโดรไลซิส

ในขั้นตอนนี้สารอินทรีย์เชิงซ้อน (Complex organic compound) ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ ไม่สามารถละลายน้ำได้ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน จะถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ที่ปล่อยออกมา นอกเซลล์ (Extracellular enzyme) จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนนี้เป็นพวก (hydrolytic bacteria) และ (fermentative bacteria) ทำให้สารอินทรีย์แตกตัวมีขนาดเล็กลง และสามารถละลายน้ำได้ และเคลื่อนย้ายเข้าไปในเซลล์ของจุลินทรีย์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้ในขั้นตอนนี้เป็นอะไรขึ้นอยู่กับชนิดสารตั้งต้น เช่น ถ้าสารตั้งต้นเป็น คาร์โบไฮเดรต จะได้น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (simple sugar) โปรตีนเปลี่ยนไปเป็นเปปไทด์หรือกรดอะมิโน ไขมันจะเปลี่ยนเป็นกรดไขมันและกลีเซอรอล นอกเหนือจากการย่อยที่เกิดจาก hydrolytic bacteria แล้ว ยังอาจมีปฏิกิริยาที่เกิดจากพวก fermentative bacteria ซึ่งให้ผลิตภัณฑ์ พวกสารประกอบแอลกอฮอล์ กรดอินทรีย์ ไฮโดรเจน และ คาร์บอนไดออกไซด์รวมอยู่ด้วย ชนิดและปริมาณของแบคทีเรียในถังหมักจะเปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของสารอินทรีย์

#### ขั้นที่ 2 การผลิตกรดอินทรีย์

ขั้นตอนนี้เป็นการย่อยสลายผลิตภัณฑ์ที่ได้จากขั้นตอนไฮโดรไลซิส เพื่อนำไปใช้ในการสร้างเซลล์ใหม่และใช้เป็นพลังงาน พลังงานที่ได้นี้จุลินทรีย์นำไปใช้ในวัตถุประสงค์ 3 อย่างคือ

2.1 Biosynthesis คือการสร้างสารประกอบของเซลล์จากแอมโมเนียมฟอสเฟต และแหล่งของคาร์บอน ซึ่งมีขั้นตอนมากมายและต้องการพลังงานในการสร้างสารประกอบต่างๆ

2.1 Active transport จุลินทรีย์มีการเลือกสารประกอบจากสารอาหารที่ต้องการนำเข้าสู่เซลล์โดยต้องต้านกับระดับความเข้มข้นของสารภายในและภายนอกเซลล์ ซึ่งถ้าเซลล์มีพลังงานสะสมที่เพียงพอ ก็จะทำให้ปฏิกิริยานี้เกิดเร็วขึ้น

2.3 Motility เนื่องจากมีจุลินทรีย์บางชนิดมีแฟลกเจลลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จึงต้องการพลังงานเพื่อนำไปใช้ในการควบคุมการทำงานของแฟลกเจลลา

อินทรีย์สารโมเลกุลเล็กจากขั้นตอนไฮโดรไลซิสจะถูกแบคทีเรียพวก facultative และ obligate anaerobe ซึ่งเป็นพวกที่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ดีทั้งในสภาวะที่มีและไม่มีออกซิเจน เจริญเติบโตในช่วง pH 6.5-7.5 ทนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมได้ดี มีอัตราการเจริญเติบโตสูง แบ่งตัวเพิ่มจำนวนเป็น 2 เท่า ภายในเวลา 24 ชั่วโมง จะใช้อินทรีย์สารเหล่านี้เป็นแหล่งพลังงานเกิดกระบวนการหมัก (fermentation) ซึ่งผลของปฏิกิริยาทำให้ได้สารที่อยู่ในรูปออกซิไดส์ และรีดิวส์ พวกที่อยู่ในรูปออกซิไดส์ ส่วนใหญ่เป็นพวกกรดอินทรีย์ระเหย (volatile fatty acid) ที่มีคาร์บอนอะตอมไม่เกิน 5 อะตอม เช่น กรดอะซิติก (acetic acid) กรดโพรพิโอนิก (propionic acid) กรดบิวทีริก (butyric acid) กรดแวลีริก (valeric acid) เป็นต้น แบคทีเรียที่ทำหน้าที่ในช่วงนี้ คือ แบคทีเรียที่สร้างกรด หรือ non - methanogenic bacteria พวกที่อยู่ในรูปรีดิวส์มีอยู่หลายอย่างขึ้นอยู่กับชนิดของแบคทีเรีย และตัวรับอิเล็กตรอน ตัวอย่างเช่นแบคทีเรียที่สร้างกรดบางชนิดใช้ไฮโดรเจนไอออนเป็นตัวรับอิเล็กตรอนทำให้เกิดไฮโดรเจนโมเลกุลขึ้นมา แต่ผลของปฏิกิริยาที่อยู่ในรูปรีดิวส์ตัวอื่นๆ เช่น แอลกอฮอล์ ที่มีคาร์บอนไม่เกิน 5 อะตอม ไม่เกิดขึ้นหรือเกิดขึ้น

น้อยมาก ถ้าหากไม่มีการสร้างไฮโดรเจนโมเลกุลขึ้นมาแบบที่เรียกว่าสร้างกรดเหล่านี้จะใช้สารประกอบอินทรีย์เป็นตัวรับอิเล็กตรอนทำให้เกิดผลของปฏิกิริยาที่อยู่ในรูปรีดิวซ์ชนิดอื่น เช่น เมทานอล เอทานอล โพรพานอล บิวทานอล หรือกรดแลคติก นอกจากนี้แบคทีเรียบางชนิดยังสามารถสร้าง กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก หรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจนโมเลกุล และ acetyl-CoA จากการดอินทรีย์ระเหยที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่โดย pathway ของปฏิกิริยา pyruvate lyase หรือ pyruvate - formate lyase ซึ่งเกิดในช่วง pH ที่เป็นการดโดยเอ็นไซม์ formate hydrogen lyase หรือผลของปฏิกิริยาที่อยู่ในรูปรีดิวซ์อื่นๆ ที่เกิดในปฏิกิริยาช่วงแรก ตัวอย่างของปฏิกิริยาประเภทนี้คือการเปลี่ยนกลูโคสเป็นไพรูเวท และแลคเตท

จากตัวอย่างที่กล่าวมา เป็นขั้นตอนการผลิตกรดอินทรีย์ซึ่งให้ผลผลิตเป็นสารพวกกรดอินทรีย์ระเหยง่าย เช่น กรดอะซิติก ก๊าซไฮโดรเจน และพวกแอลกอฮอล์ เช่น เมทานอล ซึ่งจะถูกใช้โดยจุลินทรีย์กลุ่ม methanogenic bacteria เพื่อเกิดเป็นก๊าซมีเทนต่อไป

### ขั้นที่ 3 การผลิตก๊าซมีเทน

กรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนที่สองเป็นสารประกอบอย่างง่ายส่วนใหญ่ ได้แก่ กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก ไฮโดรเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกเปลี่ยนไปเป็นก๊าซมีเทนโดยแบคทีเรียที่สร้างก๊าซมีเทน แบคทีเรียกลุ่มนี้เรียกว่า methanogenic bacteria จัดอยู่ในพวก obligate anaerobic bacteria จะดำรงชีวิตอยู่ได้ในสภาวะที่ไร้ออกซิเจนเท่านั้น เจริญได้ดีทั้งในช่วงอุณหภูมิปานกลาง 35-40 องศาเซลเซียส และช่วงอุณหภูมิสูง 55-60 องศาเซลเซียส pH ที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตและผลิตก๊าซมีเทนอยู่ในช่วง 6.5-7.5 ต้องการแอมโมเนีย และซัลไฟด์ หรือ ซีสเทอีน (cysteine) เป็นแหล่งไนโตรเจน และซัลเฟอร์

### 1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ

1. อุณหภูมิ มีผลต่อแบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตก๊าซมีเทนอย่างมาก ตามปกติถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 35 องศาเซลเซียส การสร้างก๊าซจะลดลงอย่างมาก และที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส กระบวนการสร้างมีเทนจะหยุดชะงัก โดยทั่วไปการดำเนินระบบการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่อุณหภูมิสูง จะมีประสิทธิภาพดีกว่าที่มีอุณหภูมิต่ำ
2. ระยะเวลาในการหมัก เป็นระยะเวลาที่หาได้จากการหารปริมาตรของถังย่อยอาหารด้วยปริมาณของวัตถุดิบที่ใส่เข้าไปทุกวัน ถ้าระยะเวลาที่ใช้ในการหมักสั้นจะได้ก๊าซชีวภาพที่มีประสิทธิภาพ
3. อากาศ เนื่องจากแบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตก๊าซมีเทนเป็นพวกที่หายใจโดยไม่ใช้ออกซิเจน ดังนั้น จึงจำเป็นต้องแยกเอาอากาศออกไป
4. ชนิดของแบคทีเรีย ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบ รวมทั้งอุณหภูมิของกระบวนการ เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปเพียงเล็กน้อย เชื้อแบคทีเรียที่เจริญได้ดีจะเปลี่ยนไปด้วย
5. อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมัก คือ 25-30 : 1
6. pH ที่เหมาะสมกับประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทน คือ 6.5-7.5 แต่ถ้า pH ลดต่ำลงจนถึง 5.0 จะเป็นอันตรายอย่างรุนแรงต่อแบคทีเรียผลิตก๊าซมีเทนเนื่องจากการทำงานของระบบจะล้มเหลวเพราะไฮโดรเจนไอออน( $H^+$ ) จะกลายเป็นพิษต่อแบคทีเรียที่ผลิตก๊าซมีเทน
7. ปริมาณของแข็ง ของแข็งในวัตถุดิบที่เหมาะสม ควรมีอยู่ 7-9 เปอร์เซ็นต์
8. สารพิษที่ติดมากับของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมในปริมาณมาก อาจจะทำลายหรือฆ่าแบคทีเรียที่ผลิตก๊าซมีเทนได้ แต่ในทางปฏิบัติมักไม่คำนึงถึงปัญหานี้ เพราะว่าสารพิษเหล่านี้มีในปริมาณต่ำซึ่งส่งผลกระทบต่อกระบวนการหมักมีเทนน้อยมาก

## 2) เอกสารที่เกี่ยวข้องกับแท่งเชื้อเพลิงเขียวจากวัสดุเหลือใช้

กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (2541 : 35) ประลอง ตำราชัยไทย (2542 : 53) กำพลกาหลง (2543 : 56) และ คมสัน หุตะแพทย (2544 : 55) ได้กล่าวถึง แท่งเชื้อเพลิงเขียวซึ่งเป็นทางเลือกในการใช้ทดแทน ฟืน และถ่าน จากวัสดุเหลือใช้ สรุปได้ดังนี้

### 2.1 ความหมายของแท่งเชื้อเพลิงเขียว

แท่งเชื้อเพลิงเขียว คือ แท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากการอัดแท่ง (โดยไม่ใช้ความร้อน) จากวัสดุชีวมวล หรือเศษพืชต่าง ๆ หรือเศษวัสดุที่เหลือจากภาคอุตสาหกรรมการเกษตร เช่น ชานอ้อยเน่าเปื่อย , ขุยมะพร้าว , ผักตบชวา ใบไม้ ฯลฯ มาอัดให้เป็นแท่งโดยอาศัยความเหนียวของยางในวัสดุเหล่านั้นเป็นตัวเชื่อมประสาน และมีความชื้นพอดี เมื่ออัดออกมาเป็นแท่งแล้ว ก็จะได้แท่งอัดเชื้อเพลิงที่ใช้ประโยชน์แทน ฟืน ถ่าน หรือแก๊สหุงต้มได้เป็นอย่างดี

### 2.2 กระบวนการอัดแท่งเชื้อเพลิงเขียว

จะทำได้โดยใช้เครื่องอัดแท่งแบบเกลียวหรือสกรูที่ทำมาจากสแตนเลส ที่ใช้แรงดันจากมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้า ใช้ไฟ 220 โวลท์ เพื่อไปหมุนสกรูหรือเกลียวที่จะไปอัดเศษวัสดุที่นำมาทำแท่งเชื้อเพลิงเขียว ออกมาจากกระบอกริดเป็นแท่งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงเขียวนี้สามารถอัดได้ทั้งวัสดุสดหรือแห้ง (แต่ถ้าวัสดุมีความชื้นปานกลางจะอัดได้สะดวกรวดเร็ว) ซึ่งสามารถทำงานกับวัสดุชนิดต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง โดยอาศัยความเหนียวของยางในวัสดุเหล่านั้นที่มีความชื้นพอดีเป็นตัวประสานให้เกาะติดกันเป็นแท่งได้ เมื่ออัดเป็นแท่งแล้วนำไปตากแดดให้แห้ง ก็จะได้แท่งเชื้อเพลิงที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการหุงต้ม ตลอดจนใช้ในกิจกรรมต่างๆ ในครัวเรือนรวมถึงในอุตสาหกรรมขนาดเล็กได้เป็นอย่างดี ประสิทธิภาพการให้ค่าความร้อนของการใช้แท่งเชื้อเพลิงเขียวนั้นจะขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงเขียวที่ทำมาจากชานอ้อยเน่าเปื่อย เมื่อนำไปวัดค่าความร้อนจะได้ประมาณ 3,100 แคลอรี/กรัม เมื่อเทียบกับค่าความร้อนไม้ฟืน(มะขามเทศ) จะให้ค่าความร้อนประมาณ 4,700 แคลอรี/กรัม เมื่อนำแท่งเชื้อเพลิงเขียวไปต้มน้ำให้เดือดจะใช้เวลาประมาณ 18 นาที

### 2.3 คุณสมบัติโดยทั่วไปของแท่งเชื้อเพลิงเขียว

โดยทั่วไปเชื้อเพลิงเขียวมีคุณลักษณะคล้ายฟืน มีค่าความร้อนต่ำกว่าถ่านมาก เวลาจุดมีควันมาก ถ้าใช้กับเตาปล่องจะช่วยลดควัน เชื้อเพลิงเขียวที่ทำจากเศษพืชเน่าเปื่อย เช่น ชานอ้อยเน่าเปื่อย เป็นเชื้อเพลิงเขียวที่มีคุณภาพดี หากผสมผสมถ่านที่เหลือทิ้งสักเล็กน้อย จะช่วยทำให้มีคุณภาพสูงขึ้นและมีประสิทธิภาพไม่แพ้ถ่านหรือจะดีกว่าถ่านเสียอีก แต่ทั้งนี้จะต้องขึ้นอยู่กับความเข้าใจของผู้ผลิตและผู้ใช้เชื้อเพลิงในการปรับปรุงเทคนิคเล็กๆ น้อยๆ เนื่องจากแท่งเชื้อเพลิงเขียวมีค่าความหนาแน่น (Density) ใกล้เคียง 1 ดังนั้นสามารถนำไปเผาเป็นถ่านได้ (Carbonization) โดยจากการทดลองเผาแบบกลบกลบใช้เวลาประมาณ 20-24 ชั่วโมง (1 วัน) และถ่านที่ได้สามารถนำไปเป็นเชื้อเพลิงได้ และให้ความร้อนได้สูง

### 2.4 การตากแห้ง

แท่งเชื้อเพลิงเขียวนั้น เกิดจากการใช้วัสดุที่มีความชื้นสูงกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นก่อนนำไปใช้ก็จะต้องทำให้แห้ง วิธีการที่สะดวกและประหยัดสำหรับชาวบ้าน ก็คือ การตากแดดโดยตรง อาจจะทำบนพื้นซีเมนต์ หรือบนลังกะสีลูกฟูก ซึ่งเป็นวิธีการที่ประหยัด เป็นเวลา 2-3 วัน ก็สามารถนำไปใช้ได้ นอกจากนี้มีวิธีการตากหรือการทำให้แห้งหลายวิธี นอกจากตากแดดโดยตรง คือ

- อบในตู้อบแสงอาทิตย์
- อบด้วยความร้อนจากเตาเผาขยะ
- อบด้วยความร้อนที่เหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม
- อบด้วยความร้อนจากเครื่องทำความร้อน

## 2.5 การเก็บรักษาแท่งเชื้อเพลิงเขียว

- การตัดให้เป็นแท่ง เพื่อให้ดูสวยงามและสะดวกในการหีบห่อ การตัดควรกระทำหลังตากแห้งเรียบร้อยแล้ว การตัดอาจจะมีดคมๆ หรือใบมีดคัตเตอร์แห้งเรียบร้อยแล้วตัดเป็นท่อนๆ ตามต้องการ การตัดเป็นจำนวนมากๆ จะใช้เครื่องตัดก็ได้ ถ้าต้องการประหยัดค่าใช้จ่าย และไม่ต้องการความสวยงาม ก็ใช้มือหักเอา

- การบรรจุหีบห่อ โดยที่เชื้อเพลิงเขียวจะมีลักษณะโปร่ง (porosity) ดังนั้นถ้าเก็บไว้ในที่มีความชื้นสูง จะทำให้แท่งเชื้อเพลิงมีราขึ้น เหตุนี้จึงต้องเก็บไว้ในที่แห้ง การใส่ถุงพลาสติกแล้วซีลปากถุงก็จะช่วยได้มาก จะใช้ถุงเล็กหรือถุงใหญ่ขึ้นอยู่กับปริมาณที่ต้องการเก็บไว้ใช้และความสะดวก จะใช้เชือกผูกแท่งเชื้อเพลิงไว้เป็นมัดๆ ก็ได้ ข้อสำคัญต้องเก็บไว้ในที่แห้งที่ฝนหรือละอองน้ำไม่กระเซ็นเข้าไป

## 2.6 การนำแท่งเชื้อเพลิงเขียวไปใช้ในการหุงต้ม

- หักแท่งเชื้อเพลิงให้เป็นท่อนสั้นๆ มีความยาวสัก 1 นิ้ว จำนวน 3-4 ท่อน จุ่มลงในแอลกอฮอล์จุดไฟ แล้ววางเรียงในเตาเพื่อใช้เป็นเชื้อติดไฟ (starter) เอาแท่งเชื้อเพลิงที่ไม่ได้จุ่มแอลกอฮอล์วางซ้อนเป็นชั้นๆ ในเตาแล้วจึงจุดไฟ หรือจะใช้น้ำมันแก๊สโซลีน เศษกระดาษหรือเศษฟืนเล็กๆ เป็นเชื้อติดไฟก็ย่อมทำได้ แต่ถ้าใช้แอลกอฮอล์จะจุดไฟได้เร็วทันใจเช่นเดียวกับแก๊สหุงต้ม และไม่มีควันรบกวน

- เตาที่ใช้ ถ้าใช้เตาพื้นบ้านการระบายอากาศจะน้อยไป เพราะรังผึ้งมีขนาดเล็กไปและเตาอาจจะเสียไป เตาที่จะใช้กับเชื้อเพลิงเขียวควรเป็นเตาที่มีทรงสูงและการระบายอากาศดี จะเป็นเตาดินหรือเตาโลหะก็ได้ เช่น เตา (ฟืน) ประสิทธิภาพสูง หากเกรงว่าจะมีควันรบกวนก็อาจจะติดปล่องที่ระบายควันช่วย โดยเฉพาะเตาที่มีปล่องที่ทอดได้

- การเก็บรักษาแท่งเชื้อเพลิงไว้ใช้เมื่อแท่งเชื้อเพลิงแห้งดีแล้ว หากประสงค์จะเก็บไว้ใช้นานๆ ควรเก็บใส่ถุงพลาสติกหรือกระสอบ แล้วปิดปากให้แน่น เพื่อป้องกันความชื้นเข้า โดยที่เชื้อเพลิงนี้มีลักษณะค่อนข้างโปร่ง เมื่อเก็บไว้ในที่ชื้น หรือที่มีละอองฝนประปราย เชื้อเพลิงจะดูดความชื้นเข้าไป ทำให้เกิดเชื้อราก็จุดไฟไม่ติดและมีควัน ดังนั้นควรเก็บไว้ในที่แห้ง

## 2.7 ข้อได้เปรียบของแท่งเชื้อเพลิงเขียวเทียบกับฟืนและถ่าน

- ไม่ต้องตัดไม้ทำลายป่ามาทำเป็นฟืนและเผาถ่าน การใช้เชื้อเพลิงเขียวซึ่งทำจากขาน้อยย่น่าเปื่อย และเศษพืช ฯลฯ ทดแทนฟืนและถ่าน ทำให้มีโอกาสได้ช่วยสงวนป่าไม้ของชาติไว้ให้ลูกหลาน

- การจุดติดไฟทำได้ง่ายกว่าฟืนและถ่าน เชื้อเพลิงเขียวจะใช้เวลาในการเรียงเชื้อเพลิงและจุดติดไฟภายใน 1 นาที ซึ่งฟืนและถ่านทำไม่ได้

- ได้เชื้อเพลิงสะอาด การเผาไหม้มีประสิทธิภาพสูง การเผาไหม้จึงดีกว่าฟืนและถ่าน นอกจากนี้ยังสามารถใช้ทดแทนหรือเสริมแก๊สหุงต้มได้ในบางโอกาส และที่สำคัญ คือ เชื้อเพลิงเขียวไม่ไวไฟ (unflammable) ดังนั้น จึงไม่มีอันตรายจากการระเบิด เช่น แก๊สหุงต้มที่ปรากฏความสูญเสียอยู่บ่อยๆ

- ทำให้ได้สะดวกกว่าหาฟืนและเผาถ่าน เพราะวัสดุโดยเฉพาะขาน้อยย่น่าเปื่อยและวัชพืชหาได้ง่ายและราคาถูก ถ้าพร้อมที่จะทำ

- ช่วยทำลายวัชพืชบกที่รบกวนพื้นที่เกษตรกรรม เช่น หญ้าจรจบ ไมยราบยักษ์ วัชพืชที่อยู่ใต้ทั้งบนบกและในน้ำ เช่น โสน กกธูป วัชพืชน้ำที่รบกวนแหล่งเลี้ยงปลาปิดกั้นทางคมนาคมทางน้ำ ทำให้คลองระบายน้ำตื้นเขินและปิดการระบายน้ำ เช่น ผักตบชวา

- มีศักยภาพที่จะทำเป็นเชื้อเพลิงที่มีกลิ่นหอมได้ ถ้าเลือกใช้พืช เช่น ใบเตยทำเป็นเชื้อเพลิงย่างเนื้อให้มีรสหอม และมีราคาถูกกว่าฟืนและถ่าน

### 3) เอกสารที่เกี่ยวข้องกับสีจากธรรมชาติ

โครงการวิจัย การพัฒนากระบวนการย้อมสีธรรมชาติ สำหรับอุตสาหกรรมครอบครัว และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (2543) และ กองบรรณาธิการ วารสารเกษตรกรรมธรรมชาติ (2544 : 18-22) ได้กล่าวถึง สีจากธรรมชาติ ที่ได้จากพืชและสัตว์สรุปได้ดังนี้

#### 3.1 วิธีการสกัดสีจากธรรมชาติ

สีธรรมชาติ ที่ใช้ย้อมผ้าในภูมิปัญญาดั้งเดิมนั้นได้จากพืช สัตว์ และแร่ธาตุ โดยส่วนใหญ่คนนิยมใช้จะเป็นสีที่ได้จากพืช และที่ได้จากสัตว์ 1 ชนิดคือ ครั่ง สีหลักๆ ที่ใช้ย้อมผ้าหรือที่เรียกว่าแม่สี ที่กลุ่มชาวบ้านหลายชุมชนในภาคเหนือ อีสาน กลาง ยังทำสืบทอดมาจนถึงปัจจุบัน คือ สีดำที่ได้จากผลมะเกลือ สีน้ำเงินที่ได้จากต้นครามหรือฮ่อม สีเหลืองที่ได้จากแก่นเขหรือขนุน และสีแดงที่ได้จากครั่ง

แม่สีต่างๆ เหล่านี้เป็นภูมิปัญญาดั้งเดิมที่ชาวบ้านได้จากการเรียนรู้และสะสมประสบการณ์มาอย่างยาวนานจากธรรมชาติรอบๆ ตัว ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่าชนพื้นเมืองทั่วโลกมีสีหลักสี่สีนี้เช่นกัน แต่เทคนิควิธีการย้อมลายผ้า และวัตถุดิบที่นำมาสกัดเป็นสีนั้นแตกต่างกันไปตามแต่ละพื้นที่

ตอนหลังได้มีชาวบ้านหลายกลุ่มได้ประยุกต์ใช้ใบไม้ที่ให้โทนสีเขียว เปลือกไม้ที่ให้โทนสีแดง น้ำตาล มาใช้ในการย้อมเพิ่มขึ้น จนปัจจุบันสามารถย้อมผ้าได้ครบเกือบทุกเฉดสี

การสกัดสีจากส่วนต่างๆ ของพืชมาใช้ในการย้อมผ้ามี 2 วิธีคือ การหมักและการต้ม

การหมัก หรือที่เรียกว่า การย้อมเย็น จะใช้กับต้นคราม ฮ่อม และผลมะเกลือเท่านั้น จะใช้วิธีหมักพืชในน้ำเปล่าที่อุณหภูมิปกติ ทิ้งไว้ 1-2 วัน เพื่อให้สีออกมา จากนั้นนำผ้าที่เตรียมไว้มายชุบน้ำสีก็จะได้ผ้าย้อมสีธรรมชาติ

การต้ม หรือที่เรียกว่า การย้อมร้อน จะใช้กับต้นไม้ทั่วไป และครั่ง จะนำวัตถุดิบมาสับหรือตำให้ละเอียด จากนั้นนำไปต้มให้เดือดนานประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อสกัดน้ำสีออกมา จากนั้นจึงนำผ้าสีไปอุ่นให้เดือดอ่อนๆ อุณหภูมิ 70-100 องศาเซลเซียส จึงค่อยนำผ้ามาชุบจนสีติดดี ก็จะได้ผ้าย้อมสีธรรมชาติ

#### 3.2 องค์ประกอบสำคัญในการย้อมสีธรรมชาติ

1. ผ้าหรือเส้นด้าย จะเป็นตัวกลางในการดูดซับสีจากพืชและธาตุต่างๆ ที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อม ผ้าหรือเส้นด้ายต้องเป็นเส้นใยที่ได้จากธรรมชาติเท่านั้น คือ เส้นใยที่ได้จากสัตว์ ได้แก่ ไหมและขนสัตว์ต่างๆ เส้นใยที่ได้จากพืช ได้แก่ ฝ้าย ลินิน กันชง ปอ และป่าน โดยทั่วไปเส้นใยธรรมชาติที่ชาวบ้านทำให้อยู่คือ ไหมและฝ้าย

2. พืชทุกชนิด ตั้งแต่ต้นหญ้ารวมไปถึงต้นไม้ขนาดใหญ่และทุกส่วนได้แก่ ใบ ดอก ผล ลำต้น เปลือก แก่น ราก หัว หรือเหง้าในดิน สามารถนำมาย้อมสีธรรมชาติได้ทั้งสิ้น ซึ่งแต่ละชนิด แต่ละส่วนของพืชจะให้สีแตกต่างกันอีกทั้งยังขึ้นอยู่กับความอ่อนแก่ สดแห้ง ช่วงเวลา เดือน และฤดูกาลที่เก็บ

พืชบางชนิดให้สีติดเส้นใยไม่เท่ากัน บางชนิดให้สีติดดี บางชนิดให้สีติดไม่ดี

ในการเลือกพืชหรือต้นไม้มาใช้ในการย้อมสีธรรมชาติควรคำนึงถึงความยั่งยืนของการใช้ด้วยการเลือกใช้พืชที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นที่สามารถปลูกทดแทนหมุนเวียนได้ เป็นพืชที่ขึ้นอยู่ทั่วไป หรือหาได้

จากหัวไร่ปลายนานี้ ไม่ควรใช้ไม้ที่มาจากป่าหรือจากที่อื่น เพราะจะกลายไปเป็นการส่งเสริมให้ทำลายป่าหรือต้นไม้ในถิ่นอื่น ถ้าเป็นไม้ยืนต้นควรเลือกใช้จากใบ ดอก ผล จะดีกว่าการที่ต้องใช้จากแก่นหรือราก เพราะจะไปโค่นหรือขุดทำลายต้นไม้ต้นนั้น

ส่วนการใช้เปลือกให้ตากแค่แถบเดียว และให้ใช้ดินเปียกมาทาผลที่ตากไว้ ครบหนึ่งปีก็จะสร้างเปลือกขึ้นมาแทนที่ สามารถมาตากด้านที่เหลือเอาไปใช้ได้

การเลือกพืชให้สีติดผ้าดีมีข้อสังเกตง่าย ๆ คือ ถ้าเป็นใบหรือดอกให้เด็ดมาขยี้ที่มีมือถนัดดีเลือกนำไปทดลองย้อมได้ ถ้าเป็นผลหรือเปลือกให้ลองใช้มีดถากดู ถ้ายางถูกอากาศแล้วเปลี่ยนสีให้นำไปทดลองย้อมได้เช่นกัน แก่นและรากส่วนใหญ่จะให้สีตามที่เห็นอยู่แล้ว

**3. สารประกอบในการย้อมผ้า** พืชแต่ละชนิดที่นำมาย้อมใช้เส้นใยธรรมชาติมีการติดสีและคงทนต่อการซักหรือแสงไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางชีวเคมีภายในของพืชและเส้นใย ที่นำมาใช้ย้อม จึงมีการใช้สารประกอบอื่นๆ เพื่อมาเป็นตัวช่วยในการที่จะให้เส้นใยฯ ติดสีทนทานต่อแสงและการซักเพิ่มขึ้น ซึ่งใช้ มอร์แดนต์เป็นตัวจับย้อมสีและเปลี่ยนสีให้เข้มจาง และใช้ แทนนินเป็นตัวดูดซับสี

ตัวติดสีหรือมอร์แดนต์ (mordant) มีทั้งชนิดที่ได้จากธรรมชาติและสารเคมีต่างๆ

ชนิดที่ได้จากธรรมชาติ ชนิดที่เป็นต่าง เช่น ปูนขาวที่ใช้กินกับหมาก (ทำจากการเผาเปลือกหอย) และน้ำด่างที่ได้จากขี้เถ้าพืชเนื้ออ่อน เช่น ส่วนต่างๆ ของกล้วย ต้นผักขม เปลือกของผลุ่น กากมะพร้าว เป็นต้น เลือกพืชชนิดใดชนิดหนึ่งที่ยังสดๆ นำมาผึ่งแดดให้หมาด จากนั้นเผาให้เป็นขี้เถ้าสีขาว นำขี้เถ้าไปใสในอ่างที่มีน้ำอยู่ กวนให้ทั่วทั้งไว้ 4-5 ชั่วโมง ขี้เถ้าจะตกตะกอนน้ำที่ได้นำไปกรองให้สะอาดแล้วจึงนำไปใช้งาน เรียกว่า “น้ำด่างหรือน้ำขี้เถ้า” อีกวิธีหนึ่งนำขี้เถ้าที่ได้ไปใส่ในกระป๋องที่เจาะรูเล็กๆ รองก้นด้วยปุ๋ยฝ้ายหรือโยมะพร้าว ใส่ขี้เถ้าจนเกือบเต็ม กดให้แน่นเติมน้ำให้ท่วมพอดีกับถ้ำแขวนกระป๋องทิ้งไว้รองเอาแต่น้ำด่างไปใช้งาน และชนิดที่เป็นกรดได้จากพืชที่มีรสเปรี้ยว เช่น น้ำมะนาว น้ำใบหรือผักส้มป่อย น้ำมะขามเปียก น้ำด่างแดง ทำได้โดยให้พืชที่มีรสเปรี้ยวหรือตัวด่างใสในน้ำต้มจนเดือดนานประมาณครึ่งชั่วโมง กรองเอาแต่น้ำไปใช้เรียกว่า “น้ำกรดหรือน้ำส้ม”

ชนิดที่เป็นสารเคมีที่ใช้กันแพร่หลาย ได้แก่ เกลือแกง (ช่วยให้สีติดง่าย) สารส้ม (จับย้อมสีติดและสีสดขึ้น) สนิมเหล็กหรือโคลนจากใต้สระที่มีน้ำขังตลอดปี (สีเข้มขึ้น) จุนสี (ช่วยให้สีติดและเข้มขึ้นเล็กน้อยใช้เฉพาะสีเขียว)

การทำน้ำสนิมจะใช้น้ำบ่อนบาดาลที่เป็นสนิมก็ได้ หรือให้นำเหล็กไปเผาไฟให้แดงแล้วนำไปแช่ในน้ำเชื่อม เหล้าขาว น้ำชา หรือน้ำเปล่า นาน 1 เดือน น้ำสนิมจะช่วยทำให้สีเข้มขึ้น แต่สนิมจะไปกัดเส้นใย ให้อายุสั้นกว่าปกติ

การทำน้ำโคลนให้ใช้ดินโคลนจากกันสระที่มีน้ำขังตลอดปี มาละลายในน้ำเปล่าสัดส่วน น้ำ 1 ส่วนต่อดินโคลน 1 ส่วน จะช่วยให้สีเข้มเช่นเดียวกับน้ำสนิม

ตัวดูดสีติดหรือแทนนิน (tannin) สารแทนนินจะมีอยู่ในส่วนต่างๆ ของพืชที่มีรสฝาดและขม เช่น ลูกหมาก เปลือกเพกา เปลือกสีเสียด เปลือกผลทับทิม เปลือกประดู่ ใบยูคา ใบเหมือดแอ่ ลูกมะเกลือ เป็นต้น

เส้นใยธรรมชาติที่ได้จากสัตว์จะมีสารแทนนินอยู่ในตัวเองจึงมีการดูดซับสีหรือที่ชาวบ้านเรียกว่า กินสี ได้ดีกว่าเส้นใยที่ได้จากพืชที่ไม่มีสารแทนนินในตัวเองส่วนใหญ่จึงใช้สารแทนนินจากพืชมาเป็นสารประกอบในการย้อมผ้าฝ้าย (นำผ้าหรือเส้นด้ายมาย้อมพืชที่มีสารแทนนินก่อน แล้วจึงนำไปย้อมกับพืช

เพื่อให้สื่อนต่อไป หรือนำมาใช้ย้อมรวมไปกับพืชชนิดอื่นที่ให้สีโทนเดียวกัน) เพื่อช่วยให้เส้นใยของฝ้ายดูดซับสีอื่นได้เพิ่มขึ้น

การที่จะเลือกใส่สารประกอบ ในการย้อมผ้าแต่ละตัวนั้น ขึ้นอยู่กับความต้องการคุณสมบัติใดของสารประกอบฯ และควรเลือกใช้สารประกอบ ที่มาจากธรรมชาติจะดีกว่าเพราะ สารประกอบ ที่มาจากเคมี นั้นมีผลเสียต่อคนย้อมและทำให้สภาพแวดล้อมเป็นพิษได้ อย่างจุนสีที่นิยมใช้ในการย้อมสีเขียวเป็นส่วนประกอบของเกลือ ทองแดง ถ้าจำเป็นต้องใช้ควรใช้ในปริมาณที่น้อยมากและน้ำที่ใช้ย้อมแล้วควรทิ้งลงบ่อบำบัดน้ำเสียหรือจะใช้น้ำจากผลมะเกลือแทนจุนสีก็จะได้ผลดีมาก

สารประกอบในการย้อมผ้าที่มีคุณสมบัติเป็นกรดจะใช้ได้ดีกับเส้นใยที่ได้จากสัตว์ และที่มีคุณสมบัติเป็นด่างจะใช้ได้ดีกับเส้นใยที่ได้จากพืช การเลือกใช้สารประกอบในการย้อมผ้ามี 3 วิธีคือ

การใช้ก่อนย้อมสี ซึ่งต้องนำเส้นใยธรรมชาติไปชุบสารประกอบในการย้อมผ้าก่อนนำไปย้อมสีธรรมชาติ

การใช้พร้อมย้อมสี ซึ่งเป็นการใส่สารประกอบในการย้อมผ้าไปพร้อมกับน้ำย้อมผ้าและจึงนำผ้าไปย้อม

การใช้หลังย้อมสี ซึ่งเป็นการนำผ้าลงไปย้อมสีก่อน แล้วจึงนำไปชุบน้ำสารประกอบในการย้อมผ้า

### 3.3 กระบวนการย้อมสีธรรมชาติ

กระบวนการย้อมสีธรรมชาตินั้นทุกขั้นตอนล้วนสำคัญ ต้องทำด้วยการเอาใจใส่ ซึ่งจะส่งผลต่อการที่สีธรรมชาติติดผ้าได้ดีหรือไม่ดี และไม่มีอะไรที่ตายตัว การย้อมสีแต่ละชนิดที่ได้ ต้องอาศัยประสบการณ์ในการย้อมบ่อยๆ ซึ่งความชำนาญ จะช่วยให้เราสามารถย้อมผ้าได้สีสันทตามที่เราต้องการ

#### การทำความสะอาดผ้าและเส้นด้าย

ก่อนทำการย้อมเราต้องทำความสะอาดผ้าหรือเส้นด้ายเพื่อขจัดสิ่งสกปรกและไขที่เกาะติดอยู่ ซึ่งจะช่วยให้เส้นใยดูดซับสีได้ง่ายขึ้น

**ไหม** จะมีขี้ผึ้งเกาะอยู่ทำความสะอาด โดยการต้มเส้นไหมในน้ำเปล่าเพื่อละลาย โดยสังเกตดูว่าจากเส้นไหมสีเหลืองจะเปลี่ยนเป็นไหมสีขุ่น (เหลืองอ่อน) ยกหม้อลงแช่ไหมต่อไปทิ้งไว้ให้เย็น ชักให้สะอาดบิดให้หมาด กระตุกให้ตึง 2-3 ครั้งเตรียมนำไปย้อม ถ้ายังไม่ย้อมให้นำไปผึ่งให้แห้งเก็บไว้อย่าให้โดนฝุ่น

**ฝ้าย** จะมีแป้งเกาะอยู่ทำความสะอาดโดยแช่เส้นด้ายในน้ำ ทูบด้วยไม้หน้าเรียบให้นิ่ม แช่ฝ้ายต่อไปในน้ำสะอาดนาน 1 คืน ชักให้สะอาด บิดให้หมาดกระตุกให้ตึง 2-3 ครั้ง เตรียมไปย้อมหรือใช้วิธีทำความสะอาดด้วยผงซักฟอก หรือสบู่ หรือสารส้ม 8 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับโซดาแอช 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักของผ้าและเส้นด้าย ละลายในน้ำต้มปนไปกับเส้นใยฝ้ายนาน 1 ชั่วโมง ยกลงทิ้งไว้ให้เย็นแช่ต่อไปอีก 1 คืน ชักในน้ำเปล่าให้สะอาดบิดหมาดกระตุกให้ตึง 2-3 ครั้ง เตรียมนำไปย้อม ถ้ายังไม่ย้อมให้นำไปผึ่งให้แห้งเก็บไว้อย่าให้โดนฝุ่น

#### ขั้นตอนการย้อมร้อน

การใช้อุปกรณ์ย้อมผ้านั้น หม้อย้อมควรใช้หม้อสแตนเลสหรือหม้อเคลือบ หรือกระทะใบบัวไม่ควรใช้หม้ออลูมิเนียม และควรเลือกขนาดให้เหมาะสมกับการย้อมผ้าหรือเส้นด้าย ไม่กวนผ้าหรือเส้นด้ายควรทำด้วยไม้ที่มีขนาดใหญ่พอที่จะรับน้ำหนักเส้นด้ายเปียกในหม้อย้อมได้ กะละมังหรือถังพลาสติกสำหรับล้างผ้าหรือเส้นด้ายก่อนย้อมและหลังย้อมและเตาไฟจะเป็นเตาถ่าน เตาฟืน หรือเตาแก๊สก็ได้

1. เตรียมวัตถุดิบ เช่น เปลือก เนื้อ แก่น ราก กิ่ง หรือใบไม้ทุกชนิดควรสับให้ละเอียด ผล เมล็ดหรือเหง้าใต้ดิน หรือครึ่ง ต้องนำมาตำให้ละเอียดจากนั้นนำมาใส่ในหม้อต้มเติมน้ำให้ท่วมวัตถุดิบ และกะให้น้ำท่วมผ้าหรือเส้นด้ายด้วยในตอนต้ม แช่น้ำทิ้งไว้ 1 คืนจะช่วยให้การสกัดสีทำได้ง่าย พืชสดให้ใช้น้ำหนักประมาณ 4 เท่า ถ้าเป็นพืชใช้ประมาณ 2 เท่าของน้ำหนักผ้าหรือเส้นด้าย

2. การเตรียมน้ำย้อม จากนั้นนำมาต้มให้เดือดอย่างละประมาณ 1 ชั่วโมงหรือสังเกตดูว่า น้ำสีในหม้อต้มเข้มข้นได้ที่แล้ว ก็ให้กรองเอาแต่น้ำสี เพื่อไปใช้ย้อมผ้า

ขั้นตอนนี้ถ้าต้องการใส่สารประกอบในการย้อมผ้า ก่อนการย้อมทำโดยเลือกสารประกอบที่ต้องการใช้ (เช่น เกลือแกง สารส้มปูน น้ำด่าง น้ำกรดจากพืชที่มีรสเปรี้ยว พืชที่ให้สารแทนนิน) ในปริมาณที่กำหนด (ประมาณ 0.25-3 เปอร์เซ็นต์/น้ำหนักผ้าหรือเส้นด้าย) ใส่ในน้ำสะอาดอุ่นให้พอร้อนคนให้ละลาย นำผ้าหรือเส้นด้ายที่ทำความสะอาดแล้วต้มในน้ำเดือดต่อไปประมาณ 30 นาที นำมาบิดให้หมาดกระตุกให้ตึง 2-3 ครั้งนำลงไปย้อมในหม้อสีต่อไป

3. การย้อม ให้นำน้ำสีที่กรองเรียบร้อยแล้วต้มอีกครั้งหนึ่งแต่น้ำเดือดอ่อนๆ (สังเกตดูมีไอน้ำขึ้น)

ขั้นตอนนี้ถ้าต้องการใส่สารในการประกอบย้อมผ้า พร้อมกับการย้อม ให้เลือกใส่สารประกอบๆ ที่ต้องการ (เช่น เกลือแกง สารส้มปูน น้ำด่าง น้ำกรดจากพืชที่มีรสเปรี้ยว น้ำพืชที่ให้สารแทนนิน วิธีทำนำพืชไปต้มในน้ำเปล่า 30 นาทีก่อนแล้วจึงกรองน้ำนำมาใช้) ในปริมาณที่กำหนดใส่ลงในหม้อสีย้อมผ้า คนให้ละลายให้เข้ากับน้ำสีย้อมผ้า

จากนั้นให้นำผ้าหรือเส้นด้ายที่ทำความสะอาดเรียบร้อยแล้ว (ควรแช่น้ำให้เปียกแล้วบิดให้หมาด ก่อนย้อมทุกครั้งเพราะจะทำให้เส้นด้ายสามารถดูดน้ำสีย้อมได้ดีและเร็วขึ้น และทำให้สีติดที่เส้นใยได้ง่าย) ใส่ลงไปต้มนานประมาณครึ่งชั่วโมง หรือสังเกตดูว่าสีติดที่ผ้าหรือเส้นด้ายเข้มข้นอย่างที่เรต้องการ แต่คอยหมั่นกลับผ้าบ่อยๆ เพื่อให้สีซึมเรียบสม่ำเสมอและคอยยกให้ผ้าโดนอากาศ (ออกซิเจน) บ้างจะช่วยให้สีติดง่ายและติดทนขึ้น จากนั้นยกหม้อลงแช่ทิ้งไว้ให้เย็น พืชบางอย่างแช่ทิ้งไว้ 1 คืนจะช่วยให้สีติดดีขึ้น

ถ้าต้องการใส่สารประกอบในการย้อมผ้า หลังย้อม ให้ละลายสารประกอบ ที่ต้องการ (น้ำสารส้ม น้ำโคลน น้ำสนิม น้ำปูนขาว น้ำผลมะเกลือ) ตามปริมาณที่กำหนด ถ้าเป็นสารเคมีควรละลายในน้ำอุ่นก่อนเพื่อละลายได้ดีขึ้น นำผ้าที่ผ่านการย้อมสีบิดให้หมาดกระตุกให้ตึง 2-3 ครั้ง จึงนำมาขยำนาน้ำสารประกอบที่เตรียมไว้เวลาใช้ขึ้นอยู่กับว่าต้องการสีเข้มหรือจางประมาณ 15-30 นาที (สารประกอบเคมี) แต่ถ้าเป็นแทนนินจากพืชจะใช้เวลาน้อย เช่น การย้อมผางแล้วนำมาย้อมต่อในน้ำผลมะเกลือจะใช้เวลาประมาณครึ่งนาที่ที่จะเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นสีบานเย็นนานกว่านี้สีจะมืด จากนั้นนำไปบิดให้หมาดกระตุกให้ตึง 2-3 ครั้ง ผึ่งให้แห้งจากนั้นนำผ้ามาซักในน้ำสะอาดจนน้ำใสแล้วนำไปสับด้วย ไซ้ขนสองข้างดึงเส้นด้ายแล้วกระตุกให้ตึง 2-3 ครั้งนำไปตากในที่ร่มหรือกลางแจ้ง

4. การย้อมซ้ำ ถ้าสีที่ย้อมเสร็จแล้วยังได้สีที่จางหรือมีรอยต่างเนื่องจากสีติดไม่เสมอกันก็สามารถแก้ไขได้โดยนำไปย้อมซ้ำสีเดิม ก็ได้สีที่เข้มและมีความคงทนมากขึ้นหรือจะเปลี่ยนเป็นสีอื่นย้อมทับกันก็ได้จะให้สีใหม่ที่แปลกตา

ในการย้อมผ้าแต่ละครั้งควรจดข้อมูลและเก็บตัวอย่างผ้าไว้ทุกครั้งเพื่อนำมาใช้เป็นประโยชน์ในการย้อมครั้งต่อไปซึ่งเมื่อได้ผ้าที่ต้องการแล้วสามารถนำไปทดสอบหาความทนต่อแสงอย่างง่าย ๆ ด้วยการตัดตัวอย่างผ้ามาชิ้นเล็ก ๆ นำวัสดุทึบแสงมาปิดที่ผ้าตัวอย่างครึ่งหนึ่งแล้วนำไปวางตากแดด 7 วัน นำผ้าที่โดนแสงมาเปรียบเทียบกับผ้าที่ไม่โดนแสง ถ้าผ้าที่โดนแดดสีซีดน้อยมากหรือแทบสังเกตไม่ออกแสดงว่าสีจาก

ต้นไม้ชนิดนั้นและวิธีการย้อมอย่างนี้ใช้ได้ แต่ถ้าสีซีดมากแสดงว่าต้นไม้หรือวิธีการย้อมอาจไม่เหมาะสมต้องทดลองและปรับปรุงให้มีคุณภาพอย่างที่ต้องการต่อไป

### 3.4 การจำแนกสี

การจำแนกสีที่ใช้ย้อมผ้าอย่างง่าย ๆ สามารถจำแนกได้ 2 ชนิด คือสีสังเคราะห์หรือสีเคมีและสีจากธรรมชาติ

#### 3.4.1 สีสังเคราะห์หรือสีเคมี

เป็นสีที่ได้จากการที่นักวิทยาศาสตร์นำเอาสารเคมีต่าง ๆ มาทำปฏิกิริยากันหรือประกอบเข้าด้วยในห้องทดลองหรือโรงงาน เป็นสีที่มีตัวสีเนื้อสีปนอยู่เป็นปริมาณที่เข้มข้นมาก ทำให้ได้สีที่เข้มเมื่อนำไปย้อม และสามารถใช้ในปริมาณน้อย ๆ ได้ ทำให้สะดวกในการใช้ และยังมีสารเคมีที่ป้องกันการตกสีผสมอยู่ด้วย

ข้อเสียของสีเคมี

- ทำให้เกิดมลพิษสูงในกระบวนการผลิต
- น้ำทิ้งที่เกิดจากการย้อมสีเคมีทำให้ดินและน้ำเสีย
- สีเคมีหลายชนิดเมื่อสลายตัวจะมีพิษต่อผิวหนัง
- เป็นสีที่ต้องซื้อ เพราะไม่มีการผลิตในประเทศ

สีเคมี มีมากมายทั้งเจดสีและคุณภาพราคาแตกต่างกันตามคุณภาพของสี ปัจจุบันพบว่าสีเคมีบางตัวเป็นอันตรายต่อทั้งผู้ใช้และผู้ย้อม ในบางประเทศมีกฎหมาย ข้อห้ามเกี่ยวกับการนำผลิตภัณฑ์ (บางชนิดหรือทุกชนิด) ที่ย้อมสีดังกล่าวเข้าประเทศ

สีเคมีที่ใช้ในงานย้อมปัจจุบันในอุตสาหกรรมขนาดเล็กระดับครัวเรือนนั้นยังคงมีการใช้สีประเภทนี้อยู่ เนื่องจากต้นทุนราคาของสีต่ำ และยังไม่มียกกฎหมายที่เกี่ยวข้องบังคับใช้ในประเทศ ตลอดจนการขาดความรู้ความเข้าใจ ของผู้ประกอบการทำให้มีการใช้สีไม่เหมาะสม ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อธุรกิจสิ่งทอพื้นบ้านต่อไป หากมีการจัดการที่ไม่ดีพอ

#### 3.4.2 สีจากธรรมชาติ

สีจากธรรมชาติ เป็นสีที่ได้จากแหล่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ คือ พืช สัตว์ และแร่ธาตุ สีชนิดนี้ก่อกำเนิดขึ้นมาเองโดยกระบวนการตามธรรมชาติซึ่งเชื่อว่าจะไม่ก่อให้เกิดภาวะมลพิษใดๆ เมื่อนำไปใช้ย้อมน้ำทิ้งที่ได้ก็ประกอบด้วยสารธรรมชาติที่สลายตัวได้ง่าย และสารที่เกิดจากการสลายตัวก็ยังคงมีความเป็นพิษต่ำหรือไม่มีความเป็นพิษต่อสภาวะแวดล้อมและสีที่ได้จากธรรมชาติ รวมทั้งสารที่เกิดขึ้นจากการสลายตัวของสียังมีความเป็นพิษต่ำต่อผิวหนังหรือสุขภาพของผู้ใช้

ข้อเสียที่สำคัญของสีจากธรรมชาติ

- ปริมาณของตัวสีในวัสดุให้สีมีน้อย จึงย้อมได้สีไม่เข้ม
- สีซีดง่าย โดยเฉพาะเมื่อโดนแสง
- ย้อมให้เป็นสีแดงได้ยาก (กำหนดสีให้ออกมาเหมือนเดิม)
- ขาดแคลนวัสดุให้สี

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำเทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทพลังงานมาใช้ ได้แก่ การศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมัก เปลือกผลไม้และเศษผัก ผสมกับมูลไก่ เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทวัสดุเหลือใช้มาใช้ ได้แก่ การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงชีวจากผักตบชวา และผักตบชวาผสม

ผ่งานที่เหลือทั้ง และเทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภททรัพยากรในท้องถิ่นมาใช้ ได้แก่ การสกัดสีจากพืชธรรมชาติ คือ ขมิ้น และการหาวิธีการที่จะทำให้สีธรรมชาตินั้นติดคงทนได้นานที่สุด

### 3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับชุดการเรียนรู้การสอนหรือชุดกิจกรรม

#### 3.1 ความหมายของชุดการเรียนรู้การสอนหรือชุดกิจกรรม

ชุดการเรียนรู้การสอน มาจากคำว่า Instructional Packages หรือ Learning Packages เดิมทีเคยมักใช้คำว่า ชุดการสอน เพราะเป็นสื่อที่ครูนำมาใช้ประกอบการสอน แต่ต่อมาแนวคิดในการจัดการเรียนรู้การสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางได้เข้ามามีบทบาทมากขึ้น นักการศึกษาจึงเปลี่ยนมาใช้คำว่า ชุดการเรียนรู้ (Learning Packages) เพราะการเรียนรู้เป็นกิจกรรมของนักเรียน และการการสอนเป็นกิจกรรมของครู กิจกรรมของครูและนักเรียนจะต้องเกิดคู่กัน (กาญจนา เกียรติประวัติ. 2524 : 60 - 61) ดังนั้นต่อไปนี้ผู้วิจัยจึงใช้คำว่า “ชุดกิจกรรม” เพื่อที่จะได้คลุมถึงกิจกรรมของครูและนักเรียน ซึ่งมีผู้ให้ความหมายของชุดกิจกรรมไว้ ดังนี้

นิพนธ์ สุขปรีดี (2525 : 62) ได้อธิบายถึงชุดกิจกรรมว่า เป็นการจัดโปรแกรมการเรียนการสอน โดยใช้ระบบสื่อประสม (Multimedia System) เพื่อสนองจุดประสงค์การเรียนการสอนที่ตั้งไว้เรื่องใดเรื่องหนึ่ง

วาสนา ขาวหา (2525 : 139) ได้ให้ความหมายชุดกิจกรรมว่า ชุดกิจกรรม หมายถึงการวางแผนการเรียนการสอนโดยใช้สื่อต่างๆ ร่วมกัน (Multimedia approach) หรือ หมายถึงการใช้สื่อประสม (Multimedia) เพื่อสร้างประสบการณ์ในการเรียนรู้อย่างกว้างขวาง และเป็นไปตามจุดมุ่งหมายที่วางไว้ โดยจัดไว้เป็นชุดในลักษณะของหรือกล่อง

วิชัย วงษ์ใหญ่ (2525 : 185) กล่าวว่า ชุดกิจกรรมเป็นระบบการผลิตและการนำสื่อการเรียนหลายๆ อย่างมาสัมพันธ์กัน และมีคุณค่าส่งเสริมซึ่งกันและกัน สื่อการเรียนอย่างหนึ่งอาจใช้เพื่อการสร้างความสนใจ ในขณะที่อีกอย่างหนึ่งใช้เพื่ออธิบายข้อเท็จจริงของเนื้อหา และอีกอย่างหนึ่งอาจใช้เพื่อก่อให้เกิดการเสาะแสวงหาอันนำไปสู่ความเข้าใจลึกซึ้ง และป้องกันการเข้าใจความหมายผิด สื่อการเรียนเหล่านี้เรียกอีกประการหนึ่งว่าสื่อประสมที่เรานำมาใช้ให้สอดคล้องกับเนื้อหาวิชา เพื่อช่วยให้ผู้เรียนมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

วีระ ไทยพานิช (2529 : 134) กล่าวว่าชุดการเรียนรู้มีชื่อเรียกต่างๆ กัน เช่น ชุดการสอน (Instructional Package) ชุดการเรียนรู้แบบเดี่ยว (Self-instruction Package) ชุดการสอนรายบุคคล (Individualized Learning Package) ซึ่งเป็นชุดของสื่อประสม (Multi Media) ที่จัดขึ้นสำหรับหน่วยการเรียนรู้หัวข้อเนื้อหา และอุปกรณ์ของแต่ละหน่วยได้จัดไว้เป็นชุด หรือกล่อง หรือของ ชุดการเรียนรู้อาจมีรูปแบบ (Formats) ที่แตกต่างกันออกไปซึ่งส่วนมากประกอบด้วย คำชี้แจง หัวข้อจุดมุ่งหมาย การประเมินผลเบื้องต้น การกำหนดกิจกรรม และการประเมินผลขั้นสุดท้าย จุดมุ่งหมายสำคัญเพื่อการสอนนักเรียนเป็นรายบุคคลให้นักเรียนมีความรับผิดชอบในการเรียนของตนเอง

วิภาภรณ์ เตชะชัยวุฒิ (2533 : 17 - 18) ได้กล่าวถึงชุดการเรียนรู้ว่า ชุดการเรียนรู้เป็น สื่อการเรียนรู้สำเร็จรูปที่ผู้เรียนสามารถศึกษาได้ด้วยตนเองตามขั้นตอนที่ระบุไว้ในชุดโดยพึ่งครูน้อยที่สุด ผู้เรียนสามารถเรียนได้อย่างอิสระตามความสามารถของแต่ละบุคคล ซึ่งเป็นการฝึกให้ผู้เรียนรู้จักการพึ่งพาตนเองในการศึกษาหาความรู้

ยุพิน พิพิธกุล (2537 : 176) ได้ให้ความหมายของชุดการเรียนการสอนเป็นรายบุคคลว่าเป็นชุดการเรียนการสอนที่ผู้เรียนเรียนด้วยตนเอง ในชุดการเรียนการสอนจะประกอบด้วย บัตรคำสั่ง บัตรกิจกรรม บัตรเนื้อหา บัตรแบบฝึกหัด หรือบัตรงานพร้อมเฉลยและบัตรทดสอบพร้อมเฉลย ในชุดการเรียนการสอนนั้นจะมีสื่อการเรียนการสอนไว้พร้อมเพื่อที่ผู้เรียนจะใช้ประกอบการเรียนเรื่องนั้นๆ

ฮุสตัน และคนอื่นๆ (Houston and others. 1972 : 10 - 15) ได้ให้ความหมายว่าชุดกิจกรรมเป็นชุดของประสบการณ์ที่จัดเตรียมไว้ให้ผู้เรียนเพื่อบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้

แคปเฟอร์ และแคปเฟอร์ (Kapfer and Kapfer. 1972 : 3 -10) ให้ความหมายว่า ชุดกิจกรรมเป็นรูปแบบการสื่อสารระหว่างครูและนักเรียน ซึ่งประกอบด้วยคำแนะนำที่ให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมการเรียนรู้ จนบรรลุพฤติกรรมที่เป็นผลของการเรียนรู้ และเนื้อหาที่นำมาสร้างชุดกิจกรรมนั้นได้มาจากขอบข่ายของความรู้ที่หลักสูตรต้องการให้นักเรียนได้เรียนรู้ เนื้อหาจะต้องตรงและชัดเจนที่จะสื่อความหมายให้ผู้เรียนได้เกิดพฤติกรรมตามเป้าหมายของการเรียน

บราวน์ และคณะ (Brown and others. 1973 : 338) ให้ความหมายไว้ว่า ชุดกิจกรรม คือ ชุดของสื่อแบบประสมที่สร้างขึ้นเพื่อช่วยเหลือครูให้สามารถสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในกล่องหรือชุดกิจกรรมมักจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลาย ๆ อย่าง เช่น ภาพโปร่งใส ฟิล์มสตริป รูปภาพ ไปสเตอร์ สไลด์ และแผนภูมิ บางชุดอาจประกอบด้วยเอกสารเพียงอย่างเดียว บางชุดอาจจะเป็นโปรแกรมที่มีบัตรคำสั่งให้ผู้เรียนเรียนด้วยตนเอง

ดูวน (Duan. 1973 : 169) ให้ความหมายของชุดกิจกรรมไว้ว่า ชุดกิจกรรม คือ ชุดของวัสดุทางการเรียนซึ่งรวบรวมไว้อย่างมีระเบียบ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามเป้าหมาย

กู๊ด (Good. 1973 : 306) ได้อธิบายถึงชุดกิจกรรมว่า ชุดกิจกรรม คือ โปรแกรมทางการสอนทุกอย่างที่จัดไว้โดยเฉพาะ มีวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสอน อุปกรณ์ที่ใช้ในการเรียน คู่มือครู เนื้อหาแบบทดสอบ ข้อมูลที่เชื่อถือได้ มีการกำหนดจุดมุ่งหมายของการเรียนไว้อย่างชัดเจน ชุดกิจกรรมนี้ครูเป็นผู้จัดให้นักเรียนแต่ละคนได้ศึกษาและฝึกฝนตนเอง โดยครูเป็นผู้แนะนำเท่านั้น

จากการศึกษาความหมายในข้างต้นพอสรุปได้ว่า ชุดกิจกรรม คือ ชุดการเรียน หรือชุดการสอนนั่นเอง ซึ่งหมายถึง สื่อการสอนที่ครูเป็นผู้สร้างประกอบขึ้นด้วยวัสดุอุปกรณ์หลายชนิด และองค์ประกอบอื่นเพื่อให้ผู้เรียนศึกษาและปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยครูเป็นผู้ให้คำแนะนำช่วยเหลือและมีการนำหลักการทางจิตวิทยามาใช้ประกอบในการเรียน เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้รับความสำเร็จ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้คำว่า ชุดกิจกรรม

### 3.2 ประเภทของชุดการเรียนการสอนหรือชุดกิจกรรม

มีนักการศึกษาได้กล่าวถึง ประเภทของชุดการสอน ชุดการเรียน หรือชุดกิจกรรม ที่ช่วยให้ผู้สร้างได้ตัดสินใจว่าจะสร้างชุดกิจกรรมในรูปแบบใด ไว้หลายท่านดังนี้

กาญจนา เกียรติประวัติ (2524 : 61) ได้จำแนกประเภทของชุดกิจกรรมไว้ 2 ประเภท คือ

1. ชุดกิจกรรมสำหรับกิจกรรมกลุ่ม ส่งเสริมให้ผู้เรียนศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองโดยใช้กิจกรรมกลุ่ม เช่น ในวิธีการของศูนย์การเรียนรู้ (Learning Center) หรือบทเรียนโมดูลเมื่อออกแบบให้ใช้กิจกรรมกลุ่มเป็นวิธีเรียน

2. ชุดกิจกรรมรายบุคคล ส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเองตามลำพัง เพื่อพัฒนาความรับผิดชอบของผู้เรียน และความก้าวหน้าในการเรียน ตามความสามารถในเวลาที่แตกต่างกัน ผู้เรียนสามารถทดสอบเพื่อทราบผลความก้าวหน้าของตนเองได้ตลอดเวลา และตรวจคำตอบได้ทันที

วิชัย วงษ์ใหญ่ (2525 : 5) และไชยยศ เรืองสุวรรณ (2522 : 152) ได้แบ่งชุดกิจกรรมออกเป็น 3 ประเภทสอดคล้องกันดังนี้

1. ชุดกิจกรรมสำหรับการบรรยาย หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ชุดกิจกรรมสำหรับครูใช้ คือ เป็นชุดกิจกรรมสำหรับกำหนดกิจกรรมและสื่อการเรียนให้ครูใช้ประกอบคำอธิบาย เพื่อเปลี่ยนบทบาทการพูดของครูให้ลดน้อยลง และเปิดโอกาสให้นักเรียนร่วมกิจกรรมการเรียนรู้มากขึ้น ชุดกิจกรรมการสอนนี้จะมีเนื้อหาเพียงหน่วยเดียวและใช้กับนักเรียนทั้งชั้น

2. ชุดกิจกรรมสำหรับกิจกรรมแบบกลุ่ม ชุดกิจกรรมนี้มุ่งเน้นที่ตัวผู้เรียนได้ประกอบกิจกรรมร่วมกัน และอาจจัดการเรียนการสอนในรูปศูนย์การเรียนรู้ ชุดกิจกรรมแบบกลุ่มจะประกอบด้วย ชุดกิจกรรมย่อยที่มีจำนวนเท่ากับจำนวนศูนย์การเรียนรู้ที่แบ่งไว้ในแต่ละหน่วย ในแต่ละศูนย์มีสื่อการเรียนหรือบทเรียนครบชุดตามจำนวนผู้เรียนในศูนย์กิจกรรมนั้น สื่อการเรียนอาจจัดอยู่ในรูปของการเรียนการสอนรายบุคคลหรือผู้เรียนทั้งศูนย์ใช้ร่วมกันก็ได้ ผู้เรียนที่เรียนจากชุดกิจกรรมแบบกิจกรรมกลุ่ม อาจจะต้องขอความช่วยเหลือจากครูเพียงเล็กน้อยในระยะเริ่มต้นเท่านั้น หลังจากเคยชินต่อวิธีการใช้แล้วผู้เรียนสามารถช่วยเหลือซึ่งกันและกันได้เอง ในขณะที่ทำกิจกรรมการเรียนรู้หากมีปัญหาผู้เรียนสามารถซักถามครูได้เสมอเมื่อจบการเรียนรู้แต่ละศูนย์แล้ว ผู้เรียนอาจจะสนใจการเรียนรู้เสริม เพื่อเจาะลึกถึงสิ่งที่เรียนรู้ได้จากศูนย์สำรองที่ครูจัดเตรียมไว้ เพื่อเป็นการไม่เสียเวลาที่จะต้องรอคอยผู้อื่น

3. ชุดกิจกรรมสำหรับรายบุคคล เป็นชุดกิจกรรมที่จัดระบบขั้นตอน เพื่อให้ผู้เรียนใช้เรียนด้วยตนเองตามลำดับขั้นความสามารถของแต่ละคน เมื่อศึกษาครบแล้วจะทำการทดสอบประเมินผลความก้าวหน้า และศึกษาชุดกิจกรรมชุดอื่นต่อไปตามลำดับ เมื่อมีปัญหาผู้เรียนจะปรึกษากันได้ ในระหว่างผู้เรียนและผู้สอนพร้อมที่จะให้ความช่วยเหลือทันทีในฐานะ ผู้ประสานงานหรือผู้ชี้แนะแนวทางการเรียนรู้ด้วยชุดการเรียนรู้การสอนนี้ จัดขึ้นเพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ของแต่ละบุคคลให้พัฒนาการเรียนรู้ของตนเองไปจนถึงขีดความสามารถ โดยไม่ต้องเสียเวลารอคอยผู้อื่น ชุดการเรียนรู้การสอนแบบนี้บางครั้งเรียกว่า บทเรียนโมดูล

จากการศึกษาประเภทของชุดการสอน ชุดการเรียนรู้การสอน หรือชุดกิจกรรม ทำให้ทราบได้ว่าแบ่งออกเป็นหลายประเภทด้วยกัน ซึ่งครูและนักเรียนมีบทบาทแตกต่างกันไปในแต่ละประเภท ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ยึดแนวการสร้างชุดกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้เป็นผู้ศึกษาเนื้อหาด้วยตนเองและปฏิบัติกิจกรรมที่มีอยู่ในชุดกิจกรรมร่วมกัน โดยมีครูเป็นผู้ดูแลอย่างใกล้ชิด และเป็นผู้นำในการปฏิบัติกิจกรรมในบางกิจกรรมร่วมกับนักเรียน

### 3.3 จิตวิทยาที่นำมาใช้ในชุดการเรียนรู้การสอนหรือชุดกิจกรรม

การสอนที่มีคุณภาพประกอบด้วยลักษณะ 4 ประการ คือ (Bloom. 1976 : 115 - 124)

1. การให้แนวทาง (Cues) คือคำอธิบายของครูที่ทำให้นักเรียนเข้าใจชัดเจนว่าเมื่อเรียนเรื่องนั้นๆ แล้วจะต้องมีความสามารถอย่างไร ต้องทำอะไรบ้าง

2. การมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ (Participation) เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้

3. การเสริมแรง (Reinforcement) ทั้งการเสริมแรงภายนอก เช่น สิ่งของ การกล่าวชื่นชม หรือการเสริมแรงภายในตัวนักเรียนเอง เช่น ความอยากรู้อยากเห็น ฯลฯ

4. การให้ข้อมูลย้อนกลับและการแก้ไขข้อบกพร่อง (Feedback and Corrections) จะต้องมีการแจ้งผลการเรียนและข้อบกพร่องให้นักเรียนทราบ

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2523 : 119) ได้เสนอแนวความคิดซึ่งมาจากจิตวิทยาการเรียนรู้ที่นำมาสู่การผลิตชุดการสอน ดังนี้

1. เพื่อสนองความแตกต่างระหว่างบุคคล
2. เพื่อยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางด้วยการให้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง
3. มีสื่อการเรียนใหม่ๆ ที่ช่วยในการเรียนของนักเรียน เพื่อช่วยการสอนของครู
4. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียนที่เปลี่ยนไป เปลี่ยนจากครูเป็นผู้นำเป็นผู้มีอิทธิพลต่อนักเรียนมาก

นักเรียนมาก

เปรี๊ยะ กุมุท (2520 : 42) ได้กล่าวถึงเทคนิคการเรียนด้วยชุดการสอน ดังนี้

1. สอนด้วยวิธีให้ผู้เรียนกระทำหรือสนองตอบอยู่ตลอดเวลา
2. ทุกครั้งที่ผู้เรียนตอบก็จะได้รับรู้ผลการสนองตอบของตนทันทีว่าถูกหรือผิดและคำตอบที่ถูกต้องเป็นอย่างไร

เป็นอย่างไร

3. สอนให้ผู้เรียนสามารถเรียนได้ โดยพยายามทำให้เขาได้ทำสิ่งที่ต้องการให้เขาทำหรือตอบถูกต้องเป็นส่วนมากหรือถูกต้องทั้งหมด เพื่อที่เขาจะได้ไม่เบื่อที่จะเรียน และมีกำลังใจเรียน

4. สอนไปตามลำดับขั้นตอน ครั้งละเล็กจะน้อยไม่ยืดเยื้อให้ครั้งละจำนวนมาก

จากการศึกษาจิตวิทยาที่นำมาใช้ในการสร้างชุดการสอน ชุดการเรียน ชุดการเรียนการสอน หรือชุดกิจกรรมของนักการศึกษาข้างต้น สรุปได้ว่า ในการดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนนั้นยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง กล่าวคือให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรม โดยมีครูเป็นผู้คอยให้คำแนะนำและให้การเสริมแรงขณะนักเรียนปฏิบัติกิจกรรมการเรียนการสอน

### 3.4 องค์ประกอบของชุดการเรียนการสอนหรือชุดกิจกรรม

นักการศึกษาได้กล่าวถึง องค์ประกอบของชุดกิจกรรมไว้มากมายต่างกัน ดังนี้

ไชยยศ เรืองสุวรรณ (2522 : 153) และบุญเกื้อ คอรวาเวช (2530 : 71) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของชุดกิจกรรมว่าสามารถจำแนกได้ 4 ส่วนด้วยกัน คือ

1. คู่มือครู เป็นคู่มือและแผนการสอนสำหรับครูและผู้เรียน ภายในจะมีคำชี้แจงถึงวิธีการใช้ชุดการเรียนการสอนอย่างละเอียด อาจทำเป็นเล่มหรือแผ่นพับก็ได้

2. บัตรคำสั่ง หรือคำแนะนำ จะเป็นส่วนที่บอกให้ผู้เรียนดำเนินการเรียนหรือประกอบกิจกรรมแต่ละอย่างตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ประกอบด้วย คำอธิบายเรื่องที่จะศึกษาคำสั่งให้ผู้เรียนดำเนินการและการสรุปบทเรียน บัตรนี้นิยมใช้บัตรแข็งตัดเป็นขนาด 6 × 8 นิ้ว

3. เนื้อหาสาระและสื่อ จะบรรจุไว้ในรูปของสื่อการสอนต่างๆ อาจประกอบด้วย บทเรียน โปรแกรม สไลด์ แผ่นภาพ วัสดุกราฟฟิกส์ หุ่นจำลอง ของตัวอย่าง รูปภาพ ผู้เรียนจะศึกษาจากสื่อการสอนต่างๆ ที่บรรจุอยู่ในชุดการเรียนการสอนตามบัตรคำสั่งที่กำหนดไว้

4. แบบประเมินผล ผู้เรียนจะทำการประเมินผลความรู้ของตนเองก่อนและหลังเรียน แบบประเมินผลอาจเป็นแบบฝึกหัดให้เติมคำลงในช่องว่าง เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด จับคู่ดูผลจากการทดลองหรือทำกิจกรรม

บุญชม ศรีสะอาด (2537 : 95 - 96) ได้กล่าวว่า ชุติกิจกรรมมีองค์ประกอบที่สำคัญ 4 ด้าน ดังนี้

1. คู่มือการใช้ชุติกิจกรรม เป็นคู่มือที่จัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้ใช้ชุติกิจกรรมศึกษาและปฏิบัติตามเพื่อให้บรรลุผลอย่างมีประสิทธิภาพ อาจประกอบด้วยแผนการสอน สิ่งที่ต้องเตรียมก่อนสอนบทบาทของผู้เรียน การจัดชั้นเรียน (ในกรณีของชุติกิจกรรมที่มุ่งใช้กับกลุ่มย่อย เช่น ในศูนย์การเรียน)

2. บัตรงาน เป็นบัตรที่มีคำสั่งว่าจะให้ผู้เรียนปฏิบัติอะไรบ้าง โดยระบุกิจกรรมตามลำดับขั้นตอนของการเรียน

3. แบบทดสอบวัดความก้าวหน้าของผู้เรียน เป็นแบบทดสอบที่ใช้สำหรับตรวจสอบว่าหลังจากเรียนชุติกิจกรรมจบแล้ว ผู้เรียนเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้หรือไม่

4. สื่อการเรียนต่างๆ เป็นสื่อสำหรับผู้เรียนได้ศึกษามีหลายชนิดประกอบกัน อาจเป็นประเภทสิ่งพิมพ์ เช่น บทความ เนื้อหาเฉพาะเรื่อง จุลสาร บทเรียนโปรแกรม หรือประเภทโสตทัศนูปกรณ์ เช่น รูปภาพ แผนภูมิต่างๆ เทปบันทึกเสียง ฟิล์มสกริป สไลด์ขนาด 2 x 2 นิ้ว ของจริง เป็นต้น

ฉลองชัย สุรวฒนบุรณ์ (2528 : 215) และ สุกิจ ศรีพรหม (2541 : 68 - 72) ได้กล่าวถึง องค์ประกอบของชุติกิจกรรมประกอบด้วยองค์ประกอบ 7 อย่างคือ

1. เนื้อหาหรือโน้ตทัศน์ที่ต้องการให้ผู้เรียนศึกษา (concept focus) ชุติกิจกรรมชุดหนึ่งควรจะเน้นให้ผู้เรียนศึกษาเพียงมโนทัศน์หลักเรื่องเดียว

2. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (behaviorally stated objective) เป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดที่จะทำให้ชุติกิจกรรมนั้น ประสบความสำเร็จหรือล้มเหลวเป็นข้อความที่ระบุถึงพฤติกรรมที่คาดว่าจะเกิดขึ้นหลังการเรียนรู้ ควรระบุชัดเจนให้ผู้เรียนเข้าใจอย่างแจ่มแจ้ง เพราะวัตถุประสงค์นี้เป็นแนวทางในการทำกิจกรรมเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์

3. มีกิจกรรมให้เลือกหลายๆ อย่าง (multiple-active methodologies) คือรายละเอียดของกิจกรรมที่ต้องการให้นักเรียนปฏิบัติ เช่น ทำงานกลุ่มการทดลองหรือใช้สื่อการเรียนชนิดต่างๆ การที่มีกิจกรรมให้นักเรียนเลือกปฏิบัติหลายๆ ทางมาจากความเชื่อที่ว่าไม่มีวิธีใดวิธีหนึ่งจะเหมาะสมที่สุดกับนักเรียนทุกคน

4. วัสดุประกอบการเรียน (diversified learning resources) จากกิจกรรมให้เลือกหลายทางนั้นจำเป็นต้องมีวัสดุประกอบการเรียนหลายๆ อย่าง เช่น แผนภูมิภาพ หุ่นจำลอง เทปบันทึกเสียง เป็นต้น วัสดุหรือสื่อการเรียนเป็นแหล่งที่จะช่วยให้นักเรียนบรรลุตามวัตถุประสงค์และเกิดการเรียนรู้ใหม่โน้ตทัศน์ที่กำหนดให้

5. แบบทดสอบ (evaluation instrument) ใช้ในการประเมินผลดูว่านักเรียนเกิดผลสัมฤทธิ์ในการเรียนรู้จากการสอนมากน้อยเพียงใด

6. กิจกรรมสำรวจหรือกิจกรรมเพิ่มเติม (breadth and depth activities) หลังจากให้นักเรียนทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแล้วอาจทำกิจกรรมที่เสนอแนะเพิ่มเติมตามความสนใจ

7. คำชี้แจงวิธีใช้ชุติกิจกรรม (instruction) เนื่องจากชุติกิจกรรมที่ผลิตขึ้นเพื่อให้นักเรียนเรียนด้วยตนเอง คำชี้แจงวิธีใช้ชุติกิจกรรมจึงจำเป็นต้องบอกรายละเอียดของวิธีใช้ชุติกิจกรรมทำให้นักเรียนสามารถเข้าใจและเรียนได้ด้วยตนเอง

คาร์ดาเรลลี (Cardarelli. 1973 : 150) ได้กำหนดโครงสร้างของชุดการเรียนรู้ว่าต้องประกอบด้วย

1. หัวข้อ (Topic)
2. หัวข้อย่อย (Subtopic)
3. จุดมุ่งหมายหรือเหตุผล (Rational)
4. จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม (Behavioral Objective)
5. การสอบก่อนเรียน (Pre-test)
6. กิจกรรมและการประเมินตนเอง (Activities and Self-evaluation)
7. การทดสอบย่อย (Quiz หรือ Formative Test)
8. การทดสอบขั้นสุดท้าย (Post-test หรือ Summative Evaluation)

เนลสัน และลอเบียร์ (Nelson and Lorbeer. 1975 : 247) ได้กล่าวถึงชุดการเรียนรู้กิจกรรมวิทยาศาสตร์ ว่าประกอบด้วย

1. ปัญหา
2. วัสดุ อุปกรณ์
3. วิธีดำเนินการทดลอง
4. รายละเอียดเพิ่มเติม ประกอบไปด้วยการอ้างอิงกฎเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์และคำแนะนำ

ต่างๆ ในการศึกษาต่อไป

5. คำถามท้ายกิจกรรมเพื่อให้เกิดความคิด คำถามเร้าใจเด็กทำให้เกิดการซักถามและคิดหาวิธีการเพื่อหาคำตอบเหล่านั้น

เดอวิตโต และครอกโกเวอร์ (Devito and Krockover. 1976 : 388) ได้กล่าวว่า ชุดการเรียนรู้กิจกรรมวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์จะมีรูปแบบประกอบไปด้วย

1. ปัญหาเพื่อไปสู่การทำการกิจกรรม
2. กำหนดสถานการณ์ ซึ่งเป็นการบรรยายหรือกำหนดกิจกรรมการทดลอง
3. คำถามจากการให้สถานการณ์หรือการทำการกิจกรรมการทดลอง คำถามนี้ไม่มีคำตอบเด็กจะตอบอย่างไร คำตอบของเด็กอยู่ในรูปการตั้งสมมติฐาน
4. ข้อเสนอแนะหรือข้อคิดเพื่อแนะนำเด็กให้ทำการกิจกรรมต่อเนื่องไปอีก
5. คำถามเพื่อให้เกิดความคิด และสนใจที่จะดำเนินการหาข้อเท็จจริงตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาองค์ประกอบของชุดกิจกรรมสรุปได้ว่า ชุดกิจกรรมควรประกอบด้วยส่วนที่สำคัญได้แก่ คำชี้แจงการใช้ชุดกิจกรรม สื่อการสอน กิจกรรม วิธีดำเนินการ ตลอดจนแบบประเมิน

สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดองค์ประกอบของชุดกิจกรรมโดยประยุกต์รูปแบบของไชยยศ เรืองสุวรรณ เนลสันและลอเบียร์ (Nelson and Lorbeer. 1975 : 247) เดอวิตโต และครอกโกเวอร์ (Devito and Krockover. 1976 : 388)

### 3.5 ขั้นตอนในการสร้างชุดการเรียนรู้การสอนหรือชุดกิจกรรม

เมื่อจะลงมือสร้างชุดการเรียนรู้ ผู้สร้างจะต้องรู้ถึงหลักการสร้างชุดการเรียนรู้ว่าจะต้องมีการดำเนินการอย่างไร ซึ่งก็ได้มีการศึกษาหลายท่านที่ได้เสนอหลักในการสร้างชุดการเรียนรู้ไว้ดังนี้

วิชย วงษ์ใหญ่ (2525 : 189 - 192) ได้เสนอขั้นตอนในการสร้างชุดการสอนไว้ 10 ขั้นตอน คือ

1. ศึกษาเนื้อหาสาระของวิชาทั้งหมดอย่างละเอียดว่า สิ่งที่เราจะนำมาทำเป็นชุดการสอนนั้น จะมุ่งเน้นให้เกิดหลักการของการเรียนรู้อะไรบ้างให้กับผู้เรียนนำวิชาที่ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์แล้วมาแบ่งเป็นหน่วยของการเรียนการสอน ในแต่ละหน่วยนั้นจะมีหัวเรื่องย่อยๆ รวมอยู่อีกที่เราจะต้องศึกษาพิจารณาให้ละเอียดชัดเจนเพื่อไม่ให้เกิดการซ้ำซ้อนในหน่วยอื่นๆ และควรคำนึงถึงการแบ่งหน่วยการเรียนการสอนของแต่ละวิชานั้น ควรจะเรียงลำดับขั้นตอนของเนื้อหาสาระให้ถูกต้องว่าอะไรเป็นสิ่งจำเป็นที่ผู้เรียนจะต้องเรียนรู้ก่อน อันเป็นพื้นฐานตามขั้นตอนของความรู้และลักษณะธรรมชาติในวิชานั้น

2. เมื่อศึกษาเนื้อหาสาระและแบ่งหน่วยการเรียนการสอนได้แล้วจะต้องพิจารณาตัดสินใจอีกครั้งว่า จะทำชุดการสอนแบบใดโดยคำนึงถึงข้อกำหนดว่า ผู้เรียนคือใคร (Who is Learner) จะให้อะไรกับผู้เรียน (Give what Condition) จะทำกิจกรรมอย่างไร (Does what Activities) และจะทำได้ดีอย่างไร (How well Criterion) สิ่งเหล่านี้จะเป็นเกณฑ์ในการกำหนดการเรียน

3. กำหนดหน่วยการเรียนการสอน โดยประมาณเนื้อหาสาระที่เราจะสามารถถ่ายทอดความรู้แก่นักเรียน หาสื่อการเรียนได้ง่าย พยายามศึกษาวิเคราะห์ให้ละเอียดอีกครั้งหนึ่งว่าหน่วยการเรียนการสอนนี้มีหลักการหรือความคิดรวบยอดอะไร และมีหัวข้อเรื่องย่อยๆ อะไรอีกที่รวมกันอยู่ในหน่วยนี้

4. กำหนดความคิดรวบยอด ความคิดรวบยอดที่เรากำหนดขึ้นจะต้องสอดคล้องกับหน่วยและหัวเรื่อง โดยสรุปแนวความคิดสาระและหลักเกณฑ์ที่สำคัญ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนให้สอดคล้องกัน

5. จุดประสงค์การเรียนรู้ การกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้จะต้องให้สอดคล้องกับความคิดรวบยอด โดยกำหนดเป็นจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งหมายถึงความสามารถของผู้เรียนที่แสดงออกมาให้เห็นได้ภายหลังการเรียนการสอนบทเรียนแต่ละเรื่องจบไปแล้ว

6. การวิเคราะห์งาน คือ การนำจุดประสงค์การเรียนรู้แต่ละข้อมาทำการวิเคราะห์งานเพื่อหา กิจกรรมการเรียนการสอน แล้วจัดลำดับกิจกรรมการเรียนให้เหมาะสมถูกต้องสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ในแต่ละข้อ

7. เรียงลำดับกิจกรรมการเรียน เพื่อให้เกิดการประสานกลมกลืนของการเรียนการสอนจะต้องนำกิจกรรมการเรียนของแต่ละข้อ ที่ทำการวิเคราะห์งาน และเรียงลำดับกิจกรรมไว้ทั้งหมด นำมาหลอมรวมกิจกรรมการเรียนขั้นที่สมบูรณ์ที่สุด เพื่อไม่ให้เกิดการซ้ำซ้อนในการเรียนโดยคำนึงถึงพฤติกรรมพื้นฐานของผู้เรียน (Entering Behavior) วิธีดำเนินการสอน (Instructional Procedures) ตลอดจนการติดตามผล และการประเมินผลพฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงออกมาเมื่อมีการเรียนการสอนแล้ว (Performance Assessment)

8. สื่อการเรียน คือ วัสดุอุปกรณ์และกิจกรรมการเรียนที่ครูและนักเรียนจะต้องกระทำเพื่อเป็นแนวทางในการเรียนรู้ ซึ่งครูจะต้องจัดทำขึ้นและจัดหาไว้ให้เรียบร้อย ถ้าสื่อการเรียนเป็นของที่ใหญ่โตหรือมีคุณค่าที่จะต้องจัดเตรียมมาก่อนจะต้องเขียนบอกไว้ให้ชัดเจนในคู่มือครูเกี่ยวกับการใช้ชุดการสอนว่าจะให้จัดหาได้ ณ ที่ใด

9. การประเมินผล คือ การตรวจสอบดูว่า หลังจากการเรียนการสอนแล้วได้มีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามที่จุดประสงค์การเรียนกำหนดไว้หรือไม่ การประเมินผลนี้จะใช้วิธีใดก็ตาม แต่จะต้องสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนที่เราตั้งไว้

10. การทดลองใช้ชุดการสอนเพื่อหาประสิทธิภาพ การหาประสิทธิภาพของชุดการสอนเพื่อปรับปรุงให้เหมาะสมควรนำไปทดลองใช้กับกลุ่มเล็ก ๆ ดูก่อนเพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องและแก้ไขปรับปรุงอย่างดีแล้วจึงนำไปทดลองใช้กับเด็กทั้งชั้นหรือกลุ่มใหญ่

ปรียา ตรีศาสตร์ (2530 : 44) กล่าวว่า ชุดการเรียนเป็นสื่อประสมที่มีความสมบูรณ์ในตัวเอง แต่ชุดการเรียนที่สร้างขึ้นจะมีประสิทธิภาพเชื่อถือได้หรือไม่ จำเป็นต้องเอาวิธีวิเคราะห์ระบบมาใช้ ซึ่งวิธีวิเคราะห์ระบบเป็นกระบวนการคิดอย่างมี เหตุผล เรียกว่า System Approach มีขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นปัญหาที่ต้องการแก้ไขนั้นคืออะไร
2. ขั้นกำหนดเป้าหมายเพื่อแก้ไขปัญหา โดยสามารถปฏิบัติหรือเห็นการกระทำได้
3. ขั้นการสร้างเครื่องมือ กระทำหลังการตั้งเป้าหมายแล้วเพื่อให้วัดได้ทุกระยะ
4. ขั้นการกำหนดทางเลือกหรือวิธีแก้ปัญหามา เพื่อใช้ดำเนินการให้บรรลุเป้าหมาย
5. ขั้นทดลอง เพื่อเลือกวิธีที่ดีที่สุดใช้หนทางไปสู่เป้าหมายที่ตั้งไว้
6. ขั้นวัดและประเมินผล โดยนำเครื่องมือที่สร้างขึ้นมาประเมินว่าสามารถใช้ปฏิบัติตามเป้าหมายได้หรือไม่เพียงใด เพื่อปรับปรุงแก้ไข

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช (2533 : 465) ได้เสนอขั้นตอนในการสร้างชุดการเรียนไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์เนื้อหา ได้แก่ การกำหนดหน่วย หัวเรื่อง และมโนคติ

ขั้นที่ 2 การวางแผน การวางแผนไว้ล่วงหน้า กำหนดรายละเอียด

ขั้นที่ 3 การผลิตสื่อการเรียน เป็นการผลิตสื่อประเภทต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ในแผน

ขั้นที่ 4 หาประสิทธิภาพ เป็นการประเมินคุณภาพของชุดการเรียนการสอนโดยนำไปทดลองใช้ปรับปรุงให้มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ชุดกิจกรรม เป็นสื่อประสมรูปแบบหนึ่งที่ใช้ในการฝึกเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะต่างๆ เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการทำงานกลุ่ม ซึ่งในการสร้างชุดกิจกรรมควรยึดหลักการดังนี้

1. มีกิจกรรมสอนให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและมีกิจกรรมฝึกทักษะตามกระบวนการที่นักเรียนได้เรียนไปแล้ว

2. เนื้อหาสาระและวิธีการในกิจกรรมควรสนองตอบความแตกต่างของนักเรียน

3. ชุดกิจกรรมแต่ละกิจกรรมควรมีลักษณะเบ็ดเสร็จในตัวเอง กล่าวคือ สามารถนำไปใช้สอนและฝึกในแต่ละครั้งโดยไม่จำเป็นต้องขึ้นอยู่กับการเรียนการสอนในครั้งอื่นๆ

4. ชุดกิจกรรมแต่ละกิจกรรมควรมีการจัดระบบในการนำไปใช้สอนให้เหมาะสมเพื่อช่วยให้เกิดการใช้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากสิ่งใดก็ตามที่ได้คิดขึ้นดีแล้ว แต่หากการนำไปใช้ไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ก็จะเป็นการทำให้เกิดผลเสียได้

จากกระบวนการสร้างชุดกิจกรรมพอสรุปได้ ดังนี้ ควรมีการวางแผน กำหนดเนื้อหา จุดมุ่งหมายสื่อการสอน กำหนดเวลาใช้กิจกรรม พร้อมทั้งมีการวัดประเมินผลแล้วทำการทดลองใช้เพื่อปรับปรุงข้อบกพร่อง ผู้วิจัยได้ประยุกต์ขั้นตอนในการสร้างตามแนวคิดของปรียา ตรีศาสตร์ และ วิชัย วงษ์ใหญ่ มาประยุกต์เข้าด้วยกันตามความเหมาะสมกับงานวิจัยในครั้งนี้

### 3.6 คุณประโยชน์และคุณค่าของชุดการเรียนรู้การสอนหรือชุดกิจกรรม

ได้นักการศึกษากล่าวถึงคุณประโยชน์ในการนำชุดการสอน ชุดการเรียนรู้ ชุดการเรียน การสอน หรือชุดกิจกรรมมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนไว้ดังนี้

ชม ภูมิภาค (2524 : 99 –100) และ วีระ ไทยพานิช (2529 : 137) ได้กล่าวถึงคุณค่าของชุดกิจกรรมสรุปได้ดังนี้

1. ช่วยให้ผู้ไม่ต้องเสียเวลาคิดค้นมาก ยังเป็นวิธีอบรมครูประจำการเรื่องการดำเนินการสอนได้อีกประการหนึ่ง

2. ช่วยให้นักเรียนรู้จุดมุ่งหมายของการเรียนชัดเจน ตลอดจนวิธีการที่จะบรรลุจุดมุ่งหมายนั้น เป็นการเพิ่มพูนการสนใจในการเรียน นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยการกระทำ

3. ในการบริหารการศึกษา ทำให้การศึกษาเป็นกระบวนการที่ตรวจสอบ สามารถตรวจสอบคุณภาพการศึกษา ตรวจสอบผลการปฏิบัติหน้าที่ของครูได้

4. ชุดกิจกรรมที่ดีต้องประกอบด้วยผลการเรียนรู้ทุกพิสัย คือ พุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย บรรดาสื่อก็ต้องมีหลายประเภท คือ ใช้สื่อประสมหลายอย่าง (Multimedia approach) เพื่อสนองความแตกต่างระหว่างบุคคล และเพิ่มพูนความสมบูรณ์ให้แก่การรับรู้

5. กำหนดบทบาทของครูและนักเรียนได้ชัดเจนว่าตอนใดใครจะทำอะไร อย่างไร ลดบทบาทในการกระทำของครูข้างเดียว นักเรียนได้กระทำ ทำให้เกิดการเรียนแบบ सकิริยา (Active learning)

6. เป็นขบวนการเรียนรู้ที่ครบถ้วนในช่วงเวลาที่กำหนด นักเรียนรู้ผลการกระทำของตนเอง เป็นการเสริมแรงการเรียนรู้ประการหนึ่ง

7. ชุดกิจกรรมเป็นกระบวนการที่ครบทั้งระบบ เริ่มตั้งแต่จุดมุ่งหมายขบวนการสอน และการประเมิน

8. ชุดกิจกรรมเกิดจากการนำเอาวิธีระบบเข้ามาใช้ ย่อมจะมีประสิทธิภาพเพราะได้ผ่านการทดลองหาประสิทธิภาพแล้ว โดยผู้ชำนาญทั้งเนื้อหาและวิธีการร่วมกันสร้างเป็นแม่แบบและสามารถจะขยายชุดกิจกรรมไปได้อีก

สัดทัด ภิบาลสุข และพิมพ์ใจ ภิบาลสุข (2525 : 199) ได้กล่าวถึงคุณค่าของชุดกิจกรรมที่มีต่อการเรียนการสอนไว้ ดังนี้

1. ช่วยสร้างความสนใจของผู้เรียนต่อสิ่งที่กำลังศึกษาอยู่ เพราะชุดกิจกรรมจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนของตนมากที่สุด

2. ผู้เรียนเป็นผู้ทำกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง และเรียนรู้ได้ตามความสามารถ ความสนใจ หรือความต้องการของตนเอง

3. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็น ฝึกการตัดสินใจแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง และมีความรับผิดชอบต่องานของตนเองและสังคม

4. ช่วยให้ผู้เรียนจำนวนมากได้รับความรู้แนวเดียวกัน

5. ทำให้การเรียนรู้เป็นอิสระจากอารมณ์ครู ชุดกิจกรรมสามารถทำให้ผู้เรียนเรียนได้ตลอดไม่ว่าผู้สอนจะมีสภาพหรือค้ำข้องทางอารมณ์มากน้อยเพียงใด

6. ช่วยให้การเรียนเป็นอิสระจากบุคลิกภาพของครู เนื่องจากชุดกิจกรรมช่วยถ่ายทอดเนื้อหาได้ ดังนั้น ครูที่พูดไม่เก่งก็สามารถสอนให้มีประสิทธิภาพได้

7. ช่วยให้ผู้วัดผลผู้เรียนได้ตรงตามจุดมุ่งหมาย

8. ช่วยลดภาระและสร้างความพร้อมและความมั่นใจให้แก่ครู เพราะชุดกิจกรรมผลิตไว้เป็นหมวดหมู่ สามารถนำไปใช้ได้ทันที

9. ช่วยขจัดปัญหาขาดแคลนผู้ชำนาญการ เพราะชุดกิจกรรมช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนด้วยตนเอง หรือต้องการความช่วยเหลือจากครูเพียงเล็กน้อย

10. ช่วยเสริมสร้างการเรียนรู้แบบต่อเนื่องหรือการศึกษานอกระบบ เพราะชุดกิจกรรมสามารถนำไปสอนผู้เรียนได้ทุกสถานที่ทุกเวลา

11. แก้ปัญหาความแตกต่างระหว่างบุคคล เพราะชุดกิจกรรมสามารถทำให้ผู้เรียนได้เรียนตามความสามารถ ความถนัด และความสนใจตามเวลาและโอกาสที่เอื้ออำนวยแก่ผู้เรียนซึ่งแตกต่างกัน

วสนา ชาวหา (2525 : 139 – 140) ได้กล่าวถึงคุณประโยชน์ของชุดกิจกรรมไว้ว่า

1. นักเรียนสามารถเรียนได้ตามลำพังเป็นกลุ่มหรือรายบุคคล โดยไม่ต้องอาศัยครูผู้สอนและปฏิบัติตามความสามารถของผู้เรียนในอัตราความเร็วของแต่ละคนโดยไม่ต้องกังวลตามเพื่อนไม่ทัน หรือต้องเสียเวลาคอยเพื่อน

2. นักเรียนสามารถนำไปเรียนที่ใดก็ได้ตามความสะดวก

3. แก้ปัญหาการขาดแคลนครูได้ เป็นบางโอกาสอาจใช้ชุดการเรียนนี้กับนักเรียนเนื่องจากครูไม่เพียงพอ หรือมีความจำเป็นมาสอนไม่ได้

4. ฝึกนักเรียนให้เรียนรู้โดยการกระทำที่นอกเหนือไปจากสภาพการณ์ในชั้นเรียนปกติที่ปฏิบัติอยู่เป็นประจำเป็นการสร้างประสบการณ์เรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนอย่างกว้างขวางและเป็นการเน้นกระบวนการเรียนรู้ (Process) มากกว่าเนื้อหา

5. มีการวัดผลของตนเองบ่อยๆ ทำให้นักเรียนรู้การกระทำของตนเอง และสร้างแรงจูงใจ

จากคุณค่าของชุดกิจกรรมดังกล่าว จึงสรุปได้ว่า ชุดกิจกรรมมีคุณค่ามาก คือ

1. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้ความสามารถตามความต้องการของตน ช่วยให้ทุกคนประสบผลสำเร็จในการเรียนรู้ทั้งสิ้น ตามอัตราการเรียนรู้ของผู้นั้น

2. ฝึกการตัดสินใจแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ฝึกปฏิบัติจริง และทำให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม มีการทำงานร่วมกันอย่างมีระบบ สามารถทราบผลการเรียนรู้ของตนเองได้โดยระบบการตรวจสอบของเครื่องมือที่กำหนดไว้จนเกิดความพึงพอใจในการเรียน

3. ช่วยให้ผู้สอนสามารถถ่ายทอดเนื้อหาและประสบการณ์ที่ซับซ้อนและมีลักษณะเป็นนามธรรมสูง ซึ่งไม่สามารถถ่ายทอดด้วยการบรรยายได้ดี

4. ทำให้การเรียนรู้เป็นอิสระจากอารมณ์และบุคลิกภาพของครูผู้สอน

5. ช่วยสร้างความพร้อมและความมั่นใจให้กับผู้สอน

6. ได้รับความสนใจของผู้เรียน ไม่ทำให้เกิดความเบื่อหน่ายในการเรียน

7. ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์เพื่อให้เกิดการพัฒนาในทุกๆ ด้าน

สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำวิธีการต่างๆ มาประยุกต์รวมกัน เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่องเทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

#### 4. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับทักษะภาคปฏิบัติ

##### 4.1 ความหมายของทักษะภาคปฏิบัติ

ความสามารถด้านทักษะปฏิบัตินับว่ามีความสำคัญต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพราะเป็นทักษะพื้นฐานที่สามารถนำไปใช้ในการแสวงหาความรู้ต่อไปได้เป็นอย่างดี จึงจำเป็นต้องพัฒนาความสามารถด้านทักษะปฏิบัติให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียน เพราะจะเป็นส่วนสำคัญในการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ ได้มีนักการศึกษาให้ความหมายของทักษะภาคปฏิบัติไว้มากมาย ซึ่งสรุปได้ดังนี้

สวัธัมภ์ นิยมคำ (2531 : 299 — 300) กล่าวถึงทักษะปฏิบัติเป็นความสามารถในการใช้วิธีจะเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ เข้าไปปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ความสามารถด้านนี้พูดง่าย ๆ คือ ความสามารถทางกาย เช่น ทักษะในการเขียน (เขียนเร็ว เขียนคล่องแคล่ว และเขียนถูกต้อง) ทักษะในการพิมพ์ดีด (พิมพ์เร็ว พิมพ์คล่อง และพิมพ์ถูกต้อง) ทักษะในการติดตั้งเครื่องมือ ทักษะในการใช้เครื่องมือ ทักษะในการทำการทดลอง เป็นต้น

วัฒนาพร ระบับทุภักข์ (2542 : 55) ได้กล่าวถึงความสามารถในทางปฏิบัติว่าเป็นสมรรถภาพที่มุ่งเน้นไปที่การกระทำ การปฏิบัติงานหรือภารกิจหน้าที่ด้วยการใช้สติปัญญา ความรอบรู้ ความเฉลียวฉลาด ความสุขุมรอบคอบ ตามขีดความสามารถและศักยภาพแต่ละบุคคลที่มีอยู่ได้อย่างคล่องแคล่ว ชำนาญ การบังคับควบคุมให้เป็นไปตามที่ต้องการ การจัดการ การบริหารงาน ในรูปของผลงานและผลผลิต ซึ่งความสามารถของผู้เรียนทั้งหมดต้องอยู่ภายใต้สถานการณ์และเงื่อนไขที่สอดคล้องกับสภาพจริงมากที่สุด

ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 82) ได้กล่าวถึง พฤติกรรมด้านทักษะปฏิบัติ หมายถึง พฤติกรรมเกี่ยวกับกลไกและการปฏิบัติซึ่งมุ่งผลที่ความคล่องแคล่วและชำนาญ

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้นพอสรุปได้ว่า ทักษะภาคปฏิบัติ หมายถึง พฤติกรรมเชิงความสามารถของผู้เรียนที่แสดงออกได้โดยตรงจากการทำปฏิบัติการทดลอง ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของการวางแผน การดำเนินการ การตัดสินใจ หรือการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ได้อย่างคล่องแคล่ว ชำนาญ สำเร็จลุล่วงด้วยดีตามเวลาที่กำหนด

##### 4.2 โครงสร้างของพฤติกรรมกรรมการทำการทดลอง

ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 87 — 88; อ้างถึง สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2538 : 25) ได้กล่าวถึงทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับผู้เรียนไว้ดังนี้

ทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของผู้เรียนที่เป็นเป้าหมายหลักของการวัดผล มักเป็นพฤติกรรมที่เกี่ยวกับการทำการทดลอง ซึ่งพฤติกรรมที่เกี่ยวกับการทำการทดลองนี้ กำหนดกรอบพฤติกรรมที่ต่อเนื่องกันไว้ 3 ด้าน ดังนี้

1. การวางแผนการทดลอง
2. การปฏิบัติการทดลอง
3. การจัดทำรายงานการทดลอง

กรอบพฤติกรรมในด้านทักษะการทดลองตามขอบเขตดังกล่าวมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การวางแผนการทดลอง

การวางแผนการทดลองประกอบด้วยพฤติกรรมหรือตัวชี้วัดที่ต้องพิจารณาดังนี้

- 1.1 มีการปรึกษาหารือ (กับผู้เกี่ยวข้อง) เพื่อทำความเข้าใจในขั้นตอนการทดลอง
- 1.2 มีการวางแผนการทดลองได้อย่างเหมาะสม

- 1.3 มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบให้กับผู้ร่วมการทดลองอย่างเหมาะสมและชัดเจน  
 1.4 มีความสามารถในการปรับปรุงแนวทางการทำการทดลองอย่างเหมาะสมแก้ปัญหา  
 ที่เกี่ยวข้อง

## 2. การปฏิบัติการทดลอง

การปฏิบัติการทดลองมีขอบเขตครอบคลุมพฤติกรรมหลัก 3 ด้าน คือ 1) ด้านเทคนิคการทดลอง 2) ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง และ 3) ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ แต่ละด้านมีรายการพฤติกรรมย่อย ดังนี้

- 2.1 ด้านเทคนิคการทดลอง พฤติกรรมย่อยในด้านนี้ประกอบด้วย
  - 2.1.1 ดำเนินการทดลองอย่างถูกวิธี เป็นขั้นตอนไม่สับสน
  - 2.1.2 ใช้อุปกรณ์ต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง
  - 2.1.3 อ่านค่าและตรวจสอบความได้ถูกต้อง
  - 2.1.4 ใช้เทคนิคย่อยในการทดลองได้ถูกต้อง
  - 2.1.5 ทำการทดลองอย่างระมัดระวังและปลอดภัย
- 2.2 ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง พฤติกรรมย่อยในด้านนี้ประกอบด้วย
  - 2.2.1 ปฏิบัติการทดลองอย่างคล่องแคล่วและถูกต้องสมบูรณ์
  - 2.2.2 มีความเชื่อมั่นในขณะปฏิบัติการ
  - 2.2.3 ทำการทดลองได้ทันเวลาที่กำหนด
- 2.3 ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ พฤติกรรมย่อยในด้านนี้ประกอบด้วย
  - 2.3.1 จัดพื้นที่สำหรับการทดลองเรียบร้อยเหมาะสมและเพียงพอ
  - 2.3.2 จัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ให้ได้สะดวกขณะทดลอง
  - 2.3.3 เก็บเครื่องชั่งและตะเกียงแอลกอฮอล์ได้ถูกวิธี
  - 2.3.4 ทำความสะอาดพื้นที่และอุปกรณ์ได้อย่างสะอาดและเรียบร้อย
3. การจัดทำรายงาน พิจารณาความถูกต้อง สมบูรณ์ของเนื้อหาสาระตามหัวข้อต่อไปนี้
  - 3.1 ชื่อการทดลองหรือปัญหาที่ศึกษา
  - 3.2 สมมติฐาน
  - 3.3 ตัวแปรที่ศึกษา
  - 3.4 อุปกรณ์ / สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง
  - 3.5 วิธีทดลอง
  - 3.6 การบันทึกผลการทดลอง
  - 3.7 การจัดกระทำกับข้อมูลและการนำเสนอข้อมูล
  - 3.8 การอภิปรายและสรุปผลการทดลอง
  - 3.9 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ
  - 3.10 เอกสารอ้างอิง

ตามกรอบพฤติกรรมด้านทักษะการทดลองข้างต้น สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้กำหนดสัดส่วนการให้คะแนนไว้ด้วย กล่าวคือ

1. การวางแผนการทดลอง มีคะแนนร้อยละ 40 ของคะแนนเต็ม
2. การปฏิบัติการทดลอง มีคะแนนร้อยละ 40 ของคะแนนเต็ม

3. การจัดทำรายงานการทดลอง มีคะแนนร้อยละ 20 ของคะแนนเต็ม

(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2538 : 25 – 27)

สรุปได้ว่าโครงสร้างของพฤติกรรมกรรมการทำการทดลอง คือ พฤติกรรมที่แสดงออกในขณะที่ทำการทดลองซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรม 3 ด้าน ได้แก่ การวางแผนการทดลอง การปฏิบัติการทดลอง การจัดทำรายงานการทดลอง

#### 4.3 การประเมินผลการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติ

การวัดทักษะการปฏิบัติเป็นการให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงด้วย การสาธิต ทดลอง เครื่องมือที่นำมาใช้ในการวัดทักษะการปฏิบัติมี 2 อย่าง ได้แก่

1. ข้อทดสอบให้ปฏิบัติการ โดยครูให้นักเรียนทำการปฏิบัติอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง เช่น ให้ทำการทดลองเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ให้สาธิตการติดตั้งเครื่องมือให้ดู เป็นต้น

2. แบบสังเกตพฤติกรรมขณะปฏิบัติการ จะช่วยให้ครูทราบว่านักเรียนได้มีทักษะการปฏิบัติมากน้อยเพียงไร ซึ่งจะรู้อย่างรวดเร็วได้จากการสังเกตการปฏิบัติของนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมเป็นเครื่องมือตามลักษณะของการปฏิบัติการ

ภพ เลหาไพบุลย์ (2534 : 311-315) ได้กล่าวถึงวิธีการประเมินพฤติกรรมด้านปฏิบัติการไว้ดังนี้

1. การสังเกตพฤติกรรมขณะปฏิบัติการ ควรสังเกตพฤติกรรมต่างๆ คือ

1.1 ทักษะการปฏิบัติ เป็นการประเมินความสามารถของนักเรียนในด้าน เทคนิคการทดลอง การดำเนินการทดลอง ความคล่องแคล่ว และความมีระเบียบในการทดลอง

1.2 สังเกตผลการทดลอง เป็นการสังเกตวัสดุอุปกรณ์เครื่องมือ และผลการทดลอง

1.3 การแก้ปัญหา เป็นการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาในภาคปฏิบัติ การแก้ไขปรับปรุงวิธีการหรือปัญหาต่างๆ ที่พบได้อย่างเหมาะสม

2. การตรวจจากรายงานผลการปฏิบัติการ โดยตรวจจากรายงานผลปฏิบัติการ เช่น การสังเกตและใช้บันทึก การจัดกระทำและนำเสนอข้อมูล การแปลความหมายข้อมูล และการสรุปความถูกต้องของผลการทดลอง เป็นต้น

3. การสอบภาคปฏิบัติ ในการสอบภาคปฏิบัติ ครูอาจเลือกกิจกรรมและการทดลองที่นักเรียนเคยทำการทดลองแล้วในชั้นเรียนหรืออาจกำหนดการทดลองใหม่ ซึ่งนักเรียนไม่เคยทำการทดลองมาก่อน เพื่อเน้นการแก้ปัญหา สังเกตว่านักเรียนจะสามารถออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลอง และได้ผลการทดลองถูกต้องเพียงใด

ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 89 - 91) ได้กล่าวถึงการประเมินผลการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติไว้ดังนี้

การประเมินผลการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติที่นิยมใช้มีอยู่ 3 วิธี ได้แก่

1. การสังเกตและบันทึก

2. รายงานการทดลอง

3. การทดสอบ

1. การสังเกตและการบันทึก หมายถึง การติดตามดูการกระทำอย่างใกล้ชิด เพื่อให้ได้ข้อมูลการกระทำต่างๆ การสังเกตที่ดีจะต้องมีการวางแผน มีวัตถุประสงค์ และมีการบันทึกผลการสังเกตไว้เป็นหลักฐาน

การบันทึกผลการสังเกต อาจกระทำได้หลายวิธี ในการนี้กรอนแลนด์ (Gronlund. 1985 : 384) ได้แนะนำไว้ 3 วิธี ดังนี้

### 1.1 การบันทึกย่อ (Anecdotal records)

การบันทึกย่อเป็นการบันทึกพฤติกรรมของผู้เรียนที่ผู้สอนเห็นว่ามีความสำคัญควรแก่การบันทึก ไม่มีการกำหนดแบบฟอร์มที่ตายตัว ผู้บันทึกสามารถคิดแบบฟอร์มขึ้นใช้เองได้ตามความเหมาะสม

### 1.2 การจัดอันดับคุณภาพ (Rating scales)

การจัดอันดับคุณภาพเป็นการบันทึกข้อมูล 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นพฤติกรรมและส่วนที่เป็นมาตราบอกระดับของการกระทำ (Scale) การบันทึกแบบนี้อาจกระทำได้หลายรูปแบบ เช่น การจัดอันดับแบบตัวเลข แบบกราฟ และแบบบรรยาย เป็นต้น

### 1.3 แบบตรวจสอบ (Checklist)

แบบตรวจสอบเป็นแบบบันทึกการสังเกตที่ประกอบด้วยส่วนของรายการของพฤติกรรมและส่วนที่ให้ผู้สังเกตบันทึกผล แบบบันทึกในลักษณะดังกล่าวเหมาะสำหรับการพิจารณาว่าการกระทำหรือพฤติกรรมต่างๆ ของผู้เรียนเกิดขึ้นตามรายการที่กำหนดไว้หรือไม่ แต่ไม่ได้บอกถึงคุณภาพหรือความถี่ของพฤติกรรมที่เกิดขึ้น เช่น ในส่วนของพฤติกรรมกรรมการทำการทดลอง หากใช้โครงสร้างตามที่ได้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแนะนำไว้ ก็ควรครอบคลุมพฤติกรรมทั้ง 3 ด้าน คือ 1) การวางแผนการทดลอง 2) การปฏิบัติการทดลอง และ 3) การจัดทำรายงาน

## 2. รายงานการทดลอง

รายงานการทดลอง คือ เอกสารที่ผู้เรียนเรียบเรียงขึ้นโดยประมวลข้อมูลจากการทำการทดลอง และจากเอกสารอ้างอิงที่ใช้ค้นคว้า

ในการเขียนรายงานการทดลองนิยมเขียนโดยกล่าวถึงข้อมูลที่เป็นไปตามหัวข้อที่กำหนดซึ่งผู้เรียนอาจทำรายงานการทดลองเป็นกลุ่มหรือเป็นรายบุคคลก็ได้ทั้งนี้ตามที่ผู้สอนกำหนด โดยทั่วไปสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษานิยมให้จัดทำรายงานเป็นกลุ่ม ส่วนในระดับอุดมศึกษานิยมให้จัดทำเป็นรายบุคคล

เนื่องจากโดยธรรมชาติของการรายงานการทดลอง ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ต้องกระทำควบคู่กับการปฏิบัติการทดลอง และผู้เรียนจะเสนอรายงานต่อผู้สอนในลักษณะทยอยส่งตามลำดับของบทปฏิบัติการนั้น เป็นการเอื้ออำนวยให้ผู้สอนได้ใช้ประโยชน์จากการตรวจรายงานเพื่อการประเมินผลแบบปรับปรุง (Formative evaluation) ได้อย่างเต็มที่

## 3. การทดสอบ

การทดสอบเป็นวิธีการอีกวิธีหนึ่งที่สามารถนำมาใช้วัดผลการเรียนด้านทักษะปฏิบัติหรือทักษะการทำการทดลองทางวิทยาศาสตร์ได้ การทดสอบมีอยู่หลายแบบแต่ที่นิยมใช้ในการวัดทักษะปฏิบัติ ได้แก่ การทดสอบภาคปฏิบัติ (Performance test) และการทดสอบข้อเขียน (Paper – pencil test) การทดสอบทั้ง 2 แบบนี้มีรายละเอียดที่ควรทราบในการนำมาใช้วัดผลการเรียนด้านทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

### 3.1 การทดสอบภาคปฏิบัติ

การทดสอบภาคปฏิบัติเป็นการทดสอบที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้กระทำจริง เพื่อให้ผู้สอนพิจารณาความสามารถในเรื่องต่างๆ ที่กำหนดไว้ในจุดประสงค์การเรียนรู้ แต่เนื่องจากการทดสอบภาคปฏิบัติเป็นกิจกรรมที่ใช้เวลามาก ดังนั้นจึงนิยมกระทำกับพฤติกรรมที่สำคัญจริงๆ โดยการกำหนดสถานการณ์หรือปัญหาขึ้นแล้วให้ผู้เรียนปฏิบัติหรือแก้ปัญหา

อย่างไรก็ตาม ในการทดสอบภาคปฏิบัติหากเป็นทักษะที่เกี่ยวข้องกับความรอบคอบ เพื่อป้องกันอุบัติเหตุจากกรณีต่างๆ เช่น อุบัติเหตุจากไฟไหม้ อุบัติเหตุจากสารเคมี อุบัติเหตุจากการระเบิด อุบัติเหตุจากการถูกของมีคมบาด และอุบัติเหตุจากกระแสไฟฟ้าลัดวงจร ฯลฯ ก็ควรนำมาใช้เป็นประเด็นในการทดสอบภาคปฏิบัติด้วย

### 3.2 การทดสอบข้อเขียน

การทดสอบข้อเขียนสำหรับพฤติกรรมด้านทักษะปฏิบัติมีลักษณะเช่นเดียวกับการทดสอบพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย กล่าวคือ ผู้สร้างแบบทดสอบอาจเลือกใช้รูปแบบใด ๆ ก็ได้ตามความเหมาะสม เช่น อาจใช้การทดสอบแบบความเรียง (อัตนัย) โดยให้ผู้เรียนเขียนอธิบายขั้นตอนในการทดลองหรือขั้นตอนในการใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือ รวมทั้งข้อควรระวังในกรณีต่างๆ เป็นต้น หรืออาจใช้การทดสอบแบบปรนัยชนิดต่างๆ ก็ได้ ทั้งนี้มีข้อสังเกตที่สำคัญว่า การทดสอบข้อเขียนเหมาะสำหรับใช้กับผู้เข้าสอบจำนวนมากที่เข้าสอบในคราวเดียวกัน แต่มีข้อจำกัดที่ไม่สามารถวัดพฤติกรรมเชิง “การกระทำ” ที่แท้จริงได้

สรุปได้ว่า การประเมินผลการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติ สามารถประเมินได้โดยการสังเกตและการบันทึก รายงานผลการทดลอง การทดสอบ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้วัดทักษะการปฏิบัติการทดลองของผู้เรียนโดยใช้แบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง โดยประเมินจากสภาพจริง อิงเกณฑ์ Rubric เป็นแบบประเมินค่า 4 อันดับ ประเมินพฤติกรรม 2 ด้าน คือ

1. การวางแผนการทดลอง
2. การปฏิบัติการทดลอง
  - 2.1 เทคนิคการทดลอง
  - 2.2 ความคล่องแคล่วในการทดลอง
  - 2.3 ความสะอาดและความเป็นระเบียบ

1) การวางแผนการทดลอง หมายถึง นักเรียนมีการปรึกษาหารือกันก่อนทำงาน มีการวางแผนการทดลองได้อย่างเหมาะสม สมาชิกในกลุ่มมีหน้าที่และทำตามหน้าที่ทุกคน มีการจัดเตรียมอุปกรณ์พร้อมและเหมาะสมก่อนปฏิบัติงาน

#### 2) การปฏิบัติการทดลอง

2.1 เทคนิคการทดลอง หมายถึง นักเรียนมีการดำเนินการทดลองอย่างถูกวิธี เป็นขั้นตอน ไม่สับสน สามารถใช้วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง ทำการทดลองอย่างระมัดระวัง และมีความปลอดภัย

2.2 ความคล่องแคล่วในการทดลอง หมายถึง นักเรียนสามารถปฏิบัติการทดลองด้วยความคล่องแคล่วว่องไว มีความมั่นใจในการปฏิบัติงาน ขณะปฏิบัติงานมีการให้ความช่วยเหลือกัน และทำการทดลองได้ทันเวลาที่กำหนด

2.3 ความสะอาดและความเป็นระเบียบ หมายถึง นักเรียนทำงานเป็นระเบียบเรียบร้อยจัดพื้นที่ จัดตั้งเครื่องมือสำหรับการทดลองเรียบร้อยเหมาะสม เก็บล้างวัสดุอุปกรณ์ สะอาด เป็นระเบียบหลังเลิกปฏิบัติงาน

สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการวัดทักษะการปฏิบัติการทดลองโดยวัดกระบวนการทำงาน กลุ่มจึงได้นำมากล่าวไว้ ณ ที่นี้ด้วย

#### 4.4 ความหมายของกลุ่ม

คำว่า “กลุ่ม” (Group) มีผู้ให้ความหมายมากมายตามทัศนะของแต่ละคนและขึ้นอยู่กับการเน้นลักษณะที่สำคัญต่างๆ ของการรวมตัวเป็นกลุ่ม มีผู้ให้ความหมายไว้ดังนี้

กัลลี (Gulley. 1960 : 62-63) กล่าวว่า กลุ่มควรประกอบด้วยคุณลักษณะ 3 ประการ คือ

1. มีวัตถุประสงค์ร่วมกันโดยวัตถุประสงค์นั้นต้องสนองความต้องการของสมาชิกภายในกลุ่ม
2. สมาชิกทุกคนในกลุ่มให้ความร่วมมือในการทำงาน
3. สมาชิกทุกคนมีการสื่อสารทางวาจาหรืออย่างใดอย่างหนึ่งระหว่างสมาชิกในกลุ่ม

เดวิส (Davis. 1962 : 405) กล่าวว่า กลุ่มหมายถึงบุคคลตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป มีปฏิสัมพันธ์กันโดยมีเป้าหมายร่วมกันอย่างเห็นได้ชัด

เพจและโทมัส (Page and Thomas. 1997 : 152) กล่าวว่า กลุ่มหมายถึงบุคคลจำนวนหนึ่งในสังคมที่อาศัยอยู่ด้วยกันหรือแยกกันอยู่ เป็นผู้ที่มีความสำคัญเกี่ยวข้องกันในลักษณะที่มีจุดมุ่งหมายเดียวกันและให้ความสำคัญต่อกัน

ฉลอง ภิมรัตน์ (2521 : 1-3) กล่าวว่า กลุ่มหมายถึง การที่บุคคลตั้งแต่ 2 คนขึ้นไปมาอยู่รวมกัน สนใจประพฤติปฏิบัติในสิ่งที่เป็ปทัสถานและจุดมุ่งหมายร่วมกัน ลักษณะร่วมกันของการรวมกลุ่มมี 3 ประเภท คือ

1. มีเป้าหมายร่วมกัน (Common Goal)
2. มีปฏิสัมพันธ์กัน (Interaction)
3. มีการปฏิบัติในบทบาทร่วมกัน (Common Role)

พรรณพิศ วาณิชยการ (2528 : 135) กล่าวว่า กลุ่มหมายถึง การรวมตัวกันในสถานที่แห่งใดแห่งหนึ่ง และการรวมตัวกันของบุคคลดังกล่าวจะต้องมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันเกิดขึ้น และมีการปฏิบัติในลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่ง

สมทรง ไชยวัต (2538 : 12) กล่าวว่า กลุ่มหมายถึง บุคคลตั้งแต่ 2 คนขึ้นไปมีปฏิสัมพันธ์กันในช่วงระยะเวลาหนึ่ง โดยมีจุดมุ่งหมายเดียวกัน มีการทำงานร่วมกันรับผิดชอบร่วมกันและให้ความช่วยเหลือซึ่งกันและกันเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายนั้น

ดังนั้น อาจกล่าวสรุปความหมายของคำว่า “กลุ่ม” ได้ว่า กลุ่มหมายถึง การที่บุคคลตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป มีจุดมุ่งหมายอย่างเดียวกัน คอยช่วยเหลือซึ่งกันและกันตลอดจนช่วยกันรับผิดชอบงานเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้และได้ผลประโยชน์ร่วมกันทั้งในตัวบุคคลและกลุ่ม

#### 4.5 กระบวนการกลุ่มในวงการศึกษา

จอห์น ดิวอี้ (John Dewey) (สุพล บุญทรง. 2523 : 8) กล่าวว่า โรงเรียนควรมีหน้าที่ในการเตรียมเด็กให้สามารถเผชิญชีวิตในสังคมได้ มิใช่เพียงแต่มีหน้าที่ถ่ายทอดความรู้เท่านั้นและจากหลักการที่สำคัญคือ “เรียนโดยการกระทำ” (Learning by doing) ได้กลายมาเป็นหลักการสำคัญของกระบวนการกลุ่มเพื่อการเรียนรู้ การรวมกลุ่มเพื่อทำงาน การจัดกิจกรรมเสริมหลักสูตร และการให้ผู้เรียนปกครองกันเอง กระบวนการกลุ่มช่วยให้ครูผู้สอนส่งเสริมให้ผู้เรียนในการฝึกทักษะการทำงานร่วมกันทั้งการมีมนุษย์สัมพันธ์ที่ดีในกลุ่ม

#### 4.6 หลักการและแนวคิดทฤษฎีกระบวนการกลุ่ม

ดอยช์ (Deutsch. 1962 : 275-319) กล่าวว่า หลักการและแนวคิดทฤษฎีกระบวนการกลุ่มคือ แนวคิดในทฤษฎีสนาม (Field Theory) ของเคิร์ต เลวิน (Kurt Levin) ซึ่งกล่าวว่า พฤติกรรมของ

มนุษย์เป็นผลของความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและสิ่งแวดล้อม กล่าวคือ พฤติกรรมของคนคนหนึ่งมีลักษณะส่วนตัวของเขา ได้แก่ พฤติกรรม ความสามารถ บุคลิกภาพ สุขภาพและสถานการณ์ทางสังคมที่คนนั้นรับรู้แนวคิดดังกล่าว

#### 4.7 หลักการเรียนรู้แบบกระบวนการกลุ่ม

หลักการเรียนรู้แบบกระบวนการกลุ่มมีหลักการที่สำคัญดังนี้

1. การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดจากแรงความรู้ที่หลากหลาย
2. การเรียนรู้ควรเป็นกระบวนการที่สร้างสรรค์บรรยากาศการทำงานกลุ่ม ทำให้ผู้เรียนมีอิสระในการแสดงความรู้สึกรู้สึกนึกคิด มีบทบาทรับผิดชอบต่อการเรียนรู้
3. การเรียนรู้ควรเป็นกระบวนการที่ผู้เรียนค้นพบด้วยตนเอง
4. การเรียนรู้กระบวนการเรียนรู้เป็นเครื่องมือที่ใช้การแสวงหาความรู้ต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตทุกด้านของผู้เรียน

แนวคิดทฤษฎีพื้นฐานของการเรียนแบบกระบวนการกลุ่ม

1. พฤติกรรมของบุคคลเป็นผลมาจากความสัมพันธ์ของสมาชิกในกลุ่ม
2. โครงสร้างของกลุ่มจะเกิดจากการรวมกลุ่มของบุคคลที่มีลักษณะแตกต่างกัน
3. การรวมกลุ่มจะเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกในกลุ่มในด้านการกระทำ (Action) ความรู้สึก (Feeling) และความคิด (Thinking)
4. สมาชิกกลุ่มจะมีการปรับตัวเข้าหากันและจะพยายามช่วยกันทำงาน โดยอาศัยความสามารถของแต่ละบุคคล ซึ่งจะทำให้การปฏิบัติงานลุล่วงไปได้ตามเป้าหมายของกลุ่ม

จากหลักการและแนวคิดทฤษฎีกระบวนการกลุ่ม สรุปได้ว่าการพัฒนาผู้เรียนให้เกิดความสามารถในการเรียนรู้ได้นั้น ควรเปิดโอกาสและจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้ผู้เรียนได้มีส่วนรับผิดชอบและทำงานร่วมกันกับผู้อื่น เพื่อทำให้ผู้เรียนพัฒนาตนเองในด้านการแสวงหาความรู้ และการปรับตนเองให้อยู่ได้ในสังคมปัจจุบัน

#### 4.8 หลักการสอนแบบกระบวนการกลุ่ม

การเรียนการสอนแบบกระบวนการกลุ่ม หมายถึง ประสบการณ์ทางการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้รับจากการลงมือร่วมปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม กลุ่มจะมีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ของแต่ละคน แต่ละคนในกลุ่มมีอิทธิพลและมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันและกัน หลักการสอนโดยวิธีกระบวนการกลุ่มมีหลักการจัดการเรียนการสอน ดังนี้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2540)

1. เป็นการเรียนการสอนที่ยึดนักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนโดยให้ผู้เรียนทุกคนมีโอกาสเข้าร่วมกิจกรรมให้มากที่สุด
2. เป็นการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้จากกลุ่มให้มากที่สุด กลุ่มจะเป็นแหล่งการเรียนรู้สำคัญ ที่ฝึกให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจ และสามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้
3. เป็นการสอนที่ยึดหลักการค้นพบ และสร้างสรรค์ความรู้ด้วยตนเอง
4. เป็นการสอนที่ให้ความสำคัญของกระบวนการเรียนรู้

จากหลักการสอนแบบกระบวนการกลุ่มกล่าวได้ว่า เป็นหลักการที่ให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการเรียนรู้เพื่อแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง และผู้เรียนยังได้พัฒนาทักษะทางสังคม โดยครูผู้สอนจะต้องให้ความสำคัญของกระบวนการแสวงหาคำตอบ ไม่ใช่มุ่งหาคำตอบโดยไม่คำนึงถึงกระบวนการและวิธีที่ได้มาซึ่งคำตอบ

#### 4.9 การแบ่งกลุ่มและขนาดของกลุ่ม

##### การแบ่งกลุ่ม

การแบ่งกลุ่มเพื่อให้นักเรียนปฏิบัติงานร่วมกัน ผู้สอนอาจแบ่งกลุ่มโดยคำนึงถึงวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนการสอนดังนี้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2534 : 230)

1. แบ่งตามเพศ ใช้ในกรณีที่ครูมีวัตถุประสงค์ที่ชี้เฉพาะเจาะจง
2. แบ่งตามความสามารถ ใช้ในกรณีที่ต้องการศึกษาความแตกต่างในการทำงานระหว่างกลุ่มที่มีความสามารถสูงและต่ำ
3. แบ่งกลุ่มตามความถนัด โดยแบ่งกลุ่มที่มีความถนัดในเรื่องเดียวกันไว้ด้วยกัน
4. แบ่งกลุ่มตามความสนใจ โดยให้สมาชิกเลือกเข้ากลุ่มกับตนเองตามความพอใจ
5. แบ่งกลุ่มแบบเจาะจง ให้เด็กเรียนเก่งอยู่กับเด็กที่เรียนอ่อน เพื่อให้เด็กที่เรียนเก่งช่วยเหลือเด็กที่เรียนอ่อน หรือให้เด็กปรับตัวเข้าหากัน
6. แบ่งกลุ่มโดยการสุ่ม ไม่เป็นการเจาะจงว่าใครอยู่กับใคร
7. แบ่งกลุ่มตามประสบการณ์ คือการรวมกลุ่มโดยพิจารณาเด็กที่มีประสบการณ์คล้ายคลึงกันมาอยู่ด้วยกันเพื่อประโยชน์ในการช่วยกันวิเคราะห์ หรือแก้ปัญหาใดปัญหาหนึ่ง

##### ขนาดของกลุ่ม

กลุ่มแต่ละกลุ่มจะมีจำนวนสมาชิกมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอน เนื้อหาวิชาและความยากง่ายของงานที่มอบหมาย โดยทั่วไปกลุ่มที่ใช้ในการเรียนการสอนจะมีจำนวนสมาชิกประมาณ 5-8 คน และถ้าเป็นกลุ่มขนาดใหญ่จะมีสมาชิกประมาณ 12-15 คน

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยจัดแบ่งผู้เรียนออกเป็นกลุ่มโดยวิธีสุ่ม กลุ่มละ 5 คน ตลอดการเรียนการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่องเทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์

#### 4.10 ลักษณะสำคัญของการเรียนแบบกลุ่ม

ชีพร ดปนิยากร (2538 : 9-10) ได้กล่าวว่าลักษณะสำคัญของการเรียนแบบร่วมมือหรือกระบวนการกลุ่ม (Cooperative Learning) มีดังนี้

1. สมาชิกกลุ่มมีความรับผิดชอบต่อกัน
2. สมาชิกกลุ่มมีความสัมพันธ์ต่อกัน
3. สมาชิกแต่ละคนมีความรับผิดชอบในตัวเองต่องานที่ได้รับมอบหมาย
4. สมาชิกกลุ่มมีทักษะการทำงานกลุ่ม และมีมนุษยสัมพันธ์ที่ดี

#### 4.11 องค์ประกอบของการจัดการเรียนการสอนแบบกระบวนการกลุ่ม

สัจจันต์ วิทวธีรานนท์ (2536 : 231-232) กล่าวว่า องค์ประกอบของการจัดการเรียนการสอนแบบให้นักเรียนเกิดความร่วมมือมีดังต่อไปนี้

1. สร้างความรู้สึกพึ่งพากันให้เกิดขึ้นในกลุ่มผู้เรียน
2. จัดให้มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียน
3. จัดให้มีการรับผิดชอบในส่วนบุคคล
4. ให้ความรู้เกี่ยวกับทักษะสังคม
5. จัดให้มีกระบวนการกลุ่ม

#### 4.12 รูปแบบและขั้นตอนการสอนแบบกระบวนการกลุ่ม

สัจจันต์ วิทวธีรานนท์ (2537 : 265-267) ได้รวบรวมรูปแบบและขั้นตอนการสอนแบบกระบวนการกลุ่มไว้ดังนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้การสอนให้ชัดเจน ประกอบด้วยวัตถุประสงค์เชิงเนื้อหา วิชาการ และวัตถุประสงค์ที่เกี่ยวกับทักษะความร่วมมือ
2. การวางแผนการสอนประกอบด้วย การกำหนดขนาดกลุ่ม กำหนดจำนวนผู้เรียนในลักษณะหลากหลาย (Heterogeneous Group) โดยเลือกจากการสุ่ม
3. กำหนดสื่อการสอนที่ส่งเสริมการพึ่งพากันระหว่างสมาชิกภายในกลุ่ม
4. กำหนดบทบาทของสมาชิกในแต่ละกลุ่ม เพื่อช่วยให้ผู้เรียนพึ่งพากันโดยผู้สอนอาจกำหนดบทบาทของสมาชิกในแต่ละกลุ่ม เพื่อช่วยส่งเสริมความร่วมมือระหว่างผู้เรียน
5. อธิบายเกี่ยวกับงานที่มอบหมายให้ผู้เรียนเข้าใจเพื่อเชื่อมโยงประสบการณ์เดิม
6. อธิบายเป้าหมาย บทบาท เกณฑ์ประเมิน รวมทั้งชี้แจงและแนะแนวเกี่ยวกับพฤติกรรมความร่วมมือให้ชัดเจน
7. ผู้สอนควรติดตามช่วยเหลือ สอนทักษะการร่วมมือและควรช่วยดำเนินการสรุปบทเรียน ทบทวนโมเดลและทักษะต่างๆ และให้แรงเสริมในการทำงาน
8. การประเมินผล ผู้สอนควรประเมินปริมาณและคุณภาพการเรียนรู้ ผู้เรียนประเมินกระบวนการทำงานกลุ่ม เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงการทำงานในคราวต่อไป

#### 4.13 ประโยชน์ที่ผู้เรียนได้รับจากการทำงานเป็นกลุ่ม

ประโยชน์ที่ผู้เรียนได้รับเมื่อผู้สอนจัดสภาพการเรียนรู้การสอน โดยยึดลักษณะการให้ผู้เรียนทำงานเป็นกลุ่มมี ดังนี้ (สัจจันต์ วิทวธีรานนท์, 2536 : 224-227)

1. เป็นการฝึกให้ผู้เรียนรู้จักการทำงานร่วมกับผู้อื่น ทำให้เกิดทัศนคติที่ดีและถูกต้องเกี่ยวกับการทำงานว่าจะต้องทำงานเป็นกลุ่มจึงจะประสบความสำเร็จคนเราจะทำงานโดยโดดเดี่ยวเสมอไปไม่ได้
2. เป็นการฝึกและให้ทัศนคติแก่ผู้เรียนว่าบุคคลอื่นๆ มีค่าเสมอกัน ต้องยอมรับและเคารพความเป็นคนของผู้อื่น ทั้งในด้านความคิดเห็นและการกระทำโดยไม่ยึดถือหรือมองแต่ตัวเองเป็นศูนย์กลาง
3. เป็นการฝึกให้ผู้เรียนเข้าใจและเรียนรู้เกี่ยวกับบทบาททั้งของตนเองและสมาชิกของกลุ่มอื่นๆ เช่น บทบาทในการเป็นผู้นำ หรือบทบาทในการเป็นผู้ตาม เป็นต้น
4. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และฝึกฝนทักษะทางด้านสังคม (Social Skills) หรือการมีมนุษยสัมพันธ์กับผู้อื่น
5. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เพราะการเป็นสมาชิกของกลุ่ม ย่อมได้รับมอบหมายงานให้ปฏิบัติ การเรียนโดยการฝึกปฏิบัติ จะทำให้ได้รับประสบการณ์ตรง
6. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะในด้านความคิดร่วมกับกลุ่ม เช่น การแก้ปัญหา การตัดสินใจ เป็นต้น
7. เป็นการฝึกให้ผู้เรียนรู้จักการปรับตัวให้เข้ากับผู้อื่นได้ เพื่อเกิดการยอมรับซึ่งกันและกัน เช่น การยอมรับและปฏิบัติตามมติของกลุ่ม
8. เป็นการฝึกให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับวิถีทางความเป็นประชาธิปไตยทั้งในด้านความคิดและการกระทำ
9. ช่วยทำให้ผู้เรียนเกิดความภาคภูมิใจในตนเอง ทำให้รู้สึกว่าคุณค่ามีความสำคัญต่อกลุ่ม

10. สร้างค่านิยมในเรื่องของความสามัคคี การช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ความเข้าใจและความเห็นใจผู้อื่น

#### 4.14 หลักในการจัดกิจกรรมกลุ่มให้มีประสิทธิภาพ

เพื่อให้การเรียนการสอนโดยเน้นการเรียนรู้จากกลุ่ม มีประสิทธิภาพอย่างแท้จริง ผู้สอนควรคำนึงถึงหลักการในการจัดกิจกรรมบางประการ ดังต่อไปนี้ (สัจจันต์ วิศวกรรมานนท์. 2536 : 225)

1. เมื่อจะจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยยึดแบบการทำงานเป็นกลุ่มแล้ว ผู้สอนต้องแน่ใจว่ากิจกรรมนั้นๆ สอดคล้องกับเป้าหมายทางการศึกษา

2. กลุ่มจะมีประสิทธิภาพได้ ต่อเมื่อผู้สอนยึดถือความสนใจและความต้องการของผู้เรียนเป็นหลัก และที่สำคัญที่สุด ปัญหาหรืองานที่จะมอบหมายให้กลุ่มไปปฏิบัตินั้น จะต้องเป็นปัญหาหรืองานที่ผู้เรียนสนใจร่วมกัน

3. ผู้เรียนจะต้องมีแนวโน้มที่เป็นพื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องหรืองานที่จะนำไปปฏิบัติเสียก่อน มิฉะนั้นการทำงานของกลุ่มจะไม่มีประสิทธิภาพ เสียเวลา และไม่บรรลุถึงเป้าหมาย

4. กิจกรรมภายในกลุ่มนั้น ผู้เข้าร่วมกลุ่มหรือนักเรียนเป็นผู้กำหนดทิศทางหรือแนวทางเอง ครูจะต้องถือว่าการจัดสภาพการเรียนการสอนโดยยึดหลักการทำงานกลุ่มนี้ ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอนอย่างแท้จริง หน้าที่ของครูคือเป็นผู้ช่วยเหลือ

5. ครูจะต้องเน้นให้ผู้เรียนเห็นว่ากลุ่มของตนนั้นเป็นแหล่งความรู้ที่สำคัญ โดยอาศัยกระบวนการแสวงหาความรู้ การค้นพบและการแก้ปัญหาจากสมาชิกในกลุ่มด้วยกัน

6. เมื่อผลงานของกลุ่มที่ร่วมกันรับผิดชอบและปฏิบัติปรากฏผลออกมา ผู้สอนต้องเน้นให้สมาชิกของกลุ่มนำไปใช้ให้มากที่สุด

7. ผู้สอนต้องถือว่าเป็นความรับผิดชอบในการดูแลให้กิจกรรมกลุ่มสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบทเรียน และต้องช่วยเหลือแนะนำผู้เรียนให้วางแผนกิจกรรมในกลุ่มให้มีประสิทธิภาพ

#### 4.15 พฤติกรรมของผู้สอนในการดำเนินการสอนโดยยึดผู้เรียนเป็นกลุ่ม

การเรียนการสอนที่เน้นการเรียนรู้จากกลุ่มนั้น มิได้หมายความว่าผู้สอนจะหมดความสำคัญไป ผู้สอนยังคงมีบทบาทอย่างมากในการดำเนินการเรียนการสอนเพราะเป็นผู้ที่จะคอยดูแลให้การเรียนการสอนหรือกลุ่มบรรลุเป้าหมาย

พฤติกรรมของผู้สอนในการดำเนินการสอนโดยยึดผู้เรียนเป็นกลุ่ม

1. การยอมรับและมีทัศนคติที่ดีต่อการทำงานเป็นกลุ่ม ผู้สอนจะต้องเป็นผู้ที่สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

2. การเสริมสร้างบรรยากาศความเป็นกันเองระหว่างที่ผู้เรียนทำงานเป็นกลุ่ม เช่น ให้ความสนิทสนม การยอมรับ เพื่อผู้เรียนจะได้กล้าแสดงออกทั้งในด้านความคิดและการกระทำ

3. พฤติกรรมของผู้สอนในขณะที่ผู้เรียนทำงานเป็นกลุ่ม ควรลดความสำคัญของตนเองลง โดยเน้นบทบาทของตน ดังต่อไปนี้

3.1 กระตุ้นให้ผู้เรียนกล้าที่จะแสดงออกทั้งในด้านความคิดและการกระทำ

3.2 ส่งเสริมให้กำลังใจ สนับสนุนผู้เรียนระหว่างที่ทำงานร่วมกับกลุ่ม

3.3 คอยเป็นพี่เลี้ยงให้คำแนะนำ รวมทั้งแก้ปัญหาในกลุ่ม เมื่อกลุ่มต้องการความช่วยเหลือ

3.4 ร่วมแสดงความคิดเห็นบ้างเป็นครั้งคราว

3.5 ช่วยเชื่อมโยงความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่ม เพื่อให้ผู้เรียนมีความสามารถสัมพันธ์ความคิดได้

3.6 ช่วยสรุปความคิดเห็นหรือผลงานของผู้เรียนในกลุ่ม

3.7 ช่วยแก้ไขความคิดเห็นของผู้เรียน ถ้าหากไม่ถูกต้อง

4. เพื่อให้การเรียนรู้การสอนแบบกลุ่มดำเนินไปด้วยดี ผู้สอนจะต้องมีการ เตรียมแผนการสอน การจัดสภาพห้องเรียน ตลอดจนอุปกรณ์สำคัญๆ หรือเอกสารที่เกี่ยวข้อง

5. เพื่อให้การเรียนรู้การสอนบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ ผู้สอนจะต้องติดตามและประเมินผล

การทำงานของกลุ่มเป็นไปตามที่คาดหวังหรือไม่ อาจใช้วิธีการสังเกตการทำงานของสมาชิกในกลุ่ม การจดบันทึกพฤติกรรมของผู้เรียนทั้งนี้เพื่อนำผลจากการทำงานของผู้เรียนมาปรับปรุงและแก้ไขในการเรียนการสอนครั้งต่อไป สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้บันทึกพฤติกรรมการทำงานของผู้เรียน โดยใช้แบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง

จากการศึกษาเกี่ยวกับหลักการและแนวคิดทฤษฎีกระบวนการกลุ่ม กล่าวได้ว่า ผู้สอนควรส่งเสริมทักษะพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในสังคม โดยใช้กระบวนการเรียนรู้จากกลุ่มควบคู่ไปกับการรับผิดชอบ ความมีวินัยในตนเอง ช่วยเหลือผู้อื่น เสียสละมุ่งมั่น พัฒนาเพื่อให้ผู้เรียนสามารถดำรงตนอยู่ในสังคมอย่างมีประสิทธิภาพ เพราะการทำงานไม่ว่าจะเป็นงานประเภทใดหรือลักษณะใดมักทำงานเป็นกลุ่ม จึงอาจกล่าวได้ว่าการจัดกิจกรรมโดยใช้กระบวนการกลุ่มเป็นกิจกรรมที่ดีประเภทหนึ่ง ที่ควรส่งเสริมให้มีการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียน

## 5. เอกสารที่เกี่ยวกับความตระหนักรู้ต่อเทคโนโลยี

ความหมายของความตระหนักรู้ต่อเทคโนโลยี เกิดจากคำว่าความตระหนัก กับคำว่าเทคโนโลยี ซึ่งคำทั้งสองนี้มีผู้ให้ความหมายดังนี้

### 5.1 ความหมายของความตระหนัก (Awareness)

คำว่า Awareness ได้มีการศึกษาและแปลเป็นภาษาไทยหลายคำด้วยกัน เช่น ความตระหนัก (กองวิจัยทางการศึกษา. 2521) การรู้ตัว (อุทุมพร. 2523) การตอบสนองต่อสิ่งเร้า (สำนักงานทดสอบการศึกษา . 2531) เป็นต้น สำหรับงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยได้แปลคำว่า Awareness เป็นภาษาไทยว่า “ความตระหนัก” ซึ่งมีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของความตระหนักไว้ดังนี้

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2521 : 25) ได้ให้ความหมายของความตระหนักว่า “หมายถึงความรู้ตัวอยู่แล้วคือ การรู้ที่อยู่สิ่งนี้มีอยู่หรือเป็นอยู่ แต่ไม่รู้้อย่างละเอียดต้องแท้”

วิชัย วงษ์ใหญ่ (2523 : 138) ได้ให้ความหมายของความตระหนักว่า “ความตระหนัก หมายถึง ความสามารถนึกคิด ความรู้สึกที่เกิดขึ้นในสภาวะจิตใจ”

ประภาเพ็ญ สุวรรณ (2526 : 20) ได้กล่าวถึงความตระหนักว่า ความตระหนักนี้เกือบคล้ายพฤติกรรมขั้นแรกของพฤติกรรมทางด้านพุทธิปัญญา (Cognitive domain) คือความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง (Knowledge) แต่มีข้อแตกต่างที่ว่าความตระหนักไม่ได้เกี่ยวกับการจำหรือความสามารถที่จะระลึกได้ แต่มีการเกิดขึ้นในความรู้สึกว่ามีสิ่งหนึ่ง มีเหตุการณ์หนึ่ง หรือ สถานการณ์หนึ่ง ซึ่งการรู้สึกว่ามีสิ่งใดสิ่งหนึ่งเป็นความรู้สึกที่เกิดขึ้นในสภาวะของจิตใจ

ขวัญ สงวนเสริมศรี (2529 : 16) ได้ให้ความหมายของความตระหนักว่า “ความตระหนัก หมายถึง การแสดงออกถึงความสำนึก เป็นภาวะที่บุคคลเข้าใจและประเมินสถานการณ์ที่เกิดขึ้นเกี่ยวข้องกับตนเองได้ เมื่อเผชิญกับเหตุการณ์หรือสภาพแวดล้อมอย่างหนึ่งอย่างใด”

จิราพร จักรไพวงศ์ (2530 : 16) ได้กล่าวถึงความตระหนักว่า เป็นภาวะทางจิตใจที่เกี่ยวกับความรู้สึก ความคิด และความปรารถนาต่าง ๆ ต่อสิ่งหนึ่งหรือเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่งด้วยการพูด เขียน หรืออื่นๆ โดยอาศัยระยะเวลาหรือประสบการณ์ หรือสภาพแวดล้อมในสังคม หรือสิ่งเร้า ภายนอก เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความตระหนักขึ้น

คาร์ทวูล (Krathwohl. 1956 : 99 — 100) ได้อธิบายความตระหนักว่า “เป็นการรับรู้ สิ่งเร้าที่ มาปรากฏหรือมากระทบต่อประสาทสัมผัส”

เอลเซนค และ อาร์โนล (Eysenck and Arnold . 1972 : 110) ได้อธิบายความตระหนักในแง่ จิตวิทยาว่า “ความตระหนักเป็นความสัมพันธ์ของความสำนึก (Consciousness) และเจตคติ (Attitudes) ความตระหนักเป็นภาวะจิตใจซึ่งไม่อาจแยกเป็นความรู้สึกหรือความคิดเห็นอย่างเดี่ยวโดยเด็ดขาดได้”

กู๊ด (Good . 1973 : 54) ได้ให้ความหมายของความตระหนักว่าหมายถึงการกระทำที่แสดงว่า จำได้ การรับรู้ การมีความรู้หรือมีความสำนึก (Consciousness) ซึ่ง Nelson (อ้างถึงใน ขวัญ. 2529 : 16) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของความสำนึกว่าประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

1. ส่วนที่เกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจ
2. ส่วนที่เกี่ยวกับความรู้สึก
3. ส่วนที่เกี่ยวกับความต้องการหรือเจตนา (Will) ซึ่งส่วนนี้เองที่นำไปสู่การมีพฤติกรรม ในรูปแบบต่าง ๆ กันไป

โวลแมน (Wolman . 1973 : 38) ได้กล่าวถึงความตระหนักว่า “ ความตระหนักเป็นภาวะที่ บุคคลเข้าใจหรือสำนึกถึงบางสิ่งบางอย่างของเหตุการณ์ ประสบการณ์ หรือวัตถุสิ่งของได้”

จากความหมายของความตระหนักที่นักการศึกษาในสาขาต่าง ๆ ได้ให้ความหมายไว้ดังกล่าว ข้างต้น จึงพอสรุปได้ว่า ความตระหนักหมายถึงการที่บุคคลมีพฤติกรรมที่แสดงถึงความสำนึก การรับรู้ ความรู้สึก หรือการนึกถึงต่อบางสิ่งบางอย่างของเหตุการณ์ ประสบการณ์ หรือสถานที่ที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งผู้ วิจัยจะให้ความหมายนี้เป็นพื้นฐานในการสร้างแบบวัดความตระหนักในเทคโนโลยีที่เหมาะสม

## 5.2 ความหมายของเทคโนโลยี

พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2525 : 402) ให้ความหมายของเทคโนโลยีว่า เทคโนโลยี หมายถึง วิทยาการที่เกี่ยวกับศิลปะในการนำเอาวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ใน ทางปฏิบัติและ อุตสาหกรรม

สุทัศน์ ยกส้าน (2530 : 13) กล่าวว่า เทคโนโลยี หมายถึง สิ่งที่นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ แก่การดำรงชีวิต

กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน (2531 : 174) ได้ให้ความหมายของ เทคโนโลยีว่าเทคโนโลยี หมายถึง วิทยาการ เทคนิคสำหรับควบคุม หรือประโยชน์จากธรรมชาติแวดล้อม อันเป็นผลที่ได้มาจากการศึกษา วิเคราะห์ วิจัย ทดสอบ ทดลองหรือพัฒนาที่สามารถนำไปใช้ในการผลิต สินค้า

พระเทพเวที (ประยูรย์ ปยุตโต. 2532 : 31) ให้ความหมายของเทคโนโลยีว่า เทคโนโลยี หมายถึง การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ให้เป็นประโยชน์ หรือการประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ประโยชน์แก่ความเป็นอยู่ของมนุษย์

กิดานันท์ มลิทอง (2536 : 3) ได้ให้ความหมายของเทคโนโลยีไว้ว่า เทคโนโลยี หมายถึง การนำเอาความคิดหลักการ เทคนิค ความรู้ ระเบียบ กระบวนการตลอดจนผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ทั้งในด้านสิ่งประดิษฐ์และวิธีการปฏิบัติมาประยุกต์ใช้ในระบบงาน เพื่อช่วยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในการทำงานให้ดีขึ้น และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ประสิทธิผลของงานนั้นให้มีมากยิ่งขึ้นด้วย

ภพ เลหาไพบุลย์ (2542 : 32) กล่าวว่า เทคโนโลยีมีความหมายได้สองอย่าง คือส่วนที่เป็นความรู้กับส่วนที่เป็นกระบวนการแสวงหาความรู้

ในด้านความรู้ เทคโนโลยี หมายถึง ความรู้ต่าง ๆ เกี่ยวกับเทคนิควิธีการผลิต การสร้าง หรือการพัฒนาผลิตภัณฑ์ สิ่งประดิษฐ์ ระบบ ตลอดจนวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ ระบบ หรือวิธีการต่าง ๆ ที่มีประสิทธิภาพสูงสามารถอำนวยความสะดวกหรือแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่มนุษย์ และสังคมกำลังประสบอยู่

ในด้านการบวนการ เทคโนโลยี หมายถึง กระบวนการนำเอา ความรู้ ประสบการณ์และความสามารถต่าง ๆ ที่มีอยู่ไปวิจัย ค้นคว้าทดลองเพื่อแสวงหาเทคนิควิธีการใหม่ ๆ สำหรับผลิตและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ สิ่งประดิษฐ์ ระบบ หรือวิธีการต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกหรือแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่มนุษย์และสังคมกำลังประสบอยู่

จากความหมายเทคโนโลยีดังกล่าว สรุปได้ว่าเทคโนโลยี หมายถึง การนำความรู้ แนวคิดและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์และสนองความต้องการของมนุษย์

ดังนั้นความตระหนักต่อเทคโนโลยีจึงหมายถึง การที่บุคคลมีพฤติกรรมที่แสดงถึงความสำนึก การรับรู้ ความรู้สึก หรือการนึกคิดต่อบางสิ่งบางอย่างของเหตุการณ์ ประสบการณ์ หรือสถานที่ที่เกิดขึ้น และสามารถแสดงความคิดเห็นในคุณและโทษของการนำเทคโนโลยีมาใช้ เพื่อให้ได้มาซึ่งสิ่งต่างๆ ในการสนองความต้องการของชีวิต

### 5.3 ความสำคัญของความตระหนักต่อเทคโนโลยี

ในประวัติความเป็นมาของมนุษย์ กล่าวได้ว่า มนุษย์มีความต้องการในด้านต่างๆ เช่น มีความต้องการปัจจัยสี่เพื่อการดำรงชีวิต เป็นต้น ดังนั้นด้วยเหตุดังกล่าวมนุษย์จึงหาทางสนองความต้องการด้วยการคิดค้นเทคโนโลยีต่างๆ ขึ้น เพื่อสนองความต้องการของตน และมีการปรับปรุงพัฒนาโดยลำดับ เพื่อให้การตอบสนองความต้องการเป็นไปด้วยดีและประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

การที่มนุษย์เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนั้น มนุษย์ไม่ควรมึบบทบาทเพียงการบริโภค แต่ควรได้เป็นผู้คิดผลิตหรือสร้างเทคโนโลยีขึ้นด้วย ในกระบวนการคิดผลิตเทคโนโลยีนั้น ย่อมต้องอาศัยความตระหนักเป็นเบื้องต้น จึงกล่าวได้ว่า ความตระหนักต่อเทคโนโลยีเป็นคุณลักษณะสำคัญที่จะได้รับการพัฒนาไปสู่การคิดและผลิตเทคโนโลยี ดังจะเห็นได้จาก สารและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 (กระทรวงศึกษาธิการ) ได้กล่าวถึงคุณภาพของผู้เรียนวิทยาศาสตร์ที่จบหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน 12 ปี ที่เกี่ยวข้องกับความตระหนักต่อเทคโนโลยี ดังข้อ 5 ที่กล่าวถึงการเชื่อมโยงความรู้กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นำไปใช้ในชีวิตประจำวัน และศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงการวิทยาศาสตร์หรือสร้างชิ้นงาน และข้อ 7 ที่กล่าวถึงการมีเจตคติ คุณธรรม ค่านิยมที่ดีต่อวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ตระหนักถึงความสำคัญและประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในการดำรงชีวิต และการประกอบอาชีพ ตระหนักว่าการใช้

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีผลต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม ตระหนักและยอมรับความสำคัญของการใช้เทคโนโลยีในการเรียนรู้และการทำงานต่างๆ

ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาความตระหนักต่อเทคโนโลยี เพื่อใช้เป็นพื้นฐานและเพื่อให้ผู้เรียนใช้เป็นประโยชน์ในการสร้างเทคโนโลยีที่เหมาะสมต่อไป

#### 5.4 การวัดความตระหนัก

ในการวัดความตระหนัก คาร์ทวูล (Krathwohl. 1956 : 101 – 103) ได้ให้แนวคิดเกี่ยวกับการวัดความตระหนักว่า พฤติกรรมที่จะใช้วัดความตระหนักจะต้องเป็นพฤติกรรมเกี่ยวกับความสำนึกในบางสิ่งบางอย่างที่แสดงว่านักเรียนตระหนักในความเป็นอยู่ของปรากฏการณ์ เหตุการณ์ หรือกิจการบางอย่าง ความตระหนักเป็นเรื่องที่ต้องอาศัยสติปัญญาเข้ามาเกี่ยวข้องอย่างมาก การตระหนักต่อคนบางคนหรือของบางอย่างก็คือการรู้จัก สิ่งนั้นหรือคนนั้น ถึงแม้ว่าการรู้นั้นจะเป็นการรับรู้แต่ผิวเผินก็ตาม

นอกจากนี้ คาร์ทวูล (Krathwohl. 1956 : 101 – 103) ยังได้กล่าวถึงขอบเขตของความตระหนักอีกกว่าเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องสังเกตว่าช่วงของความตระหนักจะปรากฏบนความต่อเนื่องจากปลายสุดที่เป็นความตระหนักอย่างผิวเผินหรือหยาบๆ จนถึงความสำนึกอย่างลึกซึ้งและละเอียด ในกรณีที่สอนวิชาศิลปะ ตัวอย่างของความตระหนักอย่างหยาบๆ คือการสำนึกโดยรับรู้ว่ามีภาพวาดอยู่ ซึ่งความตระหนักเช่นนั้นไม่ได้เคยมีมาก่อน ความสำนึกอย่างลึกซึ้งจะเกิดขึ้นเมื่อครูชี้ให้เห็นความแตกต่างของภาพวาดประเภทต่างๆ ซึ่งจะเป็นไปตามขั้นตอนคือ ความตระหนักอย่างผิวเผินจะต้องเกิดขึ้นก่อนแล้วความตระหนักแบบลึกซึ้งก็จะเกิดตามมา

สิ่งที่สำคัญอีกสิ่งหนึ่งในการวัดความตระหนักที่ คาร์ทวูล (Krathwohl. 1956 : 101 – 103) ได้เสนอไว้คือ การสร้างข้อสอบสถานการณ์ที่แสดงความตระหนักต้องปราศจากการชี้แนะหรือชักนำโดยตรงจากผู้ให้การวัดว่ามีสิ่งของหรือปรากฏการณ์นั้นอยู่

จากแนวคิดเกี่ยวกับการสร้างแบบวัดความตระหนักของ คาร์ทวูล (Krathwohl. 1956 : 101-103) พอสรุปเป็นข้อๆ ดังนี้

1. การวัดความตระหนักจะต้องวัดพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับการสำนึกโดยการรับรู้หรือการยอมรับว่ามีสิ่งนั้นหรือเหตุการณ์นั้นเกิดขึ้น
2. การที่นักเรียนจะมีความตระหนักในเรื่องใดเรื่องหนึ่งนั้นนักเรียนจะต้องมีความรู้หรือเคยรู้จักกับสิ่งนั้นมาก่อน แม้จะเป็นการรู้จักอย่างผิวเผินก็ตาม
3. ขอบเขตของความตระหนักมีตั้งแต่ความตระหนักอย่างผิวเผินจนถึงความตระหนักอย่างลึกซึ้ง
4. ความตระหนักเกิดขึ้นจะเริ่มจากความตระหนักอย่างผิวเผินก่อนแล้วจึงจะเกิดความตระหนักที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น

5. ในการสร้างแบบวัดความตระหนัก สถานการณ์ที่สร้างเพื่อให้มีความตระหนักเกิดขึ้นจะต้องไม่มีการชี้แนะหรือการชักนำโดยตรงจากผู้ให้การวัดว่ามีสิ่งของหรือมีปรากฏการณ์นั้นอยู่

แบบวัดความตระหนัก ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นข้อคำถาม เพื่อวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยีนั้นเป็นแบบสเกลความต่อเนื่อง (Rating scale) ซึ่งเป็นเทคนิคของลิเคิร์ท (Likert scale) วิธีของลิเคิร์ทนี้ บุญเรียง ขจรศิลป์ (2530 ก : 106) ได้กล่าวถึงแบบวัดที่ใช้เทคนิคของลิเคิร์ทว่า “เทคนิคของลิเคิร์ทมีจุดเด่นคือ สามารถใช้กับสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสมสามารถที่จะดัดแปลงนำไปใช้วัดลักษณะต่างๆ

ทางด้านจิตพิสัย (Effective domain) ได้” ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้นำเทคนิคของลิเคิร์ทนี้มาสร้างแบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยีดังกล่าว

### 5.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดความตระหนัก

จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่า ความตระหนักจะเกิดขึ้นได้นั้นมนุษย์จะต้องมีความรู้หรือรู้จักสิ่งนั้นเสียก่อน ซึ่งความตระหนักที่เกิดขึ้นจะมากน้อยเพียงใดก็ขึ้นกับการรับรู้ของมนุษย์แต่ละคน (ประจวบจิต คำจตุรัส. 2530) บัณฑิต จุฬาศัย (2528 : 15 -18) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่มีผลต่อการรับรู้ของแต่ละบุคคลไว้ 3 ประการดังนี้

1. ประสบการณ์ การรับรู้ที่ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ทั้งในอดีตที่ผ่านมาและชีวิตประจำวัน การรับรู้เรื่องราวใดๆ ขึ้นอยู่กับความเกี่ยวข้องในเหตุการณ์นั้น ประสบการณ์ที่ได้พบเห็นมีผลกระทบโดยตรงทำให้เกิดการรับรู้ระดับต่างๆ เช่น คนที่ประสบปัญหาน้ำท่วมย่อมรับรู้เรื่องน้ำท่วมได้ดีกว่าคนที่อยู่ในบริเวณที่น้ำไม่ท่วม หรือคนที่เคยอยู่ในบ้านเมืองที่สับสนวนวายไร้ระเบียบ สกปรก ก็จะรับรู้สภาพแวดล้อมดังกล่าวอยู่ทุกวัน ทำให้เกิดความเคยชินและยอมรับในสภาพแวดล้อมนั้นแม้ว่าจะไร้คุณภาพก็ตาม สำนึกดังกล่าวเปลี่ยนแปลงก็ต่อเมื่อมีการเปรียบเทียบจากสิ่งที่ได้รับรู้ใหม่ เช่น ได้ไปเห็นบ้านเมือง อื่นๆ ที่สะอาดเป็นระเบียบเรียบร้อย ไม่สับสนวนวาย

2. ความใส่ใจและการให้คุณค่าในเรื่องที่จะรับรู้ ความใส่ใจในเรื่องที่รับรู้จะแปรเปลี่ยนได้หลายระดับ ตั้งแต่ความจำเป็น ความต้องการ ความคาดหวัง ความสนใจ และอารมณ์ การรับรู้ในเรื่องใดของแต่ละบุคคลนั้นขึ้นอยู่กับว่าเขาใส่ใจและให้คุณค่าในเรื่องนั้นมากน้อยเพียงใด

3. ลักษณะและรูปแบบของเรื่องที่จะรับรู้ นอกจากการรับรู้ของบุคคลจะขึ้นอยู่กับประสบการณ์ ความใส่ใจ และการให้คุณค่าในเรื่องที่จะรับรู้แล้ว ยังขึ้นอยู่กับว่าสิ่งหรือเรื่องที่จะรับรู้มีลักษณะรูปแบบอย่างไร การเสนอบ่อยครั้งและการเลือกรูปแบบที่เหมาะสมทำให้เกิดผลอย่างมาก การรับรู้จำเป็นต้องเกิดจากการได้ยินได้เห็นหลายครั้ง ดังนั้นการที่จะทำให้บุคคลเกิดการรับรู้เพื่อให้เกิดความตระหนักนั้นต้องใช้เวลานานพอสมควร

เนื่องจากความตระหนักของแต่ละบุคคลนั้น ขึ้นอยู่กับการรับรู้ของแต่ละบุคคล จึงพอสรุปได้ว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความตระหนักคือ

1. ประสบการณ์ที่มีต่อการรับรู้
2. ความเคยชินต่อสภาพแวดล้อม ถ้าบุคคลใดที่มีความเคยชินต่อสภาพแวดล้อมนั้นก็จะมีผลทำให้บุคคลนั้นไม่ตระหนักต่อสิ่งที่เกิดขึ้น
3. ความใส่ใจและการให้คุณค่า ถ้ามนุษย์มีความใส่ใจในเรื่องใดมากก็就会有ความตระหนักในเรื่องนั้นมาก
4. ลักษณะรูปแบบของสิ่งเร้า ถ้าสิ่งเร้านั้นสามารถทำให้ผู้พบเห็นเกิดความสนใจย่อมทำให้ผู้พบเห็นเกิดการรับรู้และความตระหนักขึ้น
5. ระยะเวลาและความถี่ ในการรับรู้ถ้ามนุษย์ได้รับการรับรู้บ่อยครั้งเท่าไรหรือนานเท่าไรก็ยิ่งทำให้มีโอกาสเกิดความตระหนักได้มากขึ้นเท่านั้น

จากความหมายของความตระหนัก การวัดความตระหนัก และปัจจัยที่มีผลต่อความตระหนักที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นนี้ ผู้วิจัยได้ใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดความตระหนักโดยใช้กิจกรรมเทคโนโลยีที่เหมาะสม เป็นสื่อในการวัดพฤติกรรมของความตระหนักว่า นักเรียนมีการรับรู้หรือสำนึกถึงพฤติกรรมหรือไม่ และเนื่องจาก คาร์ทวูล (Krathwohl.1956 : 101 - 103) ได้กล่าวถึงความตระหนักว่า ความตระหนัก

ที่เกิดขึ้นนั้นอาจเกิดขึ้นได้ตั้งแต่ตระหนกอย่างผิวเผินจนถึงตระหนกอย่างลึกซึ้ง ผู้วิจัยจึงใช้ข้อความคำถาม ประกอบกับกิจกรรมเทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อวัดความตระหนกต่อเทคโนโลยีในชั้นต่างๆ คือ การรับรู้ ความรู้สึก และความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมว่ามีมากน้อยเพียงใด เพื่อจะส่งเสริมให้เกิดค่านิยมในชั้นต่อไปได้

สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการวัดความตระหนกต่อเทคโนโลยี โดยแยกเป็นรายด้าน คือ ด้านความเหมาะสมกับการดำรงชีวิต และความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม จึงได้นำมากล่าวไว้ ณ ที่นี้ด้วย

## 5.6 ผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อมนุษย์และสภาพแวดล้อม

การนำเอาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ได้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อมวลมนุษย์และสภาพแวดล้อม อย่างมากมาย ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ และบุคคลที่เกี่ยวข้องได้แสดงความคิดเห็นไว้ ต่างๆ กัน คือ

นายพินิจ คชภักดี (2527 : 14) ได้กล่าวถึงผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไว้ว่าผลกระทบของการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาจมีผลเฉพาะหน้าช่วยให้เกิดการแก้ปัญหาได้อย่างใดอย่างหนึ่งในการพัฒนาประเทศ แต่จะทำให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมต่อมาภายหลังอีกมากมาย เช่น โครงการหาแหล่งผลิตพลังงานโดยการสร้างโรงงานไฟฟ้าพลังปรมาณูหรือการสร้างเขื่อนกักน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้า ก็อาจจะมีผลต่อสิ่งมีชีวิตและวงจรนิเวศวิทยาอื่นๆ โครงการได้อย่างมากมาย และผลประโยชน์ที่ได้จากพลังงานไฟฟ้าอาจไม่คุ้มกับการทำลายทรัพยากรที่ไม่อาจประมาณค่าได้ โดยเฉพาะต้องนำมาคำนวณรวมกับค่าใช้จ่ายมหาศาล ที่ต้องไปกู้ยืมเงินมาลงทุนอย่างไม่มีทางใช้คืนหมด

เกษม จันทรแก้ว (2528 : 556) กล่าวถึง อิทธิพลของวิทยาศาสตร์ว่ามีส่วนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในเรื่องความสัมพันธ์ของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมไว้ว่า สิ่งแวดล้อมมีความสัมพันธ์อย่างแน่นแฟ้น กับมนุษย์ โดยมีบทบาทสำคัญในการเป็นปัจจัยสี่และเครื่องอำนวยความสะดวกของชีวิตมนุษย์ ในอดีตสิ่งแวดล้อมไม่แสดงพิษภัยต่อมนุษย์ เพราะประชากรโลกมีไม่มาก แต่ในปัจจุบันมีถึง 4,800 กว่าล้านคน จึงมีปัญหาส่งแวดล้อมในการใช้ทรัพยากรสิ่งแวดล้อมโดยตรงและทางอ้อม ปรากฏการณ์ดังกล่าวพบเสมอทุกมุมโลก เช่น ป่าไม้ถูกทำลาย ที่ดินเสื่อมโทรม น้ำเสีย อากาศเสีย เสี่ยงเป็นพิษ การปลดปล่อยของวัตถุมีพิษในพืชผักและอาหาร ฯลฯ เหล่านี้เป็นต้น

ปรีชา วงศ์ชูศิริ (2528 : 51) กล่าวว่า วิทยาศาสตร์นั้นมีบทบาทต่อมนุษย์ทั้งในทางบวกและทางลบ คือ

1. มีบทบาทต่อความต้องการพื้นฐานเพื่อการดำรงชีวิต อันได้แก่ ปัจจัยสี่ แต่ในขณะเดียวกันก็มีบทบาทต่อความอยากรู้อยากเห็น มีสิ่งอุปโภคบริโภคอย่างฟุ่มเฟือยไม่รู้จักพอ ประเทศที่พัฒนาแล้วก็ยังอยากมั่งคั่งยิ่งๆ ขึ้น ประเทศที่ด้อยพัฒนาก็ฝันที่เอาเยี่ยงอย่าง ยอมบากบั่นทุกอย่างเพื่อที่จะถึงยุคทองของการพัฒนานั้น วิทยาศาสตร์แทนที่จะช่วยให้มีสิ่งจำเป็นและพอใจในสิ่งที่มักกลับทำให้ไม่พอใจในชีวิต ในงานที่ทำได้ แต่กัดฟันฝืนถึงอนาคต

2. มีบทบาทต่อความอยากรู้อยากเห็น อยากรู้อยากเห็นที่จะเข้าใจ มนุษย์ปล่อยจินตนาการให้ไปสำรวจในจักรวาล หยั่งความลึกล้ำของชีวิต คิดค้นเรื่องสสารและพลังงาน ขยายขอบเขตการสัมผัสของมนุษย์ แต่ในขณะเดียวกันก็เชื่อต่อความหยิ่งผยอง การรวมอำนาจทางความคิด ตลอดจนการเบียดเบียนผู้อื่นที่คิดไม่เหมือนกัน วิทยาศาสตร์เป็นการบุกเบิกความรู้แต่ก็ใช้เพื่อการปิดกั้นการแสวงหาความรู้ได้เช่นกัน

3. มีบทบาทต่อความต้องการด้านความมั่นคงปลอดภัย ด้านความมั่งคั่งในชีวิต แต่ก็อาจมีบทบาทต่อความอยากเป็นใหญ่ เป็นผู้มีอำนาจ วิทยาศาสตร์อำนวยความสะดวกในการสร้างเครื่องบินเพื่อเดินทางได้สะดวก แต่เครื่องบินนั้นก็ใช้ระเบิดทำลายได้เช่นกัน

สวัณก์ นิยมคำ (2531 : 357 – 359) ได้สรุปผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทั้งในด้านบวกและด้านลบดังตาราง 1

ตาราง 1 สรุปผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทั้งในด้านบวกและด้านลบ

| ด้านบวก                                                                                                                                                             | ด้านลบ                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ด้านเกษตร</b><br>ด้านการปรับปรุงสภาพดินด้วยการใช้ปุ๋ยเคมี การส่งเสริมการขยายพันธุ์สัตว์ การผลิตอาหารสัตว์ การปราบศัตรูพืชด้วยน้ำยาเคมี                           | <b>ด้านเกษตร</b><br>ปุ๋ยเคมีจะลงไปในแม่น้ำลำคลองทำให้น้ำเป็นพิษ สัตว์น้ำอาจตายได้ พืชผักที่ฉีดด้วยยาปราบศัตรูพืชมีอันตรายต่อชีวิตมนุษย์        |
| <b>ด้านพลังงาน</b><br>การสร้างพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานน้ำตก ถ่านหิน และพลังงานจากนิวเคลียร์ การนำพลังงานไฟฟ้า พลังงานลม พลังงานแสงแดดไปใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ             | <b>ด้านพลังงาน</b><br>อันตรายจากไฟฟ้า อันตรายจากพลังงานนิวเคลียร์ที่รั่วไหลออกมาจากโรงงาน ฯลฯ                                                  |
| <b>ด้านอุตสาหกรรม</b><br>การนำความรู้วิทยาศาสตร์ไปใช้ในอุตสาหกรรมเหล็กกล้า อุตสาหกรรมเหมืองแร่ อุตสาหกรรมแก้ว อุตสาหกรรม อิเล็กทรอนิกส์ ฯลฯ                         | <b>ด้านอุตสาหกรรม</b><br>น้ำเสียจากโรงงาน สารเคมีที่ปะปนออกมา ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาจากโรงงานล้วนเป็นพิษและทำให้เกิดมลภาวะ          |
| <b>ด้านสื่อสาร</b><br>วิทยุ โทรทัศน์ โทรศัพท์ โทรเลข การสื่อสารผ่านดาวเทียม รถยนต์ รถไฟ เรือ รถจักรยานยนต์ เครื่องบิน ฯลฯ                                           | <b>ด้านสื่อสาร</b><br>อันตรายจากรถยนต์ รถไฟ และเครื่องบินชนกัน ก๊าซที่ปล่อยออกมาทำให้เกิดมลภาวะ                                                |
| <b>ด้านสุขภาพ</b><br>การป้องกันโรค การรักษาโรค การผ่าตัดด้วยเครื่องมือทันสมัย การวินิจฉัยโรคด้วยเครื่องมือที่ทันสมัย การผลิตยารักษาโรค ฯลฯ                          | <b>ด้านสุขภาพ</b><br>การติดต่อกันด้วยความสะดวกรวดเร็วจากยานพาหนะต่าง ๆ ก่อให้เกิดการแพร่เชื้อโรครวดเร็วมาก                                     |
| <b>ด้านอาหาร</b><br>การผลิตอาหาร การผลิตเครื่องดื่ม การเก็บรักษา และการถนอมอาหาร ฯลฯ                                                                                | <b>ด้านอาหาร</b><br>อาหารกระป๋องเป็นพิษจากกระป๋องและสารกันบูด อาหารที่เติมผงชูรส อาหารที่ผสมสี เครื่องดื่มที่ผสมสารเคมีไม่ถูกส่วนจะเป็นพิษ ฯลฯ |
| <b>ด้านที่อยู่อาศัย</b><br>และความสะดวกสบายต่างๆ การก่อสร้างอาคารหลายๆ ชั้น การผลิตวัสดุการก่อสร้าง ตู้เย็น พัดลม เครื่องปรับอากาศ เครื่องดูดฝุ่น เครื่องซักผ้า ฯลฯ | <b>ด้านที่อยู่อาศัย</b><br>และความสะดวกสบายต่าง ๆ อันตรายจากการพังทลายของอาคารการเกิดไฟไหม้เนื่องจากไฟฟ้าลัดวงจร                               |

อำนาจ เจริญศิลป์ (2532 : 99) ได้กล่าวถึง ผลกระทบของพัฒนาการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมสรุปได้ว่า วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีช่วยให้ชีวิตมนุษย์มีความสะดวกสบายเป็นอย่างมาก จากผลิตผลของการประดิษฐ์คิดค้นของนักวิทยาศาสตร์ เช่น รถยนต์ เครื่องบิน ตู้เย็น วิทยุ โทรทัศน์ พัดลม การสร้างที่อยู่อาศัยตามหลักของวิทยาศาสตร์ยารักษาโรค ยาฆ่าแมลงต่าง ๆ ความเจริญในการแพทย์ทำให้มนุษย์มีวิถีชีวิตยืนนาน ทำให้อุตสาหกรรมต่างๆ เจริญรุ่งเรืองขึ้น เป็นต้น

แต่ผลเสียอันเกิดจากความเจริญของวิทยาศาสตร์นั้นก็มีความคู่มาด้วย นั่นคือ ก่อให้เกิดสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ น้ำเน่า อากาศเป็นพิษ เสียงเป็นพิษ ฯลฯ ซึ่งนับวันความทรุดโทรมเหล่านี้จะแผ่กว้างออกไปทุกที ในปัจจุบันความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อมของธรรมชาติกำลังเป็นปัญหาใหญ่ เพราะมีผลกระทบต่อการทำมาหากิน การดำรงชีพและสุขภาพของประชาชน

สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2533 : 97 – 98) ได้กล่าวถึงการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่ไปใช้แล้วอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สรุปได้ว่า ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสมัยใหม่ ซึ่งรวมถึงเครื่องคอมพิวเตอร์ ระบบโทรคมนาคม หุ่นยนต์ เทคโนโลยีชีวภาพ ลำแสงเลเซอร์ และวัสดุใหม่ๆ ทำให้อุตสาหกรรมยุคใหม่เกิดขึ้น เทคโนโลยีที่ทันสมัยมักจะใช้วัสดุและกระบวนการผลิตซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตราย และถึงแม้ว่าจะมีการป้องกันแล้วก็ตามอุบัติเหตุร้ายแรงก็อาจเกิดขึ้นได้ ซึ่งผู้สนับสนุนเทคโนโลยีสมัยใหม่ กล่าวว่า เทคโนโลยีเหล่านี้มีความปลอดภัยมากกว่าวิทยาการสมัยเก่าบางอย่าง แต่อย่างไรก็ตามไม่มีเทคโนโลยีอะไรซึ่งปราศจากอันตราย ตัวอย่าง เช่น เทคโนโลยีชีวภาพ ซึ่งมีเทคนิคพันธุวิศวกรรมที่ทันสมัย ก็ยังมีทั้งผลดีและผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม แม้ว่าพันธุวิศวกรรมจะมีมาตรการที่เข้มงวดเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของอินทรีย์ ที่ผลิตได้ก็ตาม แต่การแพร่กระจายโดยอุบัติเหตุก็มีโอกาสที่จะเป็นไปได้และการปล่อยสารอินทรีย์เหล่านี้เพื่อใช้ประโยชน์ด้านเกษตรกรรมอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพและทำความเสียหายแก่ระบบนิเวศได้ หรืออุตสาหกรรมชนิดใหม่ อันได้แก่ อุตสาหกรรมสารกึ่งตัวนำมีการใช้โลหะ สารเคมีและแก๊สที่เป็นพิษในปริมาณมาก อาจจะทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพและความปลอดภัยของคนงานรวมทั้งประชาชนและสิ่งแวดล้อม

จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่า มนุษย์มีการนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ทางด้านเกษตร ด้านพลังงาน ด้านอุตสาหกรรม ด้านสื่อสาร ด้านสุขภาพ ด้านอาหาร ด้านที่อยู่อาศัยและความสะดวกสบายต่างๆ แต่การนำเอาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้นั้นเชื่อว่าจะได้รับแต่ประโยชน์อย่างเดียว หากแต่ว่ามีโอกาสให้เกิดผลเสียหรือเกิดผลกระทบตามมาได้ ซึ่งผลกระทบนั้นมีทั้งทางบวก และทางลบ แต่ส่วนใหญ่เรามักกล่าวถึงเฉพาะผลกระทบในทางลบเท่านั้น

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้า

### 1. งานวิจัยเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่เหมาะสม

#### งานวิจัยในประเทศ

มรกต ดันติเจริญ (2534 : 18) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรีซึ่งมีค่าซีโอติอยู่ในช่วง 1,950-45,200 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยทดลองใส่ในถังปฏิกรณ์แบบมีตัวกรองและแบบตริงฟิล์มขนาดความจุ 50 ลิตร พบว่าสามารถลดปริมาณอินทรีย์สารได้ถึงร้อยละ 80 ปริมาตรก๊าซที่เกิดขึ้นประมาณ 2.9 ลูกบาศก์เมตรต่อลูกบาศก์เมตรของถังหมักต่อวัน มีก๊าซมีเทนประมาณร้อยละ 60-70

จกมล พูนทวี (2537 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับผลของกรดอินทรีย์ระเหยง่ายต่อจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตก๊าซชีวภาพที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พบว่าโดยทั่วไปอัตราการย่อยสลายในช่วงเริ่มต้นเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น ยกเว้นในกรณีของกรดอะซิติกมีอัตราการย่อยสลายสูงสุดที่ความเข้มข้นตั้งต้นของกรด 30 มิลลิโมลาร์ และลดลงที่ความเข้มข้นสูงกว่า 40 มิลลิโมลาร์ ที่ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ที่เท่ากัน พบว่ากรดบิวทิริก และกรดโพรพิโอนิก ให้กรดอะซิติกเป็นสารตัวกลางความเข้มข้นของกรดอะซิติกในช่วง 30 มิลลิโมลาร์ไม่มีผลต่อการย่อยสลายกรดบิวทิริก แต่ที่ความเข้มข้น

สูงกว่า 3.3 มิลลิโมลาร์ ยับยั้งการย่อยสลายกรดไพรูวอิก นอกจากนี้กรดไพรูวอิกมีผลยับยั้งการใช้กรดบิวทริกด้วย ดังนั้นเมื่อกรดอะซิติกยับยั้งการใช้กรดไพรูวอิกส่งผลยับยั้งการใช้กรดบิวทริกด้วย นอกจากนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการเกิดก๊าซชีวภาพวิธีหนึ่งที่เป็นไปได้ คือการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ที่ใช้กรดอะซิติกให้มากขึ้นซึ่งอาจทำได้โดยในช่วง start up ค่อยๆเพิ่มปริมาณการป้อนสารอาหาร อีกวิธีคือการแยกขั้นตอนการหมักออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยในขั้นตอนการเกิดกรดอาจควบคุมไม่ให้เกิดกรดไพรูวอิกที่ย่อยสลายได้ยากโดยอาศัย HRT mujokodjk 2.5 pH ประมาณ 6.0 ซึ่งอาจจะให้ปริมาณกรดอะซิติกและกรดบิวทริกมากได้แต่ให้กรดไพรูวอิกน้อยลง

ทองม้วน นาเสียม (2524) ได้ทำการศึกษาและวิจัยการทำถ่านจากใบจำฉา โดยนำใบจำฉาแห้งไปเผาให้เป็นถ่าน แล้วนำถ่านใบจำฉาไปคลุกกับน้ำแป้งมันสำปะหลังประมาณ 6 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก คลุกให้ทั่ว นำไปอัดในกระบอกโลหะด้วยความดัน 115.11 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เมื่อนำไปทดสอบเปรียบเทียบกับคุณสมบัติกับถ่านไม้พบว่า ถ่านใบจำฉายังมีคุณภาพต่ำอยู่ อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยประมาณได้เป็นครึ่งหนึ่งของถ่านไม้ ส่วนการติดไฟพบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณที่เท่ากัน พบว่าถ่านใบจำฉาจะใช้นานกว่าถ่านไม้

อนุชิต กิจสวัสดิ์ (2524) ได้รายงานไว้ว่า การนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น ชังข้าวโพด ซีกบ ใบไม้แห้ง ฯลฯ มาบดด้วยเครื่องสีข้าวให้ละเอียดขนาดเท่าขี้เลื่อย แล้วนำไปตากให้แห้ง นำมาผสมกับการแบ่งเปียกของมันสำปะหลังในอัตราส่วน 1 : 1 คลุกเคล้าผสมกันให้ดีแล้วอัดลงในแบบซึ่งใช้กระป๋องสีหรือกระป๋องโอวัลตินขนาด 1 แกลลอน เปิดฝาและเปิดกันออกให้หมด ใช้กรรไกรตัดแนวตะเข็บตามยาวให้ขาดออกจากกัน ใช้ลวดสองเส้นรัดให้ตะเข็บซ้อนกัน 0.5 เซนติเมตร ในขณะที่อัดใช้ไม้กลมยาว 30 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร เป็นแกนกลางอัดให้แน่นพอสมควร สูงประมาณสองในสามส่วนของแบบเสร็จแล้วหมุนไม้แกนกลางออก นำก้อนเชื้อเพลิงอัดแข็งไปตากแดดให้แห้ง เชื้อเพลิงชนิดนี้ต้องใช้กับเตานายหล้า ซึ่งมีการลุกไหม้จากส่วนล่างขึ้นสู่ส่วนบนของแท่งเชื้อเพลิง

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2530 : 18-20) มีการประดิษฐ์เชื้อเพลิงมาแทนฟืนและถ่าน ซึ่งผลิตเป็นเชื้อเพลิงเขียว โดยใช้วัสดุต่างๆ เช่น หญ้าขจรจบ หญ้ายาง หญ้าคา ผักตบชวา ไมยราบ(ธรรมดา) โกลกกระสุน และใบยูคาลิปตัส เป็นต้น นำเอาส่วนของพืชสดเหล่านี้ทั้งใบ ตัน กิ่ง มาสับให้เป็นชิ้นเล็กๆแล้วนำไปใส่ลงในกระบอก (ท่อ พี.วี. ซี ) แล้วตำหรือกระทุ้งด้วยแท่งเหล็กจนเกิดยางเหนียว และนำมาผึ่งแดดให้แห้ง จะได้แท่งเชื้อเพลิงเขียวจากเศษพืชสด นอกจากพืชสดแล้วยังมีการนำผักตบชวา และผักตบชวาผสมถ่านลิกไนต์ และใช้ตัวประสานกับแบ่งเปียกในอัตราส่วนต่างๆ ซึ่งสามารถผลิตเป็นเชื้อเพลิงได้

อาทิตย์ มลิตทอง (2532 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาทดลองผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากผักตบชวาและผักตบชวาผสมถ่านลิกไนต์ และใช้แบ่งเปียกเป็นตัวเชื่อมประสาน โดยทำการเปรียบเทียบวิธีการตากให้แห้ง 3 วิธี คือ (1) ตากในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ อุณหภูมิเฉลี่ย 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน (2) ตากบนพื้นปูนซีเมนต์ อุณหภูมิเฉลี่ย 46 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน (3) ตากบนแผ่นสังกะสี อุณหภูมิเฉลี่ย 41 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แท่งเชื้อเพลิงจะมีความชื้นเหลือประมาณร้อยละ 6-7 ก็สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้

พ.ต. ประทีป ปิ่นท้วม (2535) ได้ศึกษาการนำขี้เลื่อยที่เหลือทิ้งจากการเพาะเห็ด มาใช้ในการอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิง แบบอัดร้อนและอัดเย็นโดยไม่ใช้ตัวประสานและใช้ตัวประสาน (ผักตบชวาหมัก)

ทองทิพย์ พูลเกษม (2543 : ง) ได้ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนเพื่อทดแทนฟืนและถ่าน ในการหุงต้มในครัวเรือน จากการศึกษาพบว่า เมื่อนำเปลือกทุเรียนที่มีความชื้นร้อยละ 75-80 มาสับให้เป็นชิ้นเล็กๆ ด้วยเครื่องสับ แล้วตากแดดจนมีความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 45 ไปอัดแท่งแบบเย็นโดยไม่ใช้ตัวประสาน และใช้ตัวประสาน และนำไปตากแดดให้แห้ง เปลือกทุเรียนอัดแท่งดังกล่าวจะให้ค่าความร้อนใกล้เคียงกัน โดยให้ค่าความร้อน 3,671 , 3,699 และ 3,625 กิโลแคลอรี / กิโลกรัม น้ำหนักแห้ง สำหรับ การอัดแท่งแบบที่ไม่ใช้ตัวประสาน , แบบที่ใช้แฉ่งเปียกและแบบที่ใช้โมลาสเป็นตัวประสานตามลำดับ

มณฑา โกเฮง (2537 : 318) ได้ทำการศึกษาค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับการใช้สีย้อมจากพืชธรรมชาติ โดยการหาสารช่วยติด และเมื่อย้อมแล้วจะติดทนต่อสิ่งแวดล้อมต่างๆได้อย่างไร พบว่าพืชชนิดต่างๆ จะให้สีที่แตกต่างกัน เนื่องจากในเซลล์และเนื้อเยื่อของพืชมีสารประกอบหลายชนิด ที่สามารถให้สีที่ติดทนบนเส้นใยผ้าได้ และสารที่จะเป็นสีย้อมหรือสารช่วยติดที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้ 1) มีความเข้มข้นของสี เมื่อใช้ในปริมาณน้อยก็ให้สีที่เข้มได้ 2) ละลายน้ำได้เพื่อจะย้อมได้ง่าย อาจจะละลายในน้ำทันที หรือละลายในปฏิกิริยาเคมีขณะย้อม 3) ดูดซับเข้าไปในเส้นใยได้ดีและติดทนกับเส้นใย (Substantivity) ด้วยพันธะทางเคมีแบบต่างๆ 4) มีความติดทน (Fastness) เมื่อติดทนกับเส้นใยแล้วจะต้องติดทน ไม่ลอกหรือซีด (Fead) ได้ง่าย เมื่อซักน้ำ ถูแดด เหงื่อ การขัดสี ถ้วนหรือแก๊ส

#### งานวิจัยต่างประเทศ

ฮิล และ นากาโน (Hill and Nakano. 1984 : 285-295) ได้ทำการวิจัยการย่อยสลายกากมะเขือเทศแบบอับอากาศขั้นตอนเดียวในถังปฏิกรณ์ขนาด 4 ลิตร โดยเตรียมกากมะเขือเทศให้มีขนาดต่างๆกันคือ 1.3 , 2.4 , 3.2 , 12.7 และ 20 มิลลิเมตร มีอัตราการป้อนอินทรีย์สาร 3 กรัมของของแข็งระเหยต่อลิตรถึงปฏิกรณ์ต่อวัน ใช้ระยะเวลาเก็บกัก 18 วัน พบว่ากากมะเขือเทศที่มีขนาด 1.3 มิลลิเมตรสามารถผลิตก๊าซมีเทนได้สูงสุด คือผลิตก๊าซมีเทนได้ 0.81 ลิตรต่อลิตรถึงปฏิกรณ์ต่อวัน มีการขจัดของแข็งระเหยได้มากที่สุดคือร้อยละ 60.3 ของของแข็งทั้งหมด ในขณะที่กากมะเขือเทศที่มีขนาด 20 มิลลิเมตร ผลิตก๊าซได้เพียง 0.25 ลิตรต่อถึงปฏิกรณ์ต่อวัน

คาลซาดา (Calzada. 1984 : 217-230) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำที่ปั่นจากกากเหลือทิ้งการทำกาแฟ พบว่าการผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้กระบวนการหมักแบบขั้นตอนเดียวถึงปฏิกรณ์สามารถรับปริมาณการเติมของแฉ่งระเหยได้ 0.5-3 กรัมต่อลิตรถึงปฏิกรณ์ต่อวันที่ระยะเวลาเก็บกัก 10 วัน อัตราการเติมของแฉ่งระเหย 0.97 กรัมต่อลิตรถึงปฏิกรณ์ต่อวัน สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 1.55 ลิตรต่อลิตรถึงปฏิกรณ์ต่อวัน โดยมีองค์ประกอบเป็นก๊าซมีเทนร้อยละ 79 แต่เมื่อใช้กระบวนการหมักแบบสองขั้นตอนพบว่าสภาวะที่เหมาะสมทำให้ระบบอยู่ตัว คือ ขั้นตอนการผลิตกรดอินทรีย์ใช้ระยะเวลาเก็บกัก 0.5 วัน ที่ภาวะการเติมของแฉ่งระเหยได้ 5.6 กรัมต่อลิตรถึงปฏิกรณ์ต่อวันและในขั้นตอนการเกิดก๊าซมีเทนมีระยะเวลาเก็บกัก 8 วัน ที่ภาวะการเติมของแฉ่งระเหยได้ 1.8 กรัมต่อลิตรถึงปฏิกรณ์ต่อวัน สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 1.9 ลิตร ต่อถึงปฏิกรณ์ต่อวัน

วิสุวนัท และคนอื่นๆ (Viswanath and others. 1992 : 43-48) ได้ทำการศึกษาการกำจัดของเหลือทิ้งที่เกิดจากกระบวนการแปรรูปของผัก และผลไม้ ซึ่งเกิดจากผลไม้และผักหลายๆชนิด เช่น มะม่วง สับปะรด มะเขือเทศ ถั่วฝักยาว และส้ม เมื่อทำการทดลองที่ระยะเวลาเก็บกักและปริมาณการป้อนอินทรีย์สารต่างๆกัน พบว่าที่ปริมาณการป้อนอินทรีย์สาร 40 กิโลกรัมของของแข็งทั้งหมดต่อลูกบาศก์เมตรถึงปฏิกรณ์

ต่อวัน ที่ระยะเวลาเก็บกาก 20 วัน ปริมาณก๊าซสูงสุดคือ 0.6 ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัมของของแข็งทั้งหมด โดยมีก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบร้อยละ 51 ถึง 53

แซนเชซ (Sanchez 1992 : 635-638) ได้ทำการศึกษาผลของระยะเวลาเก็บกาก โดยทดลองหมักมูลวัวในถังปฏิกรณ์ขนาด 10 ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกากต่างๆ คือ 0.9 วัน 1.5 วัน 2.1 วัน 6 วัน และ 8 วัน พบว่าการเพิ่มระยะเวลาเก็บกากจะทำให้การขจัดอินทรีย์สารสูงขึ้น การลดระยะเวลาเก็บกากไม่มีผลในการยับยั้งกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ

จากงานวิจัยในประเทศและต่างประเทศ พบว่า เทคโนโลยีที่เหมาะสมใช้ต้นทุนในการผลิตต่ำและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่ำ ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาแพง แต่ใช้ทรัพยากรที่มีอยู่หรือพอหาได้ในท้องถิ่นนั้นๆ ท้องถิ่นสามารถผลิตหรือทำขึ้นเองได้ ใช้สิ่งที่ตนผลิตหรือคิดค้นขึ้นมาจากวัสดุที่มีอยู่หรือพอหาได้ และสามารถถ่ายทอดวิธีการได้อย่างผสมกลมกลืนกับสภาพเศรษฐกิจสังคม

## 2. งานวิจัยที่เกี่ยวกับกิจกรรมทางเทคโนโลยี

ศรีสว่าง เลี้ยววาริณ (2525 : บทคัดย่อ) ทำการศึกษาเรื่อง การยอมรับวิทยาการพื้นบ้านของประชาชนในจังหวัดราชบุรี ได้ศึกษาปัจจัยด้านสภาพทางสังคม ได้แก่ อายุ อาชีพ การศึกษา และสภาพทางเศรษฐกิจ ได้แก่ รายได้ที่มีผลต่อการยอมรับวิทยาการ วิทยาการเดาเศรษฐกิจ และบ่อผลิตแก๊สจากมูลสัตว์ ของประชาชนในจังหวัดราชบุรี ผลการวิจัยพบว่าปัจจัยด้านสภาพสังคม ได้แก่ อายุ อาชีพ การศึกษา ไม่มีความสัมพันธ์กับการยอมรับวิทยาการพื้นบ้าน แต่สภาพทางเศรษฐกิจ ได้แก่ รายได้มีความสัมพันธ์กับการยอมรับวิทยาการพื้นบ้าน เดเศรษฐกิจ และบ่อแก๊สจากมูลสัตว์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมคิด กุบแก้ว (2529 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ความสอดคล้องของเนื้อหาเทคโนโลยีในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ กับความต้องการของท้องถิ่น พบว่า

1. จากปริมาณการสอนเนื้อหาเทคโนโลยีในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สายวิชาเคมี ชีววิทยา และฟิสิกส์ 60 เรื่อง มี 4 เรื่องที่มีปริมาณมากกว่าความต้องการทางเทคโนโลยีของท้องถิ่นจังหวัดอุบลราชธานีคือ การกลั่น หลักการของถ่านไฟฉาย หลักการของแบตเตอรี่ และการชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้า ส่วนอีก 56 เรื่องมีปริมาณการสอนน้อยกว่าความต้องการของท้องถิ่น

2. จากปริมาณการสอนเนื้อหาเทคโนโลยีในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายวิชาเคมี ชีววิทยา และฟิสิกส์ จำนวน 60 เรื่อง สอดคล้องกับปริมาณความต้องการของท้องถิ่น จำนวน 17 เรื่อง ได้แก่ การใช้ยากำจัดวัชพืชและศัตรูพืช การใช้สารเคมีในการถนอมอาหาร การใช้ฮอร์โมนในการกระตุ้นความพร้อมในการผสมพันธุ์ กังหันน้ำ กังหันลม หลักการและวิธีการของเครื่องกลผ่อนแรง การต่อวงจรไฟฟ้าภายในบ้าน การต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า การทำหม้อแปลงไฟฟ้า การกลั่น การกรอง กรรมวิธีการสกัดและการทำสีจากพืชที่หาได้ในท้องถิ่น หลักการของถ่านไฟฉาย หลักการของแบตเตอรี่ การป้องกัน การฟุกร่อนของโลหะ การชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้า การทำน้ำหอม และผลิตภัณฑ์จากแอลกอฮอล์ ส่วนอีก 43 เรื่อง ปริมาณการสอนไม่สอดคล้องกับความต้องการของท้องถิ่น

อัมพร ปัญญา (2531 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การวิเคราะห์เนื้อหาวิทยาศาสตร์ในหนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่าหนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์สำหรับระดับมัธยมศึกษาทั้ง 6 เล่ม มีเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับเทคโนโลยีประเภทพลังงานและสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ มีอยู่ร้อยละ 47.33 รองลงมาคือ ประเภทเครื่องมือที่ใช้วัดร้อยละ 36.67 ประเภทโลหะและวัสดุศาสตร์ร้อยละ

14.67 และประเภทอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ร้อยละ 1.33 ตามลำดับ หนังสือเรียนทั้ง 6 เล่มมีเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีมากที่สุด คือ มืออยู่ร้อยละ 95.33 รองลงมาคือ ระดับที่ทำให้เกิดทักษะการใช้เทคโนโลยีร้อยละ 4.67 และไม่พบว่ามีเนื้อหาวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเทคโนโลยีในระดับที่ทำให้ รู้จักปรับปรุงแก้ไขและสร้างสิ่งต่าง ๆ ให้เกิดประโยชน์

วิสุทธิ ตรีเงิน (2534 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลของกิจกรรมพื้นฐานทางเทคโนโลยีที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นปีที่ 1 ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างยนต์ โรงเรียนช่างฝีมือปทุมธานี กรุงเทพมหานคร จำนวน 2 ห้องเรียน ซึ่งเป็นนักเรียนชายทั้งหมด แบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 45 คน โดยใช้ชุดกิจกรรมพื้นฐานทางเทคโนโลยีจำนวน 9 กิจกรรม ในชั่วโมงกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิทยาศาสตร์ 8 สัปดาห์ ละ 2 คาบ ๆ ละ 50 นาที ผลการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีความคิดทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม แสดงว่ากิจกรรมพื้นฐานทางเทคโนโลยีสามารถนำไปใช้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้

วรรณสูตร พันธุมะเกียรติ (2535 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ความสอดคล้องของการสอนเนื้อหาเทคโนโลยีในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น กับความต้องการของท้องถิ่นจังหวัดปราจีนบุรี พบว่าจากการทดสอบความสอดคล้องของการสอนเนื้อหาเทคโนโลยีของกลุ่มครูกับความต้องการทางเทคโนโลยีของกลุ่มท้องถิ่น จำนวน 47 เรื่อง มีความสอดคล้องกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 เพียง 5 เรื่องเท่านั้น ส่วนอีก 42 เรื่อง ไม่สอดคล้องกัน ดังนั้นครูจึงควรเลือกเนื้อหาเทคโนโลยีที่สอดคล้องกับความต้องการของท้องถิ่นมาสอนเน้นมากเป็นพิเศษเพื่อที่นักเรียนที่จบการศึกษาไปแล้วสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน หรือนำไปประกอบอาชีพได้

จากผลงานวิจัยในประเทศเกี่ยวกับกิจกรรมทางเทคโนโลยีสรุปได้ว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับวิทยาการพื้นบ้าน และในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนั้นจะให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ได้ต้องสอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้สอดคล้องกับความต้องการของท้องถิ่น เพื่อที่จะได้นำไปใช้ในชีวิตประจำวันต่อไป

### 3. งานวิจัยเกี่ยวกับชุดการเรียนการสอนหรือชุดกิจกรรม

#### งานวิจัยในประเทศ

สุนทรี วัฒนพันธุ์ (2535 : 92) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการตัดสินใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ประเภททดลองกับที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ประเภททดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สมชัย อุ่นอนันต์ (2539 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมเทคโนโลยีในท้องถิ่นที่มีต่อความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสนใจทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ชุดกิจกรรมเทคโนโลยีในท้องถิ่นกับการสอนโดยครูเป็นผู้สอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รัตนะ บัวรา (2540 : 102) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดการเรียนด้วย

ตนเองกับการสอนตามคู่มือครูพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเองสูงกว่าของนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กรณีกา ไผทจันทร์ (2541 : 103) ได้ศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมสิ่งแวดล้อม ตามวิธีการวิจัยในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อสิ่งแวดล้อมในกิจกรรมชุมนุมกิจกรรมวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมสิ่งแวดล้อมตามวิธีการวิจัยกับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

นุศรา เอี่ยมวรรัตน์ (2542 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมสิ่งแวดล้อมแบบยั่งยืนกับการสอนโดยครูเป็นผู้สอน ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมสิ่งแวดล้อมแบบยั่งยืนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อสิ่งแวดล้อมแตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับการสอนโดยครูเป็นผู้สอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

#### งานวิจัยต่างประเทศ

บาร์ด (Bard. 1975 : 5947 — A) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพของนักศึกษาที่ Southern Colorado State College โดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปกับการสอนตามปกติ กลุ่มทดลองสอนโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูป กลุ่มควบคุมแบบปกติ ปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองไม่แตกต่างกัน

วีวาส (Vivas. 1985 : 603) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบพัฒนา และประเมินค่าของการรับรู้ทางความคิดของนักเรียน เกรด 1 ในประเทศเวเนซุเอล่า โดยใช้ชุดการสอนจากการศึกษาเกี่ยวกับความเข้าใจในการพัฒนาทักษะทั้ง 5 ด้าน คือ ด้านความคิด ด้านความพร้อมในการเรียน ด้านความคิดสร้างสรรค์ ด้านเชาว์ปัญญา และด้านการปรับตัวทางสังคม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 1 จากโรงเรียนเรนิสแกวเญียร์ เขตรัฐมิลันต้า ประเทศเวเนซุเอล่า จำนวน 214 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 3 ห้องเรียน จำนวน 114 คน ได้รับการสอนโดยใช้ชุดการสอนจากการศึกษาเกี่ยวกับความเข้าใจในการพัฒนาทักษะทั้ง 5 ด้านกลุ่มควบคุม 3 ห้องเรียน จำนวน 100 คน ได้รับการสอนตามปกติ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดการสอน มีความสามารถเพิ่มขึ้นในด้านความคิด ด้านความพร้อมในการเรียน ด้านความคิดสร้างสรรค์ ด้านเชาว์ปัญญา และด้านการปรับตัวทางสังคม หลังจากได้รับการสอนด้วยชุดการสอนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ

วิลสัน (Wilson. 1989 : 416) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์ผลการใช้ชุดการสอนของครูเพื่อแก้ปัญหาในการเรียนของเด็กเรียนช้าด้านคณิตศาสตร์เกี่ยวกับ การบวก การลบ ผลการวิจัยพบว่า ครูผู้สอนยอมรับว่าการใช้ชุดการสอนมีผลดีมากกว่าการสอนตามปกติ อันเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยให้ครูสามารถแก้ปัญหาการสอนที่อยู่ในหลักสูตรสำหรับเด็กเรียนช้า

จากงานวิจัยสรุปได้ว่า การสอนโดยใช้ชุดกิจกรรม สามารถนำมาใช้จัดการเรียนการสอนได้ ซึ่งมีแนวโน้มทำให้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ในด้านการทดลอง ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ความสนใจทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ความพร้อมทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ การปรับตัวทางสังคม และเจตคติต่อสิ่งแวดล้อม สูงกว่าหรือแตกต่างจากการเรียนตามปกติ

#### 4. งานวิจัยที่เกี่ยวกับความตระหนักถึงผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อสิ่งแวดล้อม

##### งานวิจัยในประเทศ

ขวัญ สงวนเสริมศรี (2529 : ก-ข) ได้ทำการวิจัยเรื่อง “ความรู้และความตระหนักของคณะกรรมการหมู่บ้าน (กม.) ในการอนุรักษ์ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมศิลปกรรม ศึกษากรณีอำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี” ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. คณะกรรมการหมู่บ้านส่วนใหญ่มีความตระหนักในการอนุรักษ์ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมศิลปกรรมอยู่ในระดับปานกลาง โดยคณะกรรมการหมู่บ้านที่มีที่พักอาศัยอยู่ห่างจากแหล่งธรรมชาติหรือโบราณสถานที่ใกล้ที่สุดตั้งแต่ 5 -14 กิโลเมตร จะมีความตระหนักในการอนุรักษ์ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมศิลปกรรม มากกว่ากลุ่มที่อยู่ใกล้หรือใกล้กว่านี้ซึ่งทดสอบพบว่ามีความสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ลักษณะการดำรงตำแหน่ง ระยะเวลาในการดำรงตำแหน่ง ขนาดที่ดินที่ใช้ประโยชน์ การรับข่าวสาร และการมีส่วนร่วมในกิจกรรมชุมชน ไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างของความตระหนักในการอนุรักษ์ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมศิลปกรรม อย่างมีความสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. คณะกรรมการหมู่บ้านที่มีส่วนร่วมในกิจกรรมชุมชนมากจะมีความตระหนักในการอนุรักษ์ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมศิลปกรรมมากขึ้นด้วย

จิราพร จักรไผวงศ์ (2530 : 124-125) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาในการบริโภคอาหารที่มีวัตถุเจือปนและเครื่องปรุงรสของแม่บ้านในเขตกรุงเทพมหานคร โดยทำการศึกษากับกลุ่มแม่บ้านในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 594 ราย ผลการศึกษาพบว่า ประชากรที่ศึกษาส่วนใหญ่มีความตระหนักมากต่อปัญหาดังกล่าว ตัวแปรทางเศรษฐกิจและสังคม อันได้แก่ การศึกษาและรายได้ของครอบครัวต่อเดือนที่แตกต่างกัน ก่อให้เกิดความแตกต่างกันในเรื่องความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาในการบริโภคอาหารที่มีวัตถุเจือปนและเครื่องปรุงอย่างมีความสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนเขตที่อยู่อาศัยที่แตกต่างกันก่อให้เกิดความแตกต่างกันในเรื่องความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาในการบริโภคอาหารที่มีวัตถุเจือปนและเครื่องปรุงรสอย่างมีความสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 นอกจากนี้ข้อค้นพบที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ ความรู้เกี่ยวกับปัญหาในการบริโภคอาหารที่มีวัตถุเจือปนและเครื่องปรุงรส มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาในการบริโภคอาหารที่มีวัตถุเจือปนอย่างมีความสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

นิพนธ์ สิงห์สมาน (2534 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาความตระหนักถึงผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เขตการศึกษา 11 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในเขตการศึกษา 11 ปีการศึกษา 2533 จำนวน 750 คน ผลการวิจัยพบว่า

1. ความตระหนักถึงผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนอยู่ในระดับสูง

2. นักเรียนหญิงและนักเรียนชายมีความตระหนักถึงผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่างกัน โดยนักเรียนหญิงจะมีความตระหนักมากกว่านักเรียนชาย

3. ความตระหนักถึงผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในทางบวกนอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนที่เรียนในโรงเรียนมัธยมศึกษาระดับจังหวัด อำเภอ และตำบลมีความตระหนักถึงผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่อสิ่งแวดล้อมแตกต่างกัน

โดยนักเรียนในโรงเรียนมัธยมศึกษาในระดับจังหวัดมีความตระหนักถึงผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่อสิ่งแวดล้อมสูงกว่านักเรียนมัธยมศึกษาในระดับอำเภอและตำบล แต่นักเรียนในโรงเรียนมัธยมศึกษาในระดับอำเภอและตำบล มีความตระหนักถึงผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อสิ่งแวดล้อมไม่แตกต่างกัน

เอียน วิเศษชาติ (2534 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาความตระหนักถึงผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อสิ่งแวดล้อมของครูวิทยาศาสตร์ กรมสามัญศึกษา เขตการศึกษา 10 กลุ่มตัวอย่างเป็นครูวิทยาศาสตร์ กรมสามัญศึกษา เขตการศึกษา 10 ปีการศึกษา 2533 จำนวน 253 คน ผลการวิจัยพบว่า

1. ครูวิทยาศาสตร์ กรมสามัญศึกษา เขตการศึกษา 10 มีความตระหนักถึงผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับสูง

2. ครูวิทยาศาสตร์เพศหญิงและเพศชายมีความตระหนักถึงผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแตกต่างกัน โดยครูเพศหญิงมีความตระหนักถึงผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมากกว่าเพศชาย

3. ครูวิทยาศาสตร์ที่มีประสบการณ์การสอนต่างกัน มีความตระหนักถึงผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อสิ่งแวดล้อมไม่แตกต่างกัน

4. ครูวิทยาศาสตร์ที่มีวุฒิการศึกษาต่างกันมีความตระหนักถึงผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อสิ่งแวดล้อมต่างกัน โดยครูที่มีวุฒิปริญญาโทจะมีความตระหนักถึงผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าครูวิทยาศาสตร์ที่มีวุฒิปริญญาตรี และอนุปริญญา

#### งานวิจัยต่างประเทศ

เอลาโม (Alaimo. 1979 : 5427-5428-A) ได้ศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการตระหนักและความเข้าใจในปัญหาสิ่งแวดล้อมของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับ 7 ถึงระดับ 12 ที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์อยู่เสมอ และนักเรียนระดับ 9 ถึงระดับ 12 ที่ไม่ได้เรียนวิชาวิทยาศาสตร์เลย ปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ ระดับชั้นของนักเรียน เพศ การรับรู้เกี่ยวกับตนเองในเรื่องความรับผิดชอบในสิ่งแวดล้อม โอกาสที่จะแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม ความรู้ในเรื่องปัญหาสิ่งแวดล้อม และแหล่งข้อมูลเกี่ยวกับ สิ่งแวดล้อม ซึ่งได้แก่ โทรทัศน์ ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ วารสาร สิ่งพิมพ์ บิดามารดา การเรียนเกี่ยวกับสังคม และหนังสือพิมพ์ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีความตระหนักในด้านการอนุรักษ์ธรรมชาติ และด้านการเมืองอยู่ในระดับสูง ความตระหนักในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมกับตัวแปรเพศไม่มีความสัมพันธ์กัน นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณยังพบว่าระดับชั้นของนักเรียนและแหล่งข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม ได้แก่ โทรทัศน์ ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ วารสารสิ่งพิมพ์ บิดา มารดา การเรียนเกี่ยวกับสังคม และหนังสือพิมพ์ มีความสัมพันธ์กับความตระหนักและความเข้าใจในปัญหาสิ่งแวดล้อม ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมของนักเรียนต่างระดับกันจะต้องจัดให้เหมาะสม และนักเรียนที่เรียนวิทยาศาสตร์กับนักเรียนที่ไม่ได้เรียนวิทยาศาสตร์ก็มีสิ่งที่กระตุ้นซึ่งมีอิทธิพลต่อการตระหนักถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมต่างกัน จึงต้องจัดกิจกรรมให้เหมาะสมแก่กลุ่มนักเรียนด้วย

วินสตัน (Winston.1979 : 3412-3413-A) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความตระหนักในปัญหาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมกับความเป็นห่วงกังวลต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนจากโรงเรียนในชิคาโกเพื่อที่จะได้นำข้อมูลมาเป็นพื้นฐานในการจัดหลักสูตรสิ่งแวดล้อมศึกษา ผลการศึกษาพบว่าความตระหนักในปัญหาสิ่งแวดล้อมกับความเป็นห่วงกังวลต่อคุณภาพของสิ่งแวดล้อมของนักเรียนไม่มี

ความสัมพันธ์กันอย่างไร มีนัยสำคัญทางสถิติ สรุปได้ว่านักเรียนที่แสดงตนว่ามีความเป็นห่วงกังวลต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมไม่จำเป็นต้องมีความตระหนักในปัญหาสิ่งแวดล้อม

ไบบี (Bybee.1980 : 377-395) ได้รายงานถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับสังคมดังนี้ โดยได้รายงานตั้งแต่ปี 1957-1976 สรุปได้ว่าในปี 1957 หลังจากที่รัสเซียได้ส่งดาวเทียมสปุตนิกขึ้นไปโคจรในอวกาศแล้ว ประชาชนคิดว่าวิทยาศาสตร์ควรได้รับการสนับสนุนกันว่าเป็นสิ่งแรก พอ 7 ปีต่อมาประชาชนคิดว่า วิทยาศาสตร์ได้ทำให้ชีวิตเปลี่ยนแปลงมากและเร็วเกินไป จนบางส่วนคิดว่าวิทยาศาสตร์ได้ทำลายจริยธรรมของคนทั้งหลายไป ในปี 1974 เมื่อมีการใช้วิทยาศาสตร์เข้ามาแก้ไขปัญหาด้านสังคมมากขึ้น เช่น การถนอมอาหาร การควบคุมอัตราการเกิดของประชากร การผลิตพลังงานรูปแบบต่าง ๆ ให้มนุษย์ได้ใช้ และการนำวิทยาศาสตร์มาแก้ไขมลพิษต่าง ๆ จึงทำให้ทัศนคติของประชาชนที่มีต่อวิทยาศาสตร์ดีขึ้นแต่ก็ทำให้เกิดปัญหามากมาย เมื่อวิทยาศาสตร์ทำให้เกิดปัญหามากมายจึงได้ทำการสำรวจนักเรียนในวัย 13-19 ปี จำนวน 2,500 คน ดูว่ามีความเข้าใจถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในสังคมมากแค่ไหน และมีความตั้งใจจริงที่จะช่วยแก้ไขปัญหานั้นหรือไม่ โดยใช้แบบสอบถามของ NAEP (National Assessment of Educational Progress) เป็นเครื่องมือในการสำรวจ ผลการสำรวจพบว่า 1 ใน 3 ของประชากรที่สำรวจรู้ว่า เครื่องยนต์ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศในเมือง ร้อยละ 30 ของเด็กอายุ 17 ปี รู้ว่ากากของสารกัมมันตรังสีจะทำลายสภาพแวดล้อมได้มากกว่าสารอื่น ร้อยละ 16 ของเด็กอายุ 13 ปีรู้ถึงความจำเป็นที่ประเทศต้องพัฒนาทั้งหลายต้องใช้ยาฆ่าแมลง เรื่องปัญหามลพิษ การสูญเสียพลังงาน ภาวะการขาดอาหาร จำนวนประชากร เชื้อโรค การสงวนทรัพยากรธรรมชาติ

คอร์ทีส (Cortes.1987 : 2529-A) ได้ทำการสำรวจในเรื่องของความรู้ ความเข้าใจ ความรับผิดชอบ และความสนใจในสิ่งแวดล้อมของครูและนักเรียนมัธยมศึกษาในประเทศฟิลิปปินส์ โดยวัดจากคะแนนความมีจิตสำนึกในสิ่งแวดล้อมของกลุ่มตัวอย่างซึ่งมีค่าตามเกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและปัญหาสิ่งแวดล้อม เพื่อนำผลการวิจัยไปใช้ในการสร้างหลักสูตรผลการวิจัยพบว่า

1. ลักษณะชุมชน เขตที่อยู่อาศัย และปฏิสัมพันธ์ภายในโรงเรียนร่วมกัน อธิบายความแปรปรวนของคะแนนความมีจิตสำนึกในสิ่งแวดล้อมของนักเรียนได้
2. นักเรียนส่วนใหญ่ตระหนักถึงภัยจากมลพิษ ยาฆ่าแมลง พายุ การสร้างเขื่อนและภูเขาไฟ แต่ไม่รู้ถึงผลเสียของการทำลายป่า การใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ ในการประมง และการเพิ่มประชากรในฟิลิปปินส์
3. นักเรียนไม่มีค่านิยมในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม
4. นักเรียนในเขตเมืองมีความสนใจต่อสิ่งแวดล้อมธรรมชาติน้อยกว่านักเรียนในชนบท
5. ความมีจิตสำนึกในสิ่งแวดล้อมของครูได้รับอิทธิพลมาจากชุมชนไม่ใช่มาจากการสอนในรายวิชาที่ตนสอน

6. ครูตระหนักถึงเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เป็นสิ่งแวดล้อมรอบตัว แต่ไม่อาจให้รายละเอียดอธิบายได้จากการศึกษางานวิจัยภายในประเทศพบว่า มีผู้ทำการวิจัยเกี่ยวกับความตระหนักในปัญหาสิ่งแวดล้อมจากสาเหตุต่างๆ กัน ข้อค้นพบนั้นพบว่าส่วนใหญ่มีความตระหนักในเรื่องเหล่านั้นอยู่ในระดับปานกลางถึงระดับสูงมาก การศึกษาวิจัยมีทั้งที่ทำการศึกษากับครู นักเรียน แม่บ้าน และประชาชนทั่วไปจากการศึกษากับประชาชนและแม่บ้านพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมเหล่านั้นได้แก่ การศึกษา รายได้ของครอบครัว เขตที่อยู่อาศัย การรับข่าวสารมวลชน และการสื่อสารระหว่างบุคคล อายุและระยะเวลาที่อยู่ในชุมชน และการศึกษาพบว่าปัญหาสิ่งแวดล้อมเกิดขึ้นเนื่องมาจากการขาดจิตสำนึกในความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมด้วย ส่วนงานวิจัยที่ศึกษากับครูนั้นพบว่า ครูเพศหญิงมีความ

ตระหนักมากกว่าครูเพศชาย ส่วนอายุ วุฒิการศึกษา สาขาวิชาที่สำเร็จ หมวดวิชาที่สอน จำนวนปีที่สอน ไม่มีผลต่อคะแนนความตระหนักในผลกระทบของสิ่งแวดล้อม และพบว่าความรู้จะมีความสัมพันธ์กับความตระหนักในเชิงบวก

ส่วนงานวิจัยต่างประเทศพบว่า ครูมีจิตสำนึกในปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยได้รับอิทธิพลมาจากชุมชน ไม่ได้มาจากรายวิชาที่ตนสอน ครูตระหนักถึงภาวะมลพิษต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวแต่ไม่อาจให้รายละเอียดได้ และครูมีความเห็นว่าควรให้เด็กได้เรียนวิชาที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมศึกษาเพื่อช่วยแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม ส่วนที่ทำการศึกษากับนักเรียนพบว่าความตระหนักในปัญหาสิ่งแวดล้อมกับความเป็นห่วงกังวลต่อคุณภาพของสิ่งแวดล้อมของนักเรียนไม่มีความสัมพันธ์กัน แต่ระดับชั้นของนักเรียน แหล่งข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม ได้แก่ โทรทัศน์ ห้องเรียน สิ่งพิมพ์ บิดามารดา มีความสัมพันธ์กับความตระหนักและความเข้าใจในปัญหาสิ่งแวดล้อม นักเรียนส่วนใหญ่ตระหนักถึงภัยจากมลพิษ ยาฆ่าแมลง พายุ การสร้างเขื่อน และจากภูเขาไฟ แต่ไม่รู้ถึงผลเสียของการทำลายป่า การใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ ในการประมง

จากการศึกษางานวิจัยดังกล่าว สรุปได้ว่า ปัจจัยที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการปฏิบัติการทดลอง มีความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ และมีความตระหนักต่อเทคโนโลยีนั้น ได้แก่ วิธีการสอน โดยให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ การให้โอกาสได้ลงมือปฏิบัติและเสนอความคิด การให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม การใช้สถานการณ์หรือปัญหาที่มีผลต่อผู้เรียน เพื่อยั่วให้ผู้เรียนได้ใช้ความสามารถที่มีอยู่อย่างเต็มที่ และการเรียนการสอนที่จะบรรลุผลได้นั้นเนื้อหาวิชาควรให้มีความสอดคล้องกับความต้องการของท้องถิ่น เพื่อจะได้นำไปใช้ในชีวิตประจำวันต่อไป

### บทที่ 3

## วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

### รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่องเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อกำหนดโครงงานวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ

- ตอนที่ 1 การสำรวจและคัดเลือกโครงงานวิทยาศาสตร์
- ตอนที่ 2 การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
- ตอนที่ 3 การพัฒนาชุดกิจกรรมสำหรับใช้ในการสอน
- ตอนที่ 4 การนำชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

#### ตอนที่ 1 การสำรวจและคัดเลือกโครงงานวิทยาศาสตร์

สำหรับการวิจัยในตอนที่ 1 เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) แบ่งการดำเนินการดังนี้

1. ผู้วิจัยสำรวจและคัดเลือกโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ที่ได้รับรางวัลจากการประกวดโครงงานวิทยาศาสตร์ในวันวิทยาศาสตร์แห่งชาติ จากระดับภาค และระดับประเทศ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2542 ถึงปี พ.ศ.2544 โดยใช้เกณฑ์ตามรายงานการสัมมนาของมหาวิทยาลัยมหิดล (2522:163) ประกอบด้วย 1) เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทพลังงาน 2) เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทวัสดุเหลือใช้ 3) เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภททรัพยากรในห้องถิ่น เป็นเกณฑ์ในการจำแนกประเภทของโครงงานวิทยาศาสตร์โดยคำนึงถึงการใช้ประโยชน์ต่อการดำรงชีวิต คัดเลือกไว้จำนวนทั้งสิ้น 10 โครงงาน โดยผู้วิจัยได้จัดจำแนกประเภทแล้วดังตาราง 2

ตาราง 2 การจัดจำแนกโครงงานวิทยาศาสตร์ตามประเภทของเทคโนโลยีที่เหมาะสม

| เทคโนโลยีที่เหมาะสม      | โครงงานวิทยาศาสตร์                                                                                               |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ประเภทพลังงาน            | 1. เตาพลังสุริยะ<br>2. การศึกษาปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักวัสดุเหลือใช้<br>3. เครื่องวัดทิศทางและความเร็วลม |
| ประเภทวัสดุเหลือใช้      | 4. การทำเชื้อเพลิงชีว<br>5. ฟีนประยุกต์<br>6. ถ่านกัมมันต์จากเปลือกผลไม้                                         |
| ประเภททรัพยากรในห้องถิ่น | 7. กระดาษกล้วย<br>8. ไข่เค็มเร็วหลากรส<br>9. ตั๋ววงจรชีวิตพืชหนอนแมลง<br>10. การย้อมสีจากพืชธรรมชาติ             |

2. นำโครงการที่ได้คัดเลือกไว้ เสนอผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วย ผู้มีประสบการณ์ การตัดสินผลการประกวดโครงการวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน คือ อาจารย์กนกศักดิ์ ทองตั้ง อาจารย์รังสรรค์ ศรีสาคร จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครูผู้สอนโครงการ วิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน คือ อาจารย์ภาณี ไกรลักษณะวรภา โรงเรียนราชวินิตมัธยม อาจารย์จุติมา จันทรตระกูล โรงเรียนมัธยมวัดเบญจมบพิตร และ นักวิชาการ จำนวน 1 ท่าน คือ อาจารย์ชูศิลป์ อัครชู จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พิจารณาบททวนและตรวจสอบการจัดจำแนก ประเภทที่ผู้วิจัยจำแนกไว้ เพื่อพิจารณาความถูกต้องโดยใช้เกณฑ์เทคโนโลยีที่เหมาะสมตามข้อ 1

3. นำโครงการที่ผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิ มาจัดกระทำโดยเลือกโครงการที่ผู้ทรงคุณวุฒิ มีความคิดเห็นตรงกันมากที่สุด ที่นำมาทดลองแล้วเป็นไปได้ในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ ในด้าน การปฏิบัติการทดลองมาประเภทละ 1 โครงการ เพื่อพัฒนาเป็นชุดกิจกรรมโดยมีการพัฒนาปรับปรุงจาก โครงการเดิมเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพของท้องถิ่น ปรากฏผลดังต่อไปนี้

- เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทพลังงาน ได้แก่ การศึกษาปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จาก การหมักวัสดุเหลือใช้

- เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทวัสดุเหลือใช้ ได้แก่ การทำเชื้อเพลิงชีว

- เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภททรัพยากรในท้องถิ่น ได้แก่ การย้อมสีจากพืชธรรมชาติ

## ตอนที่ 2 การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

สำหรับการวิจัยในตอนที่ 2 เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ซึ่งผู้วิจัยนำผลการ คัดเลือกโครงการวิทยาศาสตร์ จากตอนที่ 1 มาทำการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เพื่อศึกษาถึง เทคโนโลยีที่เหมาะสม 3 ประเภท คือ 1) เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทพลังงาน 2) เทคโนโลยีที่เหมาะสม ประเภทวัสดุเหลือใช้ 3) เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภททรัพยากรในท้องถิ่น รายละเอียด ปรากฏดังนี้

### 1. เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทพลังงาน ได้แก่

1.1 การศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมัก เปลือกผลไม้ และเศษผัก โดยนำวัสดุ แต่ละชนิดมาหมักรวมกับมูลไก่ ในอัตราส่วนที่เหมาะสม เป็นเวลา 1 วัน โดยมีอัตราส่วน ดังนี้

- เปลือกผลไม้ผสมกับมูลไก่ ในอัตราส่วน 160 กรัม : 10 กรัม

- เศษผักผสมกับมูลไก่ ในอัตราส่วน 160 กรัม : 10 กรัม

1.2 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักเปลือกผลไม้และเศษผัก ซึ่งแต่ละ ชนิดนำมาหมักรวมกับมูลไก่ โดยปริมาณของก๊าซที่ได้ เกิดจากการเข้าไปแทนที่น้ำในกระบอกเก็บก๊าซ

### 2. เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทวัสดุเหลือใช้ ได้แก่

2.1 ศึกษาการเตรียมแป้งเปียก สำหรับใช้เป็นตัวประสาน ซึ่งทำด้วยแป้งมันสำปะหลังที่มี ความเข้มข้น ร้อยละ 10 , 20 และ 30 โดยปริมาตร

2.2 ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงชีวจากผักตบชวา และผักตบชวาสสมผงถ่านที่เหลือทิ้งโดยนำ แต่ละชนิดผสมรวมกับตัวประสานแป้งเปียก ในอัตราส่วนดังนี้

- ผักตบชวล้วน 50 กรัม

- ผักตบชวาสสมผงถ่าน ในอัตราส่วน 40 กรัม : 10 กรัม

- ผักตบชวาสสมผงถ่าน ในอัตราส่วน 30 กรัม : 20 กรัม

- ผักตบชวาสสมผงถ่าน ในอัตราส่วน 20 กรัม : 30 กรัม

- ผักตบชวาสสมผงถ่าน ในอัตราส่วน 10 กรัม : 40 กรัม

2.3 ศึกษาคุณภาพของเชื้อเพลิงในแต่ละอัตราส่วน โดยดูจากการจุดติดไฟ ลักษณะเผา ความร้อนและคงรูปของเชื้อเพลิง ลักษณะควันไฟ และระยะเวลาในการเผาไหม้

### 3. เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภททรัพยากรในห้องถิ่น ได้แก่

3.1 ศึกษาการสกัดสีจากพืชที่หาได้ง่าย คือ ขมิ้น โดยนำเหง้าขมิ้น 200 กรัมบดให้ละเอียด และนำไปสกัดสีในน้ำร้อน นานประมาณ 20 นาที

3.2 ศึกษาสารที่เป็นสารช่วยย้อมที่ทำให้สีของขมิ้นติดได้ทนนาน ได้แก่ เกลือแกง สารส้ม และปูนขาว โดยนำสารช่วยย้อมแต่ละชนิดมาผสมกับสีที่สกัดได้จากพืชธรรมชาติ ในอัตราส่วนดังนี้

- สีที่สกัดได้จากขมิ้นผสมกับเกลือแกง ในอัตราส่วน 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร :10 กรัม
- สีที่สกัดได้จากขมิ้นผสมกับสารส้ม ในอัตราส่วน 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร :10 กรัม
- สีที่สกัดได้จากขมิ้นผสมกับปูนขาว ในอัตราส่วน 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร :10 กรัม

### 3.3 ทดลองและตรวจสอบประสิทธิภาพของสารช่วยย้อมด้วยการซักและใช้ความร้อน

เหตุผลของการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่เหมาะสมทั้ง 3 ประเภท ดังกล่าวข้างต้นโดยมีการปรับปรุงจากโครงการเดิมเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพท้องถิ่นเนื่องจาก

1. เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทพลังงาน ผู้วิจัยเลือกเปลือกผลไม้และเศษผักมาใช้ในการทดลอง เพราะ หาได้ง่ายและมีปริมาณมากโดยเฉพาะบริเวณที่มีการซื้อขายผักและผลไม้ เป็นการลดปริมาณขยะที่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม ส่วนมูลไก่เป็นสิ่งที่ได้จากโรงเรียนที่ผู้วิจัยทำการทดลอง เนื่องจาก บริเวณโรงเรียนเกษตรมีการเลี้ยงไก่

2. เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทวัสดุเหลือใช้ ผู้วิจัยเลือกผักตบชวาใช้ในการทดลอง เพราะเป็นอุปสรรคอย่างยิ่งต่อการคมนาคมทางน้ำ เป็นแหล่งชีวมวลที่ใหญ่ที่สุดของประเทศที่มีอยู่ทั่วไปและสามารถนำมาอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงเขียวใช้ในการหุงต้มได้ ส่วนผงถ่านที่เหลือทิ้งถึงแม้ส่วนใหญ่จะมีคุณภาพต่ำ แต่มีปริมาณมากและน่าสนใจทั้งยังมีราคาถูกที่จะนำมาใช้ทดแทนฟืนและถ่านได้อย่างดี

3. เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภททรัพยากรในห้องถิ่น ผู้วิจัยเลือกขมิ้นมาใช้ในการทดลอง เพราะนักเรียนส่วนใหญ่รู้จักและบางแห่งยังมีการปลูกขมิ้นรวมทั้งการสกัดสีจากขมิ้นหาได้ง่าย ส่วนเกลือแกง สารส้ม และปูนขาวเป็นสารช่วยย้อม ที่หาได้จากห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เนื่องจากเป็นสิ่งที่ใช้ในการเรียนการสอนตามปกติอยู่แล้วและไม่ยากสำหรับนักเรียน

### ตอนที่ 3 การพัฒนาชุดกิจกรรมสำหรับใช้ในการสอน

สำหรับการวิจัยในตอนที่ 3 นี้ ผู้วิจัยนำผลการทดลองที่ได้จากตอนที่ 2 มาดำเนินการพัฒนาเป็นชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม ในการพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม ได้จัดทำเอกสาร 2 ชุด คือ

1. ชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม
2. คู่มือครูประกอบการสอนชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม

ในการดังกล่าวผู้วิจัยได้ดำเนินการ ดังต่อไปนี้

### 1. การพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม

การพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

1) ศึกษาจุดมุ่งหมายของหลักสูตร จุดประสงค์รายวิชาวิทยาศาสตร์ จากหนังสือหลักสูตร มัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533) และศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับเทคโนโลยี

ที่เหมาะสมประเภทพลังงาน ประเภทวัสดุเหลือใช้ และประเภททรัพยากรในท้องถิ่น เพื่อใช้ประกอบในการกำหนดเนื้อหา จุดประสงค์ การวัดและประเมินผล ของการสร้างชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม

2) วิเคราะห์จุดมุ่งหมายของกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อนำมากำหนดจุดมุ่งหมายในชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมที่พัฒนาขึ้น

3) กำหนดจุดประสงค์ของชุดกิจกรรมแต่ละกิจกรรม

4) พัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม ซึ่งประกอบด้วยชุดกิจกรรมสำหรับใช้ในการสอนจำนวน 3 ชุด ดังนี้

กิจกรรมที่ 1 เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทพลังงาน

กิจกรรมที่ 2 เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทวัสดุเหลือใช้

กิจกรรมที่ 3 เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภททรัพยากรในท้องถิ่น

5) นำชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ และนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วย ผู้สอนวิทยาศาสตร์ที่ทำการสอนอย่างน้อย 5 ปีจำนวน 2 ท่าน คือ อาจารย์อุบล พึ่งเพียร อาจารย์จรัญพร แป้นกลาง โรงเรียนมัธยมวัดเบญจมบพิตร ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีที่เหมาะสมจำนวน 2 ท่าน คืออาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน มหาวิทยาลัยสยาม อาจารย์ ดร.เปรมจิตร์ บุญสาย สถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาเขต และนักวิชาการจำนวน 1 ท่าน คือ อาจารย์นันทยา บุญเคลือบ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อหาคุณภาพของชุดกิจกรรม โดยผ่านการตรวจสอบและประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ในด้านเนื้อหา การใช้ภาษา และการดำเนินกิจกรรม

ในการวิจัยครั้งนี้การประเมินคุณภาพของชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ ใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น แบ่งออกเป็น 2 ด้าน ประกอบด้วย 1) ใ้บความรู้ประกอบชุดกิจกรรม 2) ใ้บงานประกอบชุดกิจกรรม แบ่งความคิดเห็นออกเป็น 5 ระดับ โดยกำหนดค่าระดับความคิดเห็นแต่ละช่วงคะแนนมีความหมาย ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง ดีมาก

ระดับ 4 หมายถึง ดี

ระดับ 3 หมายถึง ปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง พอใช้

ระดับ 1 หมายถึง ควรปรับปรุง

และใช้ค่าเฉลี่ยเป็นเกณฑ์พิจารณาคุณภาพของชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม ดังนี้

|           |             |         |             |
|-----------|-------------|---------|-------------|
| ค่าเฉลี่ย | 1.00 - 1.80 | หมายถึง | ควรปรับปรุง |
| ค่าเฉลี่ย | 1.81 - 2.60 | หมายถึง | พอใช้       |
| ค่าเฉลี่ย | 2.61 - 3.40 | หมายถึง | ปานกลาง     |
| ค่าเฉลี่ย | 3.41 - 4.20 | หมายถึง | ใช้ได้ดี    |
| ค่าเฉลี่ย | 4.21 - 5.00 | หมายถึง | ใช้ได้ดีมาก |

การพิจารณาคุณภาพของชุดกิจกรรมจากผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นและข้อเสนอแนะโดยสรุปดังนี้  
ในส่วนของใ้บความรู้

1. การเขียนสาระสำคัญไม่ควรเขียนยาวเกินไป
2. การใช้ศัพท์เฉพาะทางวิทยาศาสตร์ ควรดูจากพจนานุกรมวิทยาศาสตร์

3. การใช้หน่วยระบบ SI ควรเขียนเต็ม

4. ควรมีรูปภาพประกอบบ้าง

6) นำชุดกิจกรรมที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนมัธยมวัดเบญจมบพิตร กรุงเทพมหานคร ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 กลุ่ม ๆ ละ 3 คน ซึ่งมีระดับความสามารถ เก่ง ปานกลาง อ่อน เพื่อนำข้อบกพร่องต่าง ๆ มาปรับปรุงแก้ไข

7) นำชุดกิจกรรมที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

## 2. คู่มือครูประกอบการสอนชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม

ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูผู้นำชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการเรียนการสอน โดยดำเนินการตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533)

คู่มือครูประกอบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ที่จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อนำไปใช้ในการสร้างคู่มือครูประกอบการสอนชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม

2) กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้แต่ละชุดกิจกรรม

3) จัดทำคู่มือครูประกอบการสอนชุดกิจกรรม เรื่องเทคโนโลยีที่เหมาะสมโดยแต่ละชุดกิจกรรมประกอบด้วยรายละเอียด ดังนี้

ชื่อชุดกิจกรรม

จุดประสงค์การเรียนรู้

กิจกรรมย่อยที่ 1

- จุดประสงค์การทดลอง
- เวลาที่ใช้
- อุปกรณ์และสารเคมี
- การเตรียมตัวล่วงหน้า
- อภิปรายก่อนการทดลอง
- ตัวอย่างผลการทดลอง
- อภิปรายหลังการทดลอง
- แนวการตอบคำถามท้ายการทดลองกิจกรรมย่อยที่ 1

กิจกรรมย่อยที่ 2

- เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม
- แนวการตอบปัญหาจากสถานการณ์
- แนวการตอบคำถามในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์
- แนวการตอบคำถามท้ายการทดลองกิจกรรมย่อยที่ 2

4) นำคู่มือครูประกอบการสอนชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อนำเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสม

5) นำคู่มือครูประกอบการสอนชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

#### ตอนที่ 4 การนำชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน มีขั้นตอนดังนี้

สำหรับการวิจัยในตอนที่ 4 เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi experimental Research) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการ ดังนี้

##### 1. แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการทดลองสอน

ประชากรที่ใช้ในการทดลองสอน เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนมัธยมวัดเบญจมบพิตร กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 จำนวน 6 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียน 180 คน ส่วนกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียน จำนวน 30 คน ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบจัดกลุ่ม (Cluster Sampling) จากประชากร โดยสุ่มห้องเรียนด้วยวิธีการจับฉลากจำนวน 1 ห้องเรียน จากห้องเรียนทั้งหมด 6 ห้อง เพื่อใช้เป็นกลุ่มทดลอง

##### 2. ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองสอน

###### 2.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่

การเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม

###### 2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

###### 2.2.1 ทักษะการปฏิบัติการทดลอง

###### 2.2.2 ความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์

###### 2.2.3 ความตระหนักต่อเทคโนโลยี

##### 3. เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองสอน

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยเป็นเนื้อหาที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเป็นชุดกิจกรรม เรื่องเทคโนโลยีที่เหมาะสม มีเนื้อหาเกี่ยวกับ การผลิตก๊าซชีวภาพ การผลิตแท่งเชื้อเพลิงชีว การสกัดสีย้อมผ้าจากธรรมชาติ ซึ่งประกอบไปด้วยชุดกิจกรรม 3 ชุด

##### 4. ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองสอน

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการทดลองสอนนักเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 ในชั่วโมงกิจกรรมอิสระ จำนวน 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 คาบๆ ละ 50 นาที รวม 12 คาบ

การนำชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน ได้ดำเนินการดังต่อไปนี้

##### การดำเนินการก่อนการทดลองสอน

ในส่วนการดำเนินการก่อนทดลองสอน ผู้วิจัยได้ดำเนินการในเรื่องสำคัญ 2 เรื่อง คือ

###### 1.1 การวางแผนการสอน

รายละเอียดของการใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมแบ่งรายละเอียดดังตาราง 3

ตาราง 3 การแบ่งช่วงเวลาในการใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม

| ครั้งที่ | จำนวนคาบ | ชุดกิจกรรม<br>เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม                        | การประเมิน                                         |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1        | 4        | กิจกรรมที่ 1 เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทพลังงาน            | - แบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง                 |
| 2        | 4        | กิจกรรมที่ 2 เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทวัสดุเหลือใช้      | - แบบประเมินความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ |
| 3        | 4        | กิจกรรมที่ 3 เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภททรัพยากรในท้องถิ่น | - แบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี                    |

### 1.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้วัดผลการเรียนรู้ของนักเรียน

ในการวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียนประกอบด้วยเครื่องมือในการประเมิน 3 แบบด้วยกัน เรียงลำดับการประเมินได้ ดังนี้

- 1.2.1 แบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง
- 1.2.2 แบบประเมินความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์
- 1.2.3 แบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี

เครื่องมือประเมินดังกล่าวข้างต้นได้ดำเนินการสร้างตามขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

#### 1.2.1 แบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง

การสร้างแบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับแนวการวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ของสถาบัน ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และแบบประเมินจากการสังเกตพฤติกรรมขณะปฏิบัติงานกลุ่มของ รศ.ภพ เลหาไพบูลย์ และ ดร.ชัยฤทธิ์ ศิลาเดช

2) ศึกษาการให้แนวทางการให้คะแนน เพื่อการประเมินจากสภาพจริง โดยอิงเกณฑ์ รูบริก (Rubric) โดยศึกษาการให้คะแนนภาพรวม (Holistic score) และการให้คะแนนแยกองค์ประกอบ (Analytic score)

3) สร้างแบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง เป็นแบบประเมินจากสภาพจริง โดยอิงเกณฑ์ รูบริก (Rubric) แบบมาตรฐานประมาณค่า 4 อันดับ ได้แก่ 4 , 3 , 2 , 1

- 4 คะแนน หมายถึง นักเรียนมีพฤติกรรมการปฏิบัติการทดลองครบทั้ง 4 ด้าน
- 3 คะแนน หมายถึง นักเรียนมีพฤติกรรมการปฏิบัติการทดลองอย่างน้อย 3 ด้าน
- 2 คะแนน หมายถึง นักเรียนมีพฤติกรรมการปฏิบัติการทดลองอย่างน้อย 2 ด้าน
- 1 คะแนน หมายถึง นักเรียนมีพฤติกรรมการปฏิบัติการทดลองอย่างน้อย 1 ด้าน

โดยแบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง ซึ่งมีการประเมินพฤติกรรม 2 ด้าน คือ

1. การวางแผนการทดลอง
2. การปฏิบัติการทดลอง
  - 2.1 เทคนิคการทดลอง
  - 2.2 ความคล่องแคล่ว
  - 2.3 ความมีระเบียบ

แบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลองนี้ ผู้วิจัยดัดแปลงมาจาก แบบสังเกตและบันทึกผลการเรียน วิทยาศาสตร์ด้านการปฏิบัติการทดลอง (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์, 2542 : 94) แบบประเมินทักษะภาคปฏิบัติ ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2543 : 311 - 312) แบบประเมินจากการสังเกต พฤติกรรมขณะปฏิบัติงานกลุ่มของ รศ. ภพ เลหาไพบุลย์ (2542 : 344) และ ดร. ชัยฤทธิ์ ศิลาเดช (2544 : 136)

ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยผู้วิจัยและผู้ร่วมประเมิน 2 คน รวมเป็น 3 คน สรุปคะแนนโดยการนำ คะแนนจากผู้ประเมิน 3 คนดังกล่าวมาทำการหารด้วย 3 เป็นค่าคะแนนของแต่ละกลุ่ม (แต่ละคน) ได้ เพื่อให้ คะแนนที่ได้มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

4) นำแบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง ที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษา ปริญญาโท และผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านที่เป็นชุดเดียวกับผู้เชี่ยวชาญที่ตรวจประเมินคุณภาพ ของชุดกิจกรรม เพื่อตรวจสอบลักษณะการใช้คำ ความถูกต้องทางด้านภาษาของแบบสังเกตทักษะการปฏิบัติ การทดลอง โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป แล้วนำข้อเสนอแนะ มาปรับปรุงแก้ไข

5) นำแบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลองที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

#### 1.2.2 แบบประเมินความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์

การสร้างแบบประเมินความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2543 : 306-310) และสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย (2542 : 83 - 87) เกณฑ์การให้คะแนนรูบริก (Rubric scoring) ของกรมวิชาการ (2539 : 54 - 63) และของ ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 204 - 206) เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบประเมินความสามารถในการ คิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์

2) สร้างแบบประเมินความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ เป็นแบบประเมินจาก สภาพจริง โดยอิงเกณฑ์ รูบริก (Rubric) มีการให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic score) แบบ มาตรฐานส่วนประมาณค่า 3 อันดับ ได้แก่ 3 , 2 , 1 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก)

แบบประเมินความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ กำหนดคุณลักษณะในแบบ ประเมินความสามารถ 6 ด้าน คือ

1. การกำหนดปัญหาหรือกำหนดหัวข้อเรื่องโครงงาน
2. การเขียนสมมติฐานและกำหนดตัวแปร
3. การออกแบบการทดลอง
4. การดำเนินการทดลอง
5. การบันทึกผลการทดลอง

## 6. การสรุปผลการทดลอง

ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยผู้วิจัยและผู้ร่วมประเมิน 2 คน รวมเป็น 3 คน สรุปคะแนนโดยการนำคะแนนจากผู้ประเมิน 3 คนดังกล่าวมาทำการหารด้วย 3 เป็นค่าคะแนนที่แต่ละกลุ่มได้ เพื่อให้คะแนนที่ได้มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

3) นำแบบประเมินความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ ที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ และผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านที่เป็นชุดเดียวกับผู้เชี่ยวชาญที่ตรวจประเมินคุณภาพของชุดกิจกรรม เพื่อตรวจสอบลักษณะการใช้คำ ความถูกต้องทางด้านภาษาของแบบประเมินความสามารถในการทำโครงการวิทยาศาสตร์ โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข

4) นำแบบประเมินความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

### 1.2.3. แบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี

การสร้างแบบวัดความตระหนัก ต่อเทคโนโลยี มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยเกี่ยวกับความตระหนักต่อเทคโนโลยี

2) กำหนดแนวทางและขอบข่ายของเนื้อหาในการสร้างแบบสอบถาม วัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี โดยอาศัยขอบเขตของเนื้อหา เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทพลังงาน เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทวัสดุเหลือใช้ เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภททรัพยากรในท้องถิ่น

3) สร้างข้อความของแบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี โดยข้อความที่สร้างประกอบด้วยข้อความเชิงนิมิตและเชิงนิเสธ โดยมีลักษณะการตอบเป็นสเกลของความต่อเนื่อง ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นต่อข้อความของแต่ละข้อความ โดยแบ่งความคิดเห็นออกเป็น 5 ระดับ คือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย และไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง จำนวน 30 ข้อ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

3.1 ข้อความเชิงนิมิต เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ให้คะแนนเป็น 5 , 4 , 3 , 2 , 1 ตามลำดับ

3.2 ข้อความเชิงนิเสธ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ให้คะแนนเป็น 1 , 2 , 3 , 4 , 5 ตามลำดับ

4) นำแบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี ที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ และผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ที่เป็นชุดเดียวกับผู้เชี่ยวชาญที่ตรวจประเมินคุณภาพของชุดกิจกรรม เพื่อตรวจสอบลักษณะการใช้คำ ความถูกต้องทางด้านภาษา ของแบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข

5) นำแบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

## การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนดังนี้

1. ติดต่อผู้บริหารโรงเรียนมัธยมวัดเบญจมบพิตร เพื่อขอความร่วมมือในการวิจัย
2. ชี้แจงรายละเอียดและทำการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 30 คน เก็บและรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือที่สร้างขึ้น
3. นำคะแนนที่ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

## การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์คุณภาพของชุดกิจกรรมโดยการหาค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) ของคะแนนทั้งหมด แล้วนำค่าเฉลี่ยมาจัดเป็นระดับ ตามพิสัย ดังนี้

|                |             |         |             |
|----------------|-------------|---------|-------------|
| ค่าคะแนนเฉลี่ย | 1.00 - 1.80 | หมายถึง | ควรปรับปรุง |
| ค่าคะแนนเฉลี่ย | 1.81 - 2.60 | หมายถึง | พอใช้       |
| ค่าคะแนนเฉลี่ย | 2.61 - 3.40 | หมายถึง | ปานกลาง     |
| ค่าคะแนนเฉลี่ย | 3.41 - 4.20 | หมายถึง | ใช้ได้ดี    |
| ค่าคะแนนเฉลี่ย | 4.21 - 5.00 | หมายถึง | ใช้ได้ดีมาก |

2. วิเคราะห์ข้อมูลแบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง แบบประเมินความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

3. วิเคราะห์คะแนนจากแบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง และแบบประเมินความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ โดยการหาค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) ของคะแนนทั้งหมด แล้วนำค่าเฉลี่ยมาเทียบเป็นร้อยละ

4. วิเคราะห์คะแนนจากแบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี โดยการหาค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) ของคะแนนทั้งหมด แล้วนำค่าเฉลี่ยมาจัดเป็นระดับ ตามพิสัย ดังนี้

|                |             |         |                                         |
|----------------|-------------|---------|-----------------------------------------|
| ค่าคะแนนเฉลี่ย | 1.00 - 2.33 | หมายถึง | มีความตระหนักต่อเทคโนโลยีในระดับน้อย    |
| ค่าคะแนนเฉลี่ย | 2.34 - 3.66 | หมายถึง | มีความตระหนักต่อเทคโนโลยีในระดับปานกลาง |
| ค่าคะแนนเฉลี่ย | 3.67 - 5.00 | หมายถึง | มีความตระหนักต่อเทคโนโลยีในระดับมาก     |

## สถิติที่ใช้ในการวิจัย

### 1. สถิติพื้นฐาน

1.1 หาค่าเฉลี่ย (Mean) ของแบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง แบบประเมินความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี โดยคำนวณจากสูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540 :137)

$$\text{จากสูตร} \quad \bar{x} = \frac{\sum x}{N}$$

|       |           |     |                      |
|-------|-----------|-----|----------------------|
| เมื่อ | $\bar{x}$ | แทน | ค่าเฉลี่ยของคะแนน    |
|       | $\sum x$  | แทน | ผลรวมของคะแนนทั้งหมด |
|       | N         | แทน | จำนวนนักเรียนทั้งหมด |

## 1.2 หาค่าร้อยละของคะแนน โดยคำนวณจากสูตร

$$\text{จากสูตร ค่าร้อยละ (\%)} = \frac{f}{n} \times 100$$

เมื่อ  $f$  แทน จำนวนคะแนน  
 $n$  แทน จำนวนคะแนนทั้งหมด

## 2. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

2.1 หาค่าดัชนีมีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ของชุดกิจกรรมกับเนื้อหาของชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้น แบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง แบบประเมินความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์และแบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี โดยคำนวณจากสูตร(ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์.2542 : 235)

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

IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์  
 $\sum R$  แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเนื้อหาทั้งหมด  
 $N$  แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

## 3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

3.1 การทดสอบสมมติฐานข้อ 1,2 โดยหาค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) ของคะแนนทั้งหมดของแบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง และแบบประเมินความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ตามลำดับ และนำค่าเฉลี่ยมาเทียบเป็นร้อยละ

3.2 การทดสอบสมมติฐานข้อ 3 โดยหาค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) ของคะแนนทั้งหมดของแบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี และนำค่าเฉลี่ยมาจัดเป็นระดับคะแนน

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำ  
โครงการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยแบ่งการดำเนินการศึกษาค้นคว้าได้เป็น 4 ตอน  
ดังนี้

- ตอนที่ 1 การสำรวจและคัดเลือกโครงการวิทยาศาสตร์
- ตอนที่ 2 การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
- ตอนที่ 3 การพัฒนาชุดกิจกรรมสำหรับใช้ในการสอน
- ตอนที่ 4 การนำชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

#### ตอนที่ 1 การสำรวจและคัดเลือกโครงการวิทยาศาสตร์

การวิจัยตอนที่ 1 ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจและคัดเลือกโครงการวิทยาศาสตร์ และได้มีการจัด  
จำแนกโครงการวิทยาศาสตร์ตามประเภทของเทคโนโลยีที่เหมาะสม โดยผ่านผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน  
ในการพิจารณาตรวจสอบความเหมาะสมของการนำโครงการวิทยาศาสตร์ที่คัดเลือกไว้ โดยคะแนนเฉลี่ย  
สูงสุดของโครงการแต่ละประเภทไปพัฒนาเป็นกิจกรรมต้นแบบ ซึ่งผลการสำรวจปรากฏดังตาราง 4

ตาราง 4 แสดงจำนวนและค่าเฉลี่ยร้อยละความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่าน ที่มีต่อการนำโครงการ  
วิทยาศาสตร์ที่จำแนกตามเทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อนำไปพัฒนามาเป็นกิจกรรมต้นแบบ

| เทคโนโลยีที่เหมาะสม      | โครงการวิทยาศาสตร์                                           | จำนวน | ร้อยละเฉลี่ย |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------|-------|--------------|
| ประเภทพลังงาน            | 1. เตาพลังสุริยะ                                             | 2     | 40           |
|                          | 2. การศึกษาปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จาก<br>การหมักวัสดุเหลือใช้ | 5     | 100          |
|                          | 3. เครื่องวัดทิศทางและความเร็วลม                             | 3     | 60           |
| ประเภทวัสดุเหลือใช้      | 4. การทำเชื้อเพลิงชีว                                        | 5     | 100          |
|                          | 5. ฟืนประยุกต์                                               | 3     | 60           |
|                          | 6. ถ่านกัมมันต์จากเปลือกไม้                                  | 3     | 60           |
| ประเภททรัพยากรในท้องถิ่น | 7. กระดาษกล้วย                                               | 4     | 80           |
|                          | 8. ไข่เค็มเร็วหลากรส                                         | 2     | 40           |
|                          | 9. ตั๋ววงจรชีวิต พืชดินนอนแมลง                               | 3     | 60           |
|                          | 10. การย้อมสีจากพืชธรรมชาติ                                  | 5     | 100          |

จากตาราง 4 แสดงให้เห็นว่า โครงการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การศึกษาปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักวัสดุเหลือใช้ การทำเชื้อเพลิงชีว และ การย้อมสีจากพืชธรรมชาติ เป็นโครงการที่ถูกเลือกให้เป็นกิจกรรมต้นแบบ เนื่องจากผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 5 ท่าน มีความคิดเห็นตรงกันคือ ร้อยละ 100

## ตอนที่ 2 การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

การวิจัยตอนที่ 2 ผู้วิจัยทำการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เพื่อศึกษาดังนี้

1. ศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมัก เปลือกผลไม้ และ เศษผักผสมกับมูลไก่ และ เปรียบเทียบปริมาณก๊าซที่ได้

2. ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงชีวจากผักตบชวา และ ผักตบชวาผสมผงถ่านที่เหลือทิ้งโดยใช้ แป้งเปียกเป็นตัวเชื่อมประสานในอัตราส่วนที่เหมาะสม และ ศึกษาคุณภาพของเชื้อเพลิง

3. ศึกษาการสกัดสีจากพืชธรรมชาติ คือ ขมิ้น และ คั้นคว่ำหาสารช่วยย้อมผ้าที่เหมาะสมที่ทำให้ สีของผ้าที่ได้จากการย้อมติดได้นานคงทน

ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ปรากฏผลดังนี้

1. ศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักเปลือกผลไม้ และ เศษผักผสมกับมูลไก่ และ เปรียบเทียบปริมาณก๊าซที่ได้ ซึ่งผลการทดลองปรากฏดังตาราง 5

ตาราง 5 แสดงปริมาณก๊าซชีวภาพที่เก็บได้จากเปลือกผลไม้ และ เศษผักผสมกับมูลไก่

| ชนิดของวัสดุ            | ปริมาณก๊าซชีวภาพ (ลูกบาศก์เซนติเมตร) |            |       |        |
|-------------------------|--------------------------------------|------------|-------|--------|
|                         | ครั้งที่ 1                           | ครั้งที่ 2 | รวม   | เฉลี่ย |
| เปลือกผลไม้ผสมกับมูลไก่ | 137.0                                | 122.0      | 259.0 | 129.5  |
| เศษผักผสมกับมูลไก่      | 70.0                                 | 65.0       | 135.0 | 67.5   |

จากตาราง 5 การหมักเปลือกผลไม้ผสมกับมูลไก่จะให้ปริมาณก๊าซชีวภาพมากกว่า การหมัก เศษผักผสมกับมูลไก่ คือมีค่าเท่ากับ 129.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร และ 67.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ

2. ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงชีวจากผักตบชวา และ ผักตบชวาผสมผงถ่านที่เหลือทิ้ง โดยใช้ แป้งเปียกเป็นตัวเชื่อมประสานในอัตราส่วนที่เหมาะสม และ ศึกษาคุณภาพของเชื้อเพลิง ซึ่งผลการทดลอง ปรากฏดังตาราง 6

ตาราง 6 แสดงอัตราส่วนของเชื้อเพลิง การจุดติดไฟ ลักษณะเก่า ลักษณะควันไฟ และระยะเวลาในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง

| วัตถุดิบ        | อัตราส่วนผสม(กรัม)<br>ผักตบชวา : ผงถ่าน :<br>แป้งเปียก | การ<br>จุด<br>ติดไฟ | ลักษณะเก่า        | ลักษณะ<br>ควันไฟ | ระยะเวลาใน<br>การเผาไหม้<br>(นาทิจ) |
|-----------------|--------------------------------------------------------|---------------------|-------------------|------------------|-------------------------------------|
| ผักตบชวา        | 50 : 0 : 20                                            | ดีมาก               | ร่วนมากทั้งหมด    | มาก              | 2.10                                |
| ผักตบชวา ผงถ่าน | 40 : 10 : 20                                           | ดี                  | คงรูปร่วนเล็กน้อย | ปานกลาง          | 3.40                                |
| ผักตบชวา ผงถ่าน | 30 : 20 : 20                                           | ยาก                 | คงรูปร่วนเล็กน้อย | ปานกลาง          | 3.42                                |
| ผักตบชวา ผงถ่าน | 20 : 30 : 20                                           | ยาก                 | คงรูปร่วนเล็กน้อย | ปานกลาง          | 3.55                                |
| ผักตบชวา ผงถ่าน | 10 : 40 : 20                                           | ยาก                 | คงรูป             | น้อย             | 4.00                                |

จากตาราง 6 ผักตบชวาล้วน 50 : 0 การจุดติดไฟจะดีมาก ลักษณะของเก่าจะร่วนทั้งหมด แต่จะมีควันไฟมาก และระยะเวลาในการเผาไหม้น้อย ซึ่งจะมีลักษณะตรงกันตามสัดส่วนของผักตบชวาที่ลดลง และผงถ่านที่เพิ่มขึ้น จะเห็นได้จาก อัตราส่วนของผักตบชวา : ผงถ่านที่ 10 : 40 การจุดติดไฟจะยาก ลักษณะเก่าจะคงรูป แต่มีควันไฟน้อยและระยะเวลาในการเผาไหม้มาก

3. ศึกษาการสกัดสีจากพืชธรรมชาติ คือ ขมิ้น และค้นคว้าหาสารช่วยย้อมที่เหมาะสมที่ทำให้สีของผ้าที่ได้จากการย้อมติดได้นานคงทน โดยการตรวจสอบประสิทธิภาพของสารช่วยย้อมด้วยการซักและรีดซึ่งผลการทดลองปรากฏดังตาราง 7 และตาราง 8

ตาราง 7 แสดงสีของผ้าฝ้ายที่ได้จากการย้อมสีจากธรรมชาติที่เติมด้วยสารช่วยย้อมชนิดต่าง ๆ

| สีที่ได้จากขมิ้นผสมสารช่วยย้อม (กรัม)   | ลักษณะสีที่ได้หลังจากเติมสารช่วยย้อม |
|-----------------------------------------|--------------------------------------|
| สีเหลืองของขมิ้นผสมกับเกลือแกง (10 : 1) | สีเหลือง                             |
| สีเหลืองของขมิ้นผสมกับสารส้ม (10 : 1)   | สีเหลืองเข้ม                         |
| สีเหลืองของขมิ้นผสมกับปูนขาว (10 : 1)   | สีส้มแดง                             |

จากตาราง 7 สีเหลืองของขมิ้นซึ่งเป็นสีจากพืชธรรมชาติที่ได้จากผสมกับปูนขาวมีสีเข้มที่สุดจะได้สีส้มแดง รองลงมาคือสีของขมิ้นที่ได้จากการผสมกับสารส้ม จะได้สีเหลืองเข้ม ส่วนสีของขมิ้นที่ได้จากการผสมกับเกลือแกงจะได้สีเหลือง ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับสีของผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้นแต่ยังไม่ได้ผสมสารช่วยย้อม

ตาราง 8 แสดงการทดสอบประสิทธิภาพของสารช่วยย้อมที่ทำให้สีย้อมผ้าติดได้ทนนานด้วยการซัก และรีด

| สาร<br>ช่วยย้อม | สีที่ได้จากขมิ้น<br>ผสมสาร<br>ช่วยย้อม | การทดสอบประสิทธิภาพ |              |            |            |               |            |
|-----------------|----------------------------------------|---------------------|--------------|------------|------------|---------------|------------|
|                 |                                        | การซัก              |              |            | การรีด     |               |            |
|                 |                                        | ครั้งที่ 1          | ครั้งที่ 2   | ครั้งที่ 3 | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2    | ครั้งที่ 3 |
| เกลือแกง        | สีเหลือง                               | สีตก                | สีตกเล็กน้อย | สีตกมาก    | สีจาง      | สีจางเล็กน้อย | สีจางมาก   |
| สารส้ม          | สีเหลืองเข้ม                           | สีตก                | สีตกมาก      | สีตกมาก    | สีจาง      | สีจางมาก      | สีจางมาก   |
| ปูนขาว          | สีส้มแดง                               | สีไม่ตก             | สีไม่ตก      | สีไม่ตก    | สีไม่จาง   | สีไม่จาง      | สีไม่จาง   |

จากตาราง 8 การทดสอบประสิทธิภาพของสารช่วยย้อม ปูนขาวมีประสิทธิภาพดีที่สุด เพราะหลังจากทดสอบโดยการซักและรีดสีไม่ตก ไม่จาง ประสิทธิภาพของสารช่วยย้อมที่รองลงมา คือ เกลือแกง เพราะหลังจากทดสอบโดยการซักและรีดมีสีตกและจางบ้างเล็กน้อย ส่วนสารส้มประสิทธิภาพในการเป็นสารช่วยย้อมไม่ดี เนื่องจากสีตกและจางมากตั้งแต่การซักและรีดในครั้งแรก

### ตอนที่ 3 การพัฒนาชุดกิจกรรมสำหรับการใช้ในการสอน

การพัฒนาชุดกิจกรรม จากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของผู้วิจัย ซึ่งการพัฒนาครั้งนี้ได้ชุดกิจกรรมที่ใช้ในการศึกษา 3 ชุดกิจกรรม ดังนี้

ชุดกิจกรรมที่ 1 เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทพลังงาน

ชุดกิจกรรมที่ 2 เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทวัสดุเหลือใช้

ชุดกิจกรรมที่ 3 เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภททรัพยากรในท้องถิ่น

ผู้วิจัยนำชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประเมินความเหมาะสมในการนำไปใช้สอนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ช่วง ซึ่งมีน้ำหนักคะแนนตั้งแต่ 1-5 ผู้วิจัยนำระดับการประเมินมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยในแต่ละส่วน และจัดระดับตามค่าเฉลี่ยเป็น 5 ระดับ คือ

ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.80 หมายถึง ควรปรับปรุง

ค่าเฉลี่ย 1.81 - 2.60 หมายถึง พอใช้

ค่าเฉลี่ย 2.61 - 3.40 หมายถึง ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 3.41 - 4.20 หมายถึง ดี

ค่าเฉลี่ย 4.21 - 5.00 หมายถึง ดีมาก

ผลค่าเฉลี่ยการประเมินของผู้เชี่ยวชาญปรากฏดังตาราง 9

ตาราง 9 แสดงค่าเฉลี่ยผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อ  
การคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์

| ชุดกิจกรรม | ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ |                 |                       |                 |
|------------|-----------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
|            | ใบความรู้ประกอบชุดกิจกรรม   |                 | ใบงานประกอบชุดกิจกรรม |                 |
|            | ค่าเฉลี่ย                   | ระดับการประเมิน | ค่าเฉลี่ย             | ระดับการประเมิน |
| 1          | 4.23                        | ดีมาก           | 4.39                  | ดีมาก           |
| 2          | 4.40                        | ดีมาก           | 4.47                  | ดีมาก           |
| 3          | 4.65                        | ดีมาก           | 4.70                  | ดีมาก           |

จากตาราง 9 ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เกี่ยวกับชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ชุดกิจกรรม โดยแต่ละชุดกิจกรรมประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ใบความรู้ประกอบชุดกิจกรรม และใบงานประกอบชุดกิจกรรม พบว่าทั้ง 2 ส่วนของชุดกิจกรรม ทั้ง 3 ชุดกิจกรรมอยู่ในระดับดีมาก แสดงว่า ชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการเรียนการสอนอยู่ในระดับดีมาก

#### ตอนที่ 4 การนำชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

ผู้วิจัยนำชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 โรงเรียนมัธยมวัดเบญจมบพิตร กรุงเทพมหานคร เพื่อศึกษาในเรื่องต่อไปนี้

1. ศึกษาทักษะการปฏิบัติการทดลองของนักเรียนที่เรียนด้วย ชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์
2. ศึกษาความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์
3. ศึกษาความตระหนักต่อเทคโนโลยีของนักเรียนที่มีต่อชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์

#### ในการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏผลดังนี้

1. ทักษะการปฏิบัติการทดลองของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์

เมื่อนำผลเฉลี่ยทักษะการปฏิบัติการทดลองของนักเรียน จากการประเมินโดยสภาพจริง โดยใช้แบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง ระหว่างที่นักเรียนเรียนชุดกิจกรรมแต่ละชุดกิจกรรม แบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลองเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 4 อันดับ ซึ่งมีน้ำหนักคะแนนตั้งแต่ 1 - 4 โดยประเมินพฤติกรรม 2 ด้าน คือ

ด้านที่ 1 การวางแผนการทดลอง

ด้านที่ 2 การปฏิบัติการทดลอง แบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่

2.1 เทคนิคการทดลอง

2.2 ความคล่องแคล่วในการทดลอง

2.3 ความสะอาดและความเป็นระเบียบ

คะแนนเฉลี่ยทักษะการปฏิบัติการทดลองของนักเรียน ปรากฏผลดังตาราง 10

ตาราง 10 คะแนนเฉลี่ยทักษะการปฏิบัติการทดลองของนักเรียนจากการประเมินพฤติกรรม โดยใช้แบบ  
สังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลองระหว่างที่นักเรียนเรียนชุดกิจกรรม แต่ละชุดกิจกรรม

| ชุดกิจกรรมที่ | คะแนนเฉลี่ย        |          |      |      |           | คิดเป็นร้อยละ |
|---------------|--------------------|----------|------|------|-----------|---------------|
|               | พฤติกรรมที่ประเมิน |          |      |      | รวมเฉลี่ย |               |
|               | ด้านที่ 1          | ด้านที่2 |      |      |           |               |
|               |                    | 2.1      | 2.2  | 2.3  |           |               |
| 1             | 3.33               | 3.83     | 3.5  | 4    | 3.67      | 91.75         |
| 2             | 3.83               | 4        | 3.83 | 3.67 | 3.83      | 95.75         |
| 3             | 3.83               | 4        | 3.5  | 4    | 3.83      | 95.75         |
| รวม           | 3.66               | 3.94     | 3.61 | 3.89 | 3.78      | 94.50         |

จากตาราง 10 คะแนนเฉลี่ยของทักษะการปฏิบัติการทดลองจากการประเมินโดยสภาพจริง โดยใช้แบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง เมื่อเทียบคะแนนเฉลี่ยเป็นร้อยละพบว่า การเรียนชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ทุกชุดกิจกรรมนักเรียนมีทักษะการปฏิบัติการทดลองเฉลี่ยสูงกว่าร้อยละ 80 กล่าวคือ คะแนนเฉลี่ยทักษะการปฏิบัติการทดลองของนักเรียนชุดกิจกรรมที่ 1, 2 และ 3 มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 91.75, 95.75 และ 95.75 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยทักษะการปฏิบัติการทดลองโดยรวมทุกชุดกิจกรรม นักเรียนมีทักษะการปฏิบัติการทดลองเฉลี่ยร้อยละ 94.50

## 2. ความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรม เรื่องเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์

เมื่อนำผลเฉลี่ยความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จากการประเมินโดยสภาพจริงโดยใช้แบบประเมินความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ระหว่างที่นักเรียนเรียนชุดกิจกรรมแต่ละชุดกิจกรรม แบบประเมินความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 อันดับ ซึ่งมีน้ำหนักคะแนนตั้งแต่ 1-3 โดยประเมินความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ 6 ด้าน คือ

ด้านที่ 1 การกำหนดปัญหาหรือกำหนดหัวข้อเรื่องโครงการงาน

ด้านที่ 2 การเขียนสมมติฐานและกำหนดตัวแปร

ด้านที่ 3 การออกแบบการทดลอง

ด้านที่ 4 การดำเนินการทดลอง

ด้านที่ 5 การบันทึกผลการทดลอง

ด้านที่ 6 การสรุปผลการทดลอง

คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดทำโครงการงานวิทยาศาสตร์ ปรากฏดังตาราง 11

ตาราง 11 คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดทำโครงการงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการประเมินโดย  
สภาพจริงโดยใช้แบบประเมินความสามารถในการคิดทำโครงการงานวิทยาศาสตร์ ระหว่างที่นักเรียนเรียน  
ชุดกิจกรรม แต่ละชุดกิจกรรม

| ชุดกิจกรรมที่ | คะแนนเฉลี่ย                               |           |           |           |           |           |           | คิดเป็นร้อยละ |
|---------------|-------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|
|               | ความสามารถในการคิดทำโครงการงานวิทยาศาสตร์ |           |           |           |           |           | รวมเฉลี่ย |               |
|               | ด้านที่ 1                                 | ด้านที่ 2 | ด้านที่ 3 | ด้านที่ 4 | ด้านที่ 5 | ด้านที่ 6 |           |               |
| 1             | 3                                         | 2.83      | 2.33      | 2.89      | 2.67      | 2.95      | 2.78      | 92.67         |
| 2             | 3                                         | 2.5       | 2.5       | 3         | 3         | 3         | 2.83      | 94.33         |
| 3             | 3                                         | 3         | 2.95      | 2.72      | 3         | 3         | 2.94      | 98            |
| รวม           | 3                                         | 2.78      | 2.59      | 2.87      | 2.89      | 2.98      | 2.85      | 95            |

จากตาราง 11 คะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการคิดทำโครงการงานวิทยาศาสตร์จากการประเมิน  
โดยสภาพจริง โดยใช้แบบประเมินความสามารถในการคิดทำโครงการงานวิทยาศาสตร์ เมื่อเทียบคะแนนเฉลี่ย  
เป็นร้อยละพบว่านักเรียนด้วยชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการคิดทำโครงการงานวิทยาศาสตร์  
ทุกชุดกิจกรรม นักเรียนมีความสามารถในการคิดทำโครงการงานวิทยาศาสตร์เฉลี่ยสูงกว่าร้อยละ 80 กล่าวคือ  
คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดทำโครงการงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชุดกิจกรรมที่ 1, 2 และ 3 มีคะแนน  
เฉลี่ยร้อยละ 92.67, 94.33 และ 98 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดทำโครงการงาน  
วิทยาศาสตร์ โดยรวมทุกชุดกิจกรรม นักเรียนมีความสามารถในการคิดทำโครงการงานวิทยาศาสตร์  
เฉลี่ยร้อยละ 95

### 3. ความตระหนักต่อเทคโนโลยีของนักเรียนหลังจากการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการทำโครงงานวิทยาศาสตร์

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาความตระหนักต่อเทคโนโลยีของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน โดยใช้แบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี จำนวน 30 ข้อ โดยประเมินความคิดเห็นหรือความรู้สึกของนักเรียนในด้านการนำเทคโนโลยีไปใช้ได้อย่างเหมาะสมใน 2 ด้าน คือ

ด้านที่ 1 ความเหมาะสมกับการดำรงชีวิต 18 ข้อ

ด้านที่ 2 ความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม 12 ข้อ

ผู้วิจัย ได้คำนวณค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นและกำหนดเป็นเกณฑ์ในการประเมินระดับความคิดเห็น ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 1.00 - 2.33 หมายถึง อยู่ในระดับน้อย

คะแนนเฉลี่ย 2.34 - 3.66 หมายถึง อยู่ในระดับปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 3.67 - 5.00 หมายถึง อยู่ในระดับมาก

ผลค่าเฉลี่ย ความตระหนักต่อเทคโนโลยีของนักเรียนหลังจากเรียนรู้ชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ปรากฏดังตาราง 12

ตาราง 12 คะแนนเฉลี่ยความตระหนักต่อเทคโนโลยีของนักเรียน โดยใช้แบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี หลังจากทีนักเรียนเรียนรู้ชุดกิจกรรมครบทุกกิจกรรม

| ความตระหนักต่อเทคโนโลยี       | คะแนนเฉลี่ย | การแปลผล       |
|-------------------------------|-------------|----------------|
| 1. ความเหมาะสมกับการดำรงชีวิต | 4.26        | อยู่ในระดับมาก |
| 2. ความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม  | 4.10        | อยู่ในระดับมาก |
| รวม                           | 4.18        | อยู่ในระดับมาก |

จากตาราง 12 ความตระหนักต่อเทคโนโลยีของนักเรียน เมื่อแยกระดับความคิดเห็นของนักเรียน เป็นรายด้านพบว่า ความรู้สึกของนักเรียนในด้านการนำเทคโนโลยีไปใช้ให้เหมาะสมกับการดำรงชีวิต และเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม อยู่ในระดับมาก แสดงว่า นักเรียนมีความตระหนักต่อเทคโนโลยีอยู่ในระดับมาก

## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ จากการสำรวจและคัดเลือกโครงการวิทยาศาสตร์ และจากการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เพื่อศึกษาทักษะการปฏิบัติการทดลอง ความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ และความตระหนักรู้ต่อเทคโนโลยี ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้น สามารถสรุปสาระสำคัญ และผลการศึกษาค้นคว้าได้ดังนี้

#### ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อสำรวจและคัดเลือกโครงการวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม และนำมาพัฒนาเป็นกิจกรรมต้นแบบของเทคโนโลยีที่เหมาะสม
2. เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
3. เพื่อศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม ที่มีต่อทักษะการปฏิบัติการทดลอง ความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ และความตระหนักรู้ต่อเทคโนโลยี

#### สมมติฐานในการวิจัย

1. นักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการทำโครงการวิทยาศาสตร์ มีทักษะการปฏิบัติการทดลอง ร้อยละ 80
2. นักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรม เรื่องเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ มีความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 80
3. นักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรม เรื่องเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ มีความตระหนักรู้ต่อเทคโนโลยีในระดับมาก

#### วิธีดำเนินการวิจัย

- 1) การสำรวจและคัดเลือกโครงการวิทยาศาสตร์ กระทำโดยใช้เกณฑ์เทคโนโลยีที่เหมาะสม 3 ประเภท คือ เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทพลังงาน เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทวัสดุเหลือใช้ เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภททรัพยากรในท้องถิ่น โดยเลือกโครงการที่ผู้ทรงคุณวุฒิมีความเห็นตรงกันมากที่สุด ที่นำมาทดลองแล้วเป็นไปได้ในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ ในด้านการปฏิบัติการทดลอง มาประเภทละ 1 โครงการ เพื่อพัฒนาเป็นชุดกิจกรรมโดยมีการพัฒนาปรับปรุงจากโครงการเดิมเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพของท้องถิ่น

2) การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ กระทำโดยผู้วิจัยนำผลการเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 5 ท่าน ซึ่งลงความเห็นว่าเป็นกิจกรรมที่นำมาพัฒนาเป็นชุดกิจกรรม เรื่องเทคโนโลยีที่เหมาะสมได้ โดยทำการศึกษาในเรื่องต่อไปนี้

2.1 ศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมัก เปลือกผลไม้ และเศษผัก ผสมกับมูลไก่ ในอัตราส่วนที่เหมาะสม และเปรียบเทียบปริมาณก๊าซที่ได้

2.2 ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงชีวจากผักตบชวา และผักตบชวาผสมผงถ่านที่เหลือทิ้ง โดยใช้แบ่งเป็ยกเป็นตัวเชื่อมประสานในอัตราส่วนที่เหมาะสมและศึกษาคุณภาพของเชื้อเพลิง

2.3 ศึกษาการสกัดสีจากพืชธรรมชาติ คือ ขมิ้น และศึกษาสารที่เป็นสารช่วยย้อมที่ทำให้สีของขมิ้นติดได้ทนนาน โดยการตรวจสอบประสิทธิภาพของสารช่วยย้อมด้วยการซักและใช้ความร้อน

3) การพัฒนาชุดกิจกรรมสำหรับใช้ในการสอน กระทำโดยดำเนินการดังนี้

3.1 พัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการศึกษาโครงงานวิทยาศาสตร์ โดยนำผลการสำรวจและคัดเลือกโครงงานวิทยาศาสตร์ และผลการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มาพัฒนาเป็นชุดกิจกรรม 3 ชุด โดยให้ครอบคลุมเนื้อหาเกี่ยวกับการนำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสม และสามารถนำไปสู่การศึกษาโครงงานวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

3.2 สร้างคู่มือครูประกอบการสอนชุดกิจกรรม โดยนำผลการทดลองในห้องปฏิบัติการมาเขียนเป็นคู่มือครูประกอบการสอนชุดกิจกรรม 3 ชุด เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสอนด้วย ชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการศึกษาโครงงานวิทยาศาสตร์

4) การนำชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

4.1 ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนมัธยมวัดเบญจมบพิตร เขตดุสิต จังหวัดกรุงเทพมหานคร ที่กำลังเรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 จำนวน 6 ห้องเรียน จำนวนผู้เรียนทั้งหมด 180 คน ส่วนกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียน จำนวน 30 คน ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบจัดกลุ่ม (Cluster Sampling) จากประชากร

4.2 เครื่องมือที่ใช้วัดผลการเรียนรู้ของนักเรียนมีดังนี้

4.2.1 แบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 4 อันดับ

4.2.2 แบบประเมินความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 อันดับ

4.2.3 แบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scales) ชนิด 5 ช่วงคะแนน คือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง จำนวน 30 ข้อ

4.3 การดำเนินการทดลอง

4.3.1 ทำการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง เก็บข้อมูลทักษะการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้แบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง และเก็บข้อมูลความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบประเมิน ความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ในขณะที่นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง เรียนชุดกิจกรรมทุกชุดกิจกรรม

4.3.2 เมื่อนักเรียนเรียนครบทุกชุดกิจกรรม จึงเก็บข้อมูลหลังการทดลอง โดยให้นักเรียนทำแบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี

4.3.3 นำคะแนนที่ได้จากการเก็บข้อมูลขณะเรียนและหลังเรียนของนักเรียน มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

### การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์คุณภาพของชุดกิจกรรมโดยการหาค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) ของคะแนนทั้งหมด แล้วนำค่าเฉลี่ยมาจัดเป็นระดับ ตามพิสัย ดังนี้

|                |             |         |             |
|----------------|-------------|---------|-------------|
| ค่าคะแนนเฉลี่ย | 1.00 - 1.80 | หมายถึง | ควรปรับปรุง |
| ค่าคะแนนเฉลี่ย | 1.81 - 2.60 | หมายถึง | พอใช้       |
| ค่าคะแนนเฉลี่ย | 2.61 - 3.40 | หมายถึง | ปานกลาง     |
| ค่าคะแนนเฉลี่ย | 3.41 - 4.20 | หมายถึง | ใช้ได้ดี    |
| ค่าคะแนนเฉลี่ย | 4.21 - 5.00 | หมายถึง | ใช้ได้ดีมาก |

2. วิเคราะห์ข้อมูลแบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง แบบประเมินความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

3. วิเคราะห์คะแนนจากแบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง และแบบประเมินความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ โดยการหาค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) ของคะแนนทั้งหมด แล้วนำค่าเฉลี่ยมาเทียบเป็นร้อยละ

4. วิเคราะห์คะแนนจากแบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี โดยการหาค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) ของคะแนนทั้งหมด แล้วนำค่าเฉลี่ยมาจัดเป็นระดับ ตามพิสัย ดังนี้

|                |             |         |                                         |
|----------------|-------------|---------|-----------------------------------------|
| ค่าคะแนนเฉลี่ย | 1.00 - 2.33 | หมายถึง | มีความตระหนักต่อเทคโนโลยีในระดับน้อย    |
| ค่าคะแนนเฉลี่ย | 2.34 - 3.66 | หมายถึง | มีความตระหนักต่อเทคโนโลยีในระดับปานกลาง |
| ค่าคะแนนเฉลี่ย | 3.67 - 5.00 | หมายถึง | มีความตระหนักต่อเทคโนโลยีในระดับมาก     |

### สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มี 4 ขั้นตอน แต่ละขั้นตอนปรากฏผลการวิจัย สรุปได้ดังนี้

#### ตอนที่ 1 การสำรวจและคัดเลือกโครงการวิทยาศาสตร์

จากการสำรวจและคัดเลือกโครงการวิทยาศาสตร์ จำนวน 10 โครงการ เพื่อนำโครงการแต่ละประเภทมาพัฒนาเป็นกิจกรรมต้นแบบ ปรากฏผลดังนี้

1. เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทพลังงาน ได้โครงการที่ 2 การศึกษาปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักวัสดุเหลือใช้ เป็นกิจกรรมต้นแบบ

2. เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทพลังงาน ได้โครงการที่ 4 การทำเชื้อเพลิงชีวภาพ เป็นกิจกรรมต้นแบบ

3. เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภททรัพยากรในท้องถิ่น ได้โครงการที่ 10 การย้อมสีจากพืชธรรมชาติ เป็นกิจกรรมต้นแบบ

## ตอนที่ 2 การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

จากการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ปรากฏผลดังนี้

1. การผลิตก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักเปลือกผลไม้และเศษผัก ผสมกับมูลไก่ และเปรียบเทียบปริมาณก๊าซที่ได้ พบว่า การหมักเปลือกผลไม้ผสมกับมูลไก่จะให้ปริมาณก๊าซชีวภาพมากกว่าการหมักเศษผักผสมกับมูลไก่ คือมีค่าเท่ากับ 129.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร และ 67.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ

2. การผลิตเชื้อเพลิงชีวจากผักตบชวา และผักตบชวาผสมผงถ่านที่เหลือทิ้ง โดยใช้แบ่งเป็ยงเป็นตัวเชื่อมประสานในอัตราส่วนที่เหมาะสม และศึกษาคุณภาพของเชื้อเพลิง พบว่า ผักตบชวาล้วน 50 : 0 การจุดติดไฟจะดีมาก ลักษณะของเถ้าจะร่วนทั้งหมด แต่จะมีควันไฟมาก และระยะเวลาในการเผาไหม้น้อย ซึ่งจะมีลักษณะตรงกันข้ามตามสัดส่วนของผักตบชวาที่ลดลง และผงถ่านที่เพิ่มขึ้น จะเห็นได้จาก อัตราส่วน ผักตบชวา : ผงถ่านที่ 10 : 40 การจุดติดไฟจะยาก ลักษณะเถ้าจะคงรูป แต่จะมีควันไฟน้อย และระยะเวลาในการเผาไหม้นาน

3. การสกัดสีจากพืชธรรมชาติ คือ ขมิ้น และค้นคว้าหาสารช่วยย้อมที่เหมาะสมที่ทำให้สีของผ้าที่ได้จากการย้อมติดได้นานคงทน โดยการตรวจสอบประสิทธิภาพของสารช่วยย้อมด้วยการซักและรีด พบว่า

3.1 สีของขมิ้นที่ได้จากการผสมกับปูนขาวมีสีเข้มที่สุดและได้สีสม่ำเสมอ รองลงมาคือสีของขมิ้นที่ได้จากการผสมกับสารส้ม จะได้สีเหลืองเข้ม ส่วนสีของขมิ้นที่ได้จากการผสมกับเกลือแกงจะได้สีเหลือง ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับสีของผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้นแต่ยังไม่ได้ผสมสารช่วยย้อม

3.2 ปูนขาวเป็นสารช่วยย้อมที่ทำให้สีย้อมผ้าติดได้นานมากที่สุด รองลงมาคือ เกลือแกง และสารส้ม ตามลำดับ

## ตอนที่ 3 การพัฒนาชุดกิจกรรมสำหรับใช้ในการสอน

จากการพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ได้ชุดกิจกรรม 3 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ใบความรู้ประกอบชุดกิจกรรม และใบงานประกอบชุดกิจกรรม เมื่อนำชุดกิจกรรมทั้ง 3 ชุดไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ประเมินความเหมาะสมในการนำไปใช้สอน พบว่า ชุดกิจกรรมทั้ง 3 ชุด มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

## ตอนที่ 4 การนำชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

จากการทดลองสอน พบว่า

1. คะแนนเฉลี่ยทักษะการปฏิบัติการทดลองของนักเรียน ชุดกิจกรรมที่ 1, 2 และ 3 มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 91.75, 95.75 และ 95.75 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยทักษะการปฏิบัติการทดลองโดยรวมทุกชุดกิจกรรม นักเรียนมีทักษะการปฏิบัติการทดลองเฉลี่ยร้อยละ 94.50

2. คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชุดกิจกรรมที่ 1, 2 และ 3 มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 92.67, 94.33 และ 98 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ โดยรวมทุกชุดกิจกรรม นักเรียนมีความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 95

3. คะแนนเฉลี่ยความตระหนักต่อเทคโนโลยีของนักเรียนอยู่ในระดับมาก เมื่อแยกความตระหนักในด้านการนำเทคโนโลยีไปใช้เป็นรายด้าน ในด้านความเหมาะสมกับการดำรงชีวิต และความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม พบว่า นักเรียนมีความตระหนักต่อเทคโนโลยีอยู่ในระดับมาก

## อภิปรายผล

การอภิปรายผล จะกระทำตามลำดับของขั้นตอนการวิจัย ดังนี้

### ตอนที่ 1 การสำรวจและคัดเลือกโครงการวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยทำการสำรวจและคัดเลือกโครงการวิทยาศาสตร์ และได้มีการจัดจำแนกโครงการวิทยาศาสตร์ตามประเภทของเทคโนโลยีที่เหมาะสม จำนวน 10 โครงการ โดยผ่านผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน ในการพิจารณาตรวจสอบความเหมาะสมของการนำโครงการวิทยาศาสตร์ที่ได้คัดเลือกไว้เพื่อนำไปพัฒนาเป็นกิจกรรมต้นแบบ ผลปรากฏว่า เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทพลังงาน ได้โครงการที่ 2 การศึกษาปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักวัสดุเหลือใช้ เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทวัสดุเหลือใช้ ได้โครงการที่ 4 การทำเชื้อเพลิงชีว และเทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภททรัพยากรในท้องถิ่น ได้โครงการที่ 10 การย้อมสีจากพืชธรรมชาติ เป็นกิจกรรมต้นแบบ ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากสาเหตุดังต่อไปนี้

**ประการแรก** โครงการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การศึกษาปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักวัสดุเหลือใช้ ผู้ทรงคุณวุฒิมีความเห็นโดยรวมว่า การนำเศษวัสดุเหลือใช้ตามธรรมชาติ และมูลสัตว์ต่าง ๆ ที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นมาทำการหมักเพื่อให้ได้ก๊าซชีวภาพ เป็นการลดปริมาณขยะที่อาจก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม เป็นการกำจัดแหล่งเพาะพันธุ์พาหะที่ทำให้เกิดโรคต่าง ๆ และยังเป็นการประหยัดอีกด้วย

**ประการที่สอง** โครงการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การทำเชื้อเพลิงชีว ผู้ทรงคุณวุฒิมีความเห็นโดยรวมว่า แหล่งพลังงานความร้อนเป็นรูปแบบหนึ่งของพลังงานที่มนุษย์จำเป็นต้องใช้ ซึ่งเชื้อเพลิงที่ได้จาก ไม้ฟืน และแก๊ซ ที่ได้จากทรัพยากรธรรมชาตินั้นวันที่จะลดน้อยลง และมีโอกาสหมดไปได้จึงเป็นการดีที่มีการจัดทำกิจกรรมในแนวทางที่ค้นหาวัสดุเหลือใช้มาใช้ทดแทนเชื้อเพลิงที่ได้จากทรัพยากรธรรมชาติหรือใช้ให้น้อยลง

**ประการที่สาม** โครงการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การย้อมสีจากพืชธรรมชาติ ผู้ทรงคุณวุฒิมีความเห็นโดยรวมว่า ทุกวันนี้สีสังเคราะห์จากสารเคมีเข้ามาแทนที่สีจากธรรมชาติ แต่มีน้อยคนที่จะรู้ว่าสีสังเคราะห์นั้นก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพร่างกาย ดังนั้นหากเลือกได้จึงควรหันมาหาสีสันทาจากธรรมชาติดีกว่า เพราะจะปลอดภัยต่อตัวเราเองและสภาพแวดล้อม

**ประการที่สี่** ในส่วนโครงการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เตาพลังสุริยะ เครื่องวัดทิศทางและความเร็วลม ฟินประยุคต์ ถ่านกัมมันต์จากเปลือกผลไม้ กระดาษกล้วย ไข่เค็มเร็วหลากรส ดัดวงจรชีวิตพืชหินนอนแมลง ผู้ทรงคุณวุฒิมีความเห็นโดยรวมว่า บางกิจกรรมเคยมีผู้ทำแล้ว บางกิจกรรมทำได้ยาก ต้องเตรียมอุปกรณ์มากไม่เหมาะสมกับนักเรียน

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นทั้งหมด จึงทำให้โครงการที่ถูกคัดเลือกให้พัฒนาเป็นกิจกรรมต้นแบบ คือ การศึกษาปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักวัสดุเหลือใช้ การทำเชื้อเพลิงชีว และ การย้อมสีจากพืชธรรมชาติ

### ตอนที่ 2 การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1. ศึกษาการผลิตก๊าซที่ได้จากการหมัก เปลือกผลไม้ และเศษผัก ผสมกับมูลไก่ และเปรียบเทียบปริมาณก๊าซที่ได้สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

**ประการแรก** เปลือกผลไม้มีการย่อยสลายดีกว่า มีกรดอินทรีย์มากกว่าเศษผัก จึงทำให้การหมักโดยแบคทีเรีย เกิดก๊าซได้มากกว่า เพราะมีสารตั้งต้นในการช่วยให้เกิดก๊าซมีเทนได้มากกว่า

**ประการที่สอง** ผลไม้มีสารเอสเทอร์ อัลกอฮอล์ สลายกรดอินทรีย์ได้ จึงย่อยสลาย กรดอินทรีย์ ให้เป็นก๊าซมีเทนได้รวดเร็วกว่า และมากกว่า

**ประการที่สาม** ในกระบวนการหมักก๊าซที่ได้จะเกิดทั้งก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการเกิดก๊าซจะแปรผันตรงกัน จากการทดลองเพื่อให้ได้ก๊าซมีเทนที่บริสุทธิ์ขึ้น จึงผ่านก๊าซที่ได้ลงในน้ำปูนใส ซึ่งก๊าซนี้จะบรรจุเปลือกผลไม้ผสมกับมูลไก่ที่มีท่อน้ำก๊าซเสียบอยู่ต่อสายยางไปยังขวดน้ำปูนใส มีลักษณะขุ่นกว่า ก๊าซที่บรรจุเศษผักผสมกับมูลไก่ ย่อมแสดงให้เห็นว่า การที่น้ำปูนใสขุ่นมาก เพราะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาก จึงเกิดก๊าซมีเทนได้มากกว่า

ซึ่งผลการทดลองเป็นไปตามการศึกษา การผลิตก๊าซมีเทนจากกรดอินทรีย์ พบว่าก๊าซมีเทนได้มาจากกรดอะซิติกร้อยละ 72 และได้มาจากกรดไพรูวอิก และกรดอินทรีย์อื่นๆร้อยละ 28 (McCarty and Jessis, 1984)

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น จึงทำให้ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดจากเปลือกผลไม้มีมากกว่าเศษผัก

2. การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพจากผักตบชวา และผักตบชวาผสมผงถ่านที่เหลือทิ้ง โดยใช้แบ่งแยกเป็นตัวอย่างประสาน ในอัตราส่วนที่เหมาะสม และศึกษาคุณภาพเชื้อเพลิง สามารถอธิบายผลได้ดังนี้

**ประการแรก** ในการดูส่วนผสมระหว่างผักตบชวากับผงถ่าน และแบ่งแยกมีอัตราส่วนเหมาะสม พร้อมทั้งจะนำไปอัดแท่งได้หรือไม่ ให้ทดลองใช้มือบีบส่วนผสมให้แน่น ถ้าพบว่า ส่วนผสมเกาะตัวกันเป็นก้อนไม่ร่วนหลุดออกจากกันก็สามารถนำไปอัดแท่งเชื้อเพลิงได้ หากส่วนผสมของผักตบชวามากกว่าผงถ่าน การผสมจะยากและใช้เวลานานกว่า อัตราส่วนที่ผงถ่านมากกว่าผักตบชวา ที่เป็นเช่นนี้เพราะผักตบชวาแห้งมีลักษณะร่วนฟู เมื่อผสมแบ่งแยกกลงไปแบ่งแยกจะกระจายตัวได้ยาก จึงต้องใช้เวลามากขึ้น ส่วนการผสมอัตราส่วนผสมที่มีผงถ่านมากกว่าผักตบชวาแห้ง จะผสมง่ายรวดเร็วเพราะผงถ่านเกาะติดแบ่งได้เร็วและทั่วถึงอย่างรวดเร็ว

**ประการที่สอง** ข้อสังเกตที่อัตราส่วนผสมระหว่างผักตบชวา : ผงถ่านที่ 10 : 40 , 20 : 30 มีประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนสูง ทั้งที่มีความหนาแน่นสูง มีความโปร่งน้อย และจุดติดไฟยากด้วย คือ เมื่อแท่งเชื้อเพลิงทั้ง 2 อัตราส่วนนี้ติดไฟแล้วจะติดไฟเป็นเวลานานมาก ระยะเวลาในการเผาไหม้จึงนานเฉลี่ยประมาณ 3.77 นาที เพราะผงถ่านมีคุณสมบัติติดไฟได้นานระยะเวลาในการเผาไหม้จึงนาน ทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง 2 อัตราส่วนผสมนี้จึงสูง ส่วนแท่งเชื้อเพลิงเขียวที่มีอัตราส่วนผสมของผักตบชวาสูงกว่าผงถ่านนั้น ประสิทธิภาพในการใช้งานของความร้อนต่ำลงมา เพราะ แท่งเชื้อเพลิงมีการจุดติดไฟได้ง่ายขึ้น เพราะมีค่าความโปร่งสูงขึ้น และค่าความหนาแน่นลดลง การที่จุดติดไฟง่ายนี้ทำให้ระยะเวลาในการเผาไหม้ลดลง ประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนจึงต่ำลง เหตุเพราะผักตบชวาสามารถติดไฟได้ดีแต่ติดแล้วจะเผาไหม้หมดลงในระยะเวลาไม่นาน

**ประการที่สาม** ลักษณะการเผาไหม้และลักษณะควันไฟ พบว่า อัตราส่วนผสมของแท่งเชื้อเพลิงระหว่างผักตบชวา : ผงถ่าน หากผักตบชวามากกว่าผงถ่าน การจุดติดไฟจะทำได้ง่ายกว่าแท่งเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของผงถ่านมากกว่าผักตบชวา และควันไฟของแท่งเชื้อเพลิงที่มีอัตราส่วนผสมของผักตบชวามากกว่าผงถ่านจะมีควันไฟมากกว่าแท่งเชื้อเพลิงที่มีอัตราส่วนผสมของผักตบชวามากกว่าผงถ่าน ทั้งนี้เพราะผักตบชวาติดไฟได้ง่ายกว่าผงถ่าน และมีควันมากกว่าผงถ่าน

จากวัตถุประสงค์ของงานวิจัยครั้งนี้ เพื่อนำผักตบชวามาผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพทดแทนฟืนและถ่าน แต่เนื่องจากผักตบชวล้วน เมื่อนำมาผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพจะมีประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนต่ำ จึงนำเอาผงถ่านมาผสมเข้ากับผักตบชวา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนให้สูงขึ้น จากผลการทดลองผู้วิจัยพบว่าอัตราส่วนระหว่าง ผักตบชวา : ผงถ่านที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ คือ 40 : 10 เพราะมีข้อดีคือ การจุดติดไฟง่าย ปริมาณแก๊สน้อยกว่าอัตราส่วนผสมที่มีผงถ่านผสมอยู่มาก มีควันไฟค่อนข้างน้อย เหมาะที่จะใช้ในการหุงต้มและ กิจกรรมในครัวเรือน อีกทั้งยังเป็นการนำเอาผักตบชวามาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้เป็นอย่างดี

3. ศึกษาการสกัดสีจากพืชธรรมชาติ คือ ขมิ้น และค้นคว้าหาสารช่วยย้อมผ้าที่เหมาะสมที่ทำให้สีของผ้าที่ได้จากการย้อมติดได้นานคงทน สามารถถนอมรักษาได้ดังนี้

**ประการแรก** ผ้าที่ได้จากการย้อมสีของขมิ้นผสมกับสารช่วยย้อมปูนขาวจะติดสีดีที่สุด เนื่องจากได้สีที่ค่อนข้างเข้มกว่าสีที่ไม่ได้ผสมสารช่วยย้อม คือสีส้มแดง ส่วนสารส้มช่วยให้สีของขมิ้นติดผ้าได้รองลงมาจากปูนขาว เนื่องจากได้สีที่เข้มพอสมควร คือสีเหลืองแก่ แต่น้อยกว่าสีที่ได้จากปูนขาว ส่วนเกลือแกงนั้น การช่วยให้สีติดไม่ค่อยได้ผล เนื่องจาก สีที่ได้มีลักษณะใกล้เคียงกับสีของผ้าที่ย้อมขมิ้นแต่ยังไม่ได้ผสมสารช่วยย้อม

**ประการที่สอง** ประสิทธิภาพของสารช่วยย้อมปูนขาวมีประสิทธิภาพดีที่สุด เพราะหลังจากทดสอบโดยการซักและรีดสีไม่ตก และไม่จาง เกลือแกงมีประสิทธิภาพรองลงมาเนื่องจาก หลังจากการทดสอบแล้ว มีสีตกบ้างพอสมควรหลังจากการซัก แต่ถ้าใช้ความร้อนเป็นเวลานานสีจะจางลงมาก ส่วนสารส้มนั้น ประสิทธิภาพในการเป็นสารช่วยย้อมไม่ดี เนื่องจากเมื่อมีการทดสอบประสิทธิภาพโดยการซักสีจะตกมาตั้งแต่ครั้งแรกที่ซัก ส่วนการรีดนั้นสีจะจางมาตั้งแต่การรีดครั้งแรกเช่นเดียวกัน

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น จึงทำให้ทราบว่า ปูนขาว เป็นสารช่วยย้อมที่มีประสิทธิภาพในการช่วยให้สีของผ้าที่ได้จากการย้อมติดนานคงทนต่อการซักและรีดได้ดี

### ตอนที่ 3 การพัฒนาชุดกิจกรรมสำหรับใช้ในการสอน

ผู้วิจัยนำผลการสำรวจและคัดเลือกโครงงานวิทยาศาสตร์ และผลการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มาพัฒนาเป็นชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการประเมินชุดกิจกรรม โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ปรากฏว่า ชุดกิจกรรมทั้ง 3 ชุดกิจกรรม มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการเรียนการสอนอยู่ในระดับดีมาก ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากสาเหตุดังต่อไปนี้

**ประการแรก** การพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ทั้ง 3 ชุดกิจกรรม ได้พัฒนาจากพื้นฐานการสำรวจและคัดเลือกโครงงานวิทยาศาสตร์โดยผู้ทรงคุณวุฒิได้ทำการพิจารณาตรวจสอบ โดยลงความเห็นตรงกันทุกท่านว่า โครงงานที่ได้รับการคัดเลือกเป็นสิ่งที่นำมาพัฒนาเป็นชุดกิจกรรมได้ เนื่องจากได้คำนึงถึงความเหมาะสมของการทดลอง ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ และสารเคมีที่หาง่าย และสะดวกต่อการใช้ ช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองไม่มากนัก นอกจากนี้ชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นมีเนื้อหาที่ครอบคลุมการทดลองที่มีความสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงของสังคม เป็นผลทำให้ชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นเหมาะสมกับระดับชั้นที่ใช้ในการสอน

**ประการที่สอง** กิจกรรมต่าง ๆ ในชุดกิจกรรมนักเรียนได้ปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง โดยมีครูให้คำแนะนำเมื่อนักเรียนสงสัย บรรยายภาคในการเรียนการสอน นักเรียนจะมีบทบาทในการเรียนการสอน ซึ่งสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการศึกษาที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียน นอกจากนี้นักเรียน

ยังได้ฝึกการคิดแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้โดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ในแต่ละกิจกรรม และยังส่งเสริมให้นักเรียนฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในด้านการตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การออกแบบการทดลอง การดำเนินการทดลอง การบันทึกผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง เพื่อให้นักเรียนนำความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา และคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ซึ่งสอดคล้องกับ ภาพ เลขาไฟบูลย์ (2537 : 275 - 278) ที่ได้กล่าวถึงความสำคัญและประโยชน์ของการทำกิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ในการทำโครงการวิทยาศาสตร์ การฝึกใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะในการแสวงหาความรู้ จะส่งผลให้นักเรียนสามารถถ่ายโยงการเรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหาไปใช้ในการแก้ปัญหาอื่น ๆ และพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน

**ประการที่สาม** ชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ พัฒนาขึ้นโดยใช้รูปแบบ และแนวดำเนินกิจกรรม ที่ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เสริมให้กิจกรรมมีความเหมาะสมกับนักเรียนและสภาพแวดล้อมในสังคมปัจจุบัน เพื่อนักเรียนจะได้นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันของนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น และครูผู้สอนอาจจะนำรูปแบบของกิจกรรม เทคโนโลยีที่เหมาะสมไปใช้ในการศึกษาปัญหาพิเศษที่นักเรียนสนใจ เพื่อฝึกให้นักเรียนรู้จักค้นคว้าความรู้ด้วยตนเอง และเป็นพื้นฐานของการทำโครงการวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม

จากเหตุผลดังกล่าวมาข้างต้นทั้งหมด จึงทำให้ชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการเรียนการสอน อยู่ในระดับดีมาก

อนึ่งในการนำชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการวิจัยกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง พบปัญหาบางประการเกี่ยวกับนักเรียนคือ นักเรียนยังขาดพื้นฐานที่ดีเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะทักษะการออกแบบการทดลอง และออกแบบตารางบันทึกผล การใช้ภาษาเขียน ทำให้การทำกิจกรรมในบางครั้งใช้เวลามากกว่าที่กำหนด จึงจำเป็นต้องใช้เวลาของนักเรียนในการทำกิจกรรมเพิ่มเติม และผู้วิจัยเป็นผู้เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง แต่อย่างไรก็ตามในภาพรวมนักเรียนส่วนใหญ่ให้ความสนใจ มีความกระตือรือร้นและตั้งใจทำกิจกรรมครบทุกกิจกรรม

#### **ตอนที่ 4 การนำชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน**

การนำชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. ทักษะการปฏิบัติการทดลองของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ ทุกชุดกิจกรรมสูงกว่าร้อยละ 80 คือ นักเรียนมีทักษะการปฏิบัติการทดลองเฉลี่ยร้อยละ 94.50 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจาก

**ประการแรก** การเรียนด้วยชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ นักเรียนได้ทำการทดลองจริงอย่างต่อเนื่องและเป็นระบบ เนื่องจากนักเรียนได้ทำการปฏิบัติการทดลองร่วมกันเป็นกลุ่ม ทำให้นักเรียนได้ร่วมมือกัน และมองเห็นถึงความสามัคคีภายในกลุ่ม ทั้งในด้านการวางแผนการทดลอง คือ มีการปรึกษาหารือ เพื่อทำความเข้าใจในขั้นตอนการทดลอง มีการวางแผนการทดลองได้อย่างเหมาะสม มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบภายในกลุ่ม และมีการจัดเตรียมอุปกรณ์ให้พร้อมก่อนที่จะปฏิบัติงานได้อย่างเหมาะสม ด้านการปฏิบัติการทดลอง ได้แก่ ด้านเทคนิคการทดลอง ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง ด้านความสะอาดและเป็นระเบียบ ซึ่งสอดคล้องกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2538 : 2) ที่กล่าวว่า โครงสร้างของพฤติกรรมผลการทดลอง ในด้านทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ พฤติกรรมที่เป็นเป้าหมายหลักของการวัดผล มักเป็นพฤติกรรมที่เกี่ยวกับ

การทดลอง และสอดคล้องกับคำกล่าวของ ฌ็อง-ฌัก กูแซ (2543 : 87) ที่ว่า โดยทั่วไปเมื่อกล่าวถึงทักษะในทางวิทยาศาสตร์ มักเข้าใจว่าเป็นทักษะการใช้ห้องและการจัดห้องปฏิบัติการได้ด้วย ดังนั้น การเรียนชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นในครั้งนี้ เป็นการฝึกให้นักเรียนรู้จักเก็บอุปกรณ์และทำความสะอาดห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้เรียบร้อยหลังปฏิบัติงาน โดยมีการแบ่งหน้าที่กันทำ ทำให้นักเรียนเกิดปฏิสัมพันธ์ โดยใช้กระบวนการกลุ่ม เกิดความกระตือรือร้นที่จะทำงาน จึงทำให้ทักษะการปฏิบัติการทดลองของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

**ประการที่สอง** การเรียนด้วยชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาและลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง และเป็นกิจกรรมการปฏิบัติการทดลอง ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้มีประสิทธิภาพ ทำได้ด้วยตนเองซึ่งบางกิจกรรมเป็นสิ่งที่นักเรียนไม่เคยได้ทำมาก่อน นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ จึงทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นต่อการเรียนชุดกิจกรรม และแสดงพฤติกรรมด้านการปฏิบัติการทดลองอย่างอิสระ นอกจากนี้ในชุดกิจกรรมประกอบด้วย กิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นการปฏิบัติจริง นักเรียนจึงเกิดการเรียนรู้ด้านการปฏิบัติการทดลองอย่างจริงจัง มีความละเอียดรอบคอบ และใช้อุปกรณ์ได้คล่องแคล่วขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ของ จอห์น ดิวอี้ ที่กล่าวว่า การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีต้องเกิดจากการปฏิบัติโรงเรียนควรมีหน้าที่ในการเตรียมเด็กให้สามารถเผชิญชีวิตในสังคมได้ มิใช่เพียงแต่มีหน้าที่ถ่ายทอดความรู้เท่านั้น โดยใช้หลักการที่สำคัญคือ เรียนโดยการกระทำ จึงทำให้เกิดหลักการสำคัญของกระบวนการกลุ่มเพื่อการเรียนรู้ เกิดการรวมกลุ่มเพื่อการทำงานทำให้เกิดความสามัคคีในการทำงาน

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น จึงทำให้นักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ มีทักษะการปฏิบัติการทดลองสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ นักเรียนมีทักษะการปฏิบัติการทดลองเฉลี่ยร้อยละ 94.50

2. ความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ ทุกชุดกิจกรรมสูงกว่าร้อยละ 80 คือนักเรียนมีความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 95 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจาก

**ประการแรก** กิจกรรมต่าง ๆ ในชุดกิจกรรมเป็นกิจกรรมที่ได้พัฒนาขึ้นให้มีความเหมาะสมต่อการส่งเสริมในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นอย่างดี โดยเฉพาะกิจกรรมต่าง ๆ เปิดโอกาสให้นักเรียนแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง ตั้งแต่กำหนดปัญหาหรือเรื่องที่สนใจ การเขียนสมมติฐานหรือกำหนดตัวแปร การออกแบบการทดลอง การดำเนินการทดลอง การรวบรวมข้อมูลในการทดลอง และสรุปผลการศึกษาค้นคว้า โดยผู้วิจัยและอาจารย์ที่ปรึกษาเป็นผู้ให้คำชี้แนะและให้คำปรึกษา สอดคล้องกับหลักการของโครงการวิทยาศาสตร์ ซึ่ง ริชาร์ด บูรณโชติ (2531 : 1) ได้กล่าวไว้สรุปได้ว่า โครงการวิทยาศาสตร์ควรจะมุ่งเน้นให้นักเรียนแสวงหาความรู้ และแก้ปัญหาด้วยตนเอง เปิดโอกาสให้นักเรียนริเริ่ม วางแผน และดำเนินการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง โดยมีอาจารย์เป็นผู้ชี้แนะแนวทางและให้คำปรึกษา นอกจากนี้ กิจกรรมต่าง ๆ ได้ฝึกให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมตามลำดับขั้นตอนของการทำโครงการวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนนำความรู้ความสามารถ และประสบการณ์ไปใช้ในการทำโครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ซึ่งสอดคล้องกับพิทักษ์ เขียงนอก(2540 : 100) ที่ได้กล่าวไว้ว่า ความรู้ ความสามารถ ความสนใจ และประสบการณ์ต่าง ๆ

เกี่ยวกับขั้นตอนในการทำโครงการ เป็นองค์ประกอบสำคัญในการคิดและจัดทำโครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

**ประการที่สอง** การพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์นี้ ประกอบด้วยกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนได้รับความรู้ใหม่ ๆ ที่นอกเหนือจากตำราเรียน ทำให้การเรียนการสอนไม่น่าเบื่อ แต่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสุข ตื่นเต้น และเกิดความสนใจในการแก้ปัญหา และแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยแก้ปัญหาในเรื่องการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่ประสบอยู่ได้

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น จึงทำให้นักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ มีความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ นักเรียนมีความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 95

3. ความตระหนักต่อเทคโนโลยีของนักเรียน หลังจากเรียนชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับมาก ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 3 ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจาก

**ประการแรก** รูปแบบของการดำเนินกิจกรรมมีขั้นตอนต่าง ๆ เช่น การอภิปรายถึงปัญหา การหาแนวทางแก้ปัญหาและการให้ความรู้ในเทคโนโลยีที่จะศึกษา มีการทำกิจกรรมร่วมกัน ทำให้นักเรียนได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิด มีโอกาสแสดงออกตลอดจนอภิปรายหาสาเหตุทำให้เกิดความรู้และความตระหนักมากยิ่งขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ขวัญ สงวนเสริมศรี (2529 : ก-ข) พบว่า คณะกรรมการ หมู่บ้านที่มีส่วนร่วมในกิจกรรมชุมชนมาก จะมีความตระหนักในการอนุรักษ์ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมากขึ้นด้วย

**ประการที่สอง** สถานการณ์ต่าง ๆ ที่นำมาให้นักเรียนแก้ปัญหานั้นเป็นสถานการณ์ที่สอดคล้องกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ทำให้นักเรียนสนใจที่จะแก้ปัญหา และเกิดความตระหนักต่อเทคโนโลยี ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ บัณฑิต จุฬาศัย (2528 : 18) ที่กล่าวว่า ความใส่ใจและการให้คุณค่าในเรื่องที่จะรับรู้เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดความตระหนัก

**ประการที่สาม** รูปแบบของการทำกิจกรรม มีแนวทางในการปฏิบัติการเรียนการสอนที่เน้นการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม โดยมีอุปกรณ์การเรียนที่หาได้ง่าย และประหยัด มีการทดลอง มีการปฏิบัติจริง นักเรียนได้แสดงออกในการอภิปรายแสดงความคิดเห็น การออกแบบการทดลอง เปิดโอกาสให้นักเรียนอภิปรายผลและสรุปผลอย่างละเอียด ได้ปฏิบัติกิจกรรมร่วมกันระหว่างเรียนกับนักเรียนที่เป็นกิจกรรมกลุ่ม และเนื้อหาในแต่ละกิจกรรมง่ายต่อการเข้าใจ และนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ บัณฑิต จุฬาศัย (2528 : 18) ที่กล่าวว่า ลักษณะและรูปแบบของเรื่องที่จะรับรู้ นั้น ถ้าได้มีการเลือกรูปแบบที่เหมาะสม และมีการปฏิบัติบ่อยครั้งทำให้เกิดผลต่อการรับรู้ต่อบุคคลอย่างมาก

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ความตระหนักต่อเทคโนโลยีของนักเรียน หลังจากเรียนชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับมาก

## ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

### 1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 ครูผู้สอนสามารถนำชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ไปใช้สอนในรายวิชาเลือกเสรี ว017 โครงงานวิทยาศาสตร์กับคุณภาพชีวิตหรือใช้ในกิจกรรมการเข้าค่ายโครงงานวิทยาศาสตร์ได้

1.2 ในการนำชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ไปใช้ ครูผู้สอนควรมีความรู้ ความเข้าใจ เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่เหมาะสมแต่ละประเภท หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้กับเทคโนโลยีประเภทนั้น ๆ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และความตระหนักที่เสริมในกิจกรรมอย่างดีพอ และควรที่จะศึกษารายละเอียดของขั้นตอนต่าง ๆ ในกิจกรรม ให้มีความเข้าใจ และมีความมั่นใจ ในการดำเนินกิจกรรม

1.3 ในขณะที่ทำกิจกรรม ครูควรสร้างบรรยากาศให้เด็กได้ใช้ความคิดอย่างอิสระ กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ และให้กำลังใจแก่นักเรียนทุกกลุ่มตลอดเวลาของการทำกิจกรรม ขั้นตอนในการดำเนินกิจกรรมต้องต่อเนื่อง เพื่อมิให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่าย

1.4 คู่มือครูและแนวทางในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ในชุดกิจกรรม เป็นเพียงแนวทางหนึ่งในการทำกิจกรรม นักเรียนอาจเสนอแนะแนวทางที่แตกต่าง ครูควรพิจารณาความเป็นไปได้เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน และครูผู้สอนอาจเปลี่ยนแปลงกิจกรรมให้เหมาะสมกับการสอนของตนได้

1.5 เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม ครูอาจยืดหยุ่นได้ตามความเหมาะสมกับระดับสติปัญญาของผู้เรียนได้ แต่ไม่ควรใช้เวลามากเกินไป เพราะอาจจะทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายได้

### 2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรทำการวิจัยในลักษณะเดียวกันกับนักเรียนระดับอื่น เช่น มัธยมศึกษาตอนปลาย อาชีวศึกษา โดยปรับปรุงเนื้อหาในกิจกรรมให้มีความเหมาะสม เพื่อฝึกฝน หรือพัฒนาการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับเป็นพื้นฐานในการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

2.2 ควรทำการวิจัยในลักษณะเดียวกัน โดยใช้วัสดุอื่นที่หาได้ง่ายที่มีอยู่ในท้องถิ่นนั้นๆ เพื่อประโยชน์ต่อการนำไปใช้ในชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ

2.3 ควรมีการศึกษาผลของการเรียนด้วยชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับตัวแปรอื่น ๆ เช่น ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์

2.4 ควรศึกษาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในแต่ละภาคของประเทศไทย เพื่อจะได้เป็นประโยชน์ในการนำมาใช้ในกิจกรรมเสริมหลักสูตร และพัฒนาให้เหมาะสมกับท้องถิ่นมากยิ่งขึ้น

2.5 ควรทำการสร้างกิจกรรมในชุดกิจกรรม เรื่องเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ในจำนวนที่มากขึ้น



**บรรณานุกรม**

## บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2521). *ประมวลศัพท์บัญญัติวิชาการศึกษา*. กรุงเทพฯ : รุ่งเรืองสาส์นการพิมพ์.
- กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2534). *คู่มือครูการประเมินผลการเรียนระดับมัธยมศึกษา*. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- กรรณิกา ไพทจันทร์. (2541). *ผลการใช้ชุดกิจกรรมสิ่งแวดล้อมตามวิธีการวิจัยในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อสิ่งแวดล้อมในกิจกรรมชุมนุมวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและการพลังงาน. (2531). *เอกสารแสดงสถานภาพทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศไทย*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2544). *สาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ : ม.ป.พ.
- ก่อ สวัสดิพาณิชย์. (2527). “แนวคิดใหม่ทางการศึกษา,” รายงานการสัมมนาเรื่องพิจารณาแนวความคิดและเทคโนโลยีปรับปรุงคุณภาพทางการศึกษาในโรงเรียนที่ครูสอนไม่ครบชั้น. กรุงเทพฯ : ศุภสภา.
- กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน. (2541, เมษายน - มิถุนายน). “การส่งเสริมการใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นเชื้อเพลิง,” *วารสารนโยบายพลังงาน*. 11(40) : 35 – 36.
- กองบรรณาธิการ. (2544, พฤษภาคม - มิถุนายน). “ต้นไม้ให้สี สีสันจากธรรมชาติ,” *เกษตรกรรมธรรมชาติ*. 1(3) : 18 – 22.
- กองวิจัยทางการศึกษา. (2521). *วิธีวิจัยทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กัญญา เลิศฤดีวัฒนวงศ์. (2530, กันยายน - ตุลาคม). “การถ่ายทอดเทคโนโลยีและการพัฒนาเทคโนโลยีพื้นบ้าน,” *วารสารเทคโนโลยีที่เหมาะสม*. 1(5) : 43 – 45.
- กาญจนา เกียรติประวัติ. (ม.ป.ป.). *วิธีสอนทั่วไปและทักษะการสอน*. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- กำพล กาทอง. (2543, กันยายน). “แท่งเชื้อเพลิงเขียว ทางเลือกทดแทนฟืนและถ่านจากวัสดุเหลือใช้,” *เกษตรกรรมธรรมชาติ*. 2(7) : 56.
- กิดานันท์ มลิทอง. (2536). *เทคโนโลยีการศึกษาร่วมสมัย*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : เอ็ดดิสันเพรสโปรดักส์.
- เกษม จันท์แก้ว. (2528, ตุลาคม). “การวิจัยทางชีววิทยาเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อม,” *วิทยาศาสตร์* 5(10) : 556-564.
- ขวัญ สงวนเสริมศรี. (2529). *ความรู้และความตระหนักของคณะกรรมการหมู่บ้าน (กม.) ในการอนุรักษ์ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมศิลปกรรม ศึกษากรณีอำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี*. วิทยานิพนธ์. สค.ม. (สิ่งแวดล้อม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล. ถ่ายเอกสาร.

- คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, สำนักงาน. (2534). *แผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ ฉบับที่ 7 (พ.ศ.2535 – 2539)*. กรุงเทพฯ : สำนักนายกรัฐมนตรี.
- คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, สำนักงาน. (2533, กุมภาพันธ์). “เทคโนโลยีสมัยใหม่กับสิ่งแวดล้อม,” *สิ่งแวดล้อม*. 32(6) : 97 – 98.
- คมสัน หุตะแพทย์. (2544, มีนาคม). “พลังงานสวะ จากเศษขยะสู่เชื้อเพลิงชีว,” *เกษตรกรรมธรรมชาติ*. 6(4) : 55 – 57.
- จงกล พูนทวี. (2537). *ผลของกรดอินทรีย์ระยะเหี่ยวต่อจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตก๊าซชีวภาพ*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า.
- จิราพร จักรไพบวศ์. (2530). *ปัจจัยที่มีผลต่อความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาในการบริโภคอาหารที่มีวัตถุเจือปนและเครื่องปรุงรสของแม่บ้านในเขตกรุงเทพมหานคร*. วิทยานิพนธ์. ศศ.ม. (สิ่งแวดล้อม) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล. ถ่ายเอกสาร.
- จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, คณะวิศวกรรมศาสตร์. (2524). “เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการพัฒนาชนบท,” *เอกสารรวบรวมบทความทางวิชาการ การประชุมวิชาการ 16 – 18 ตุลาคม 2523*. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จักรพรรดิ วัฒนา. (2544, พฤษภาคม). “บทบาทของครู ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ,” *ข่าวครูสภา*. 24(5) : 2.
- ฉลอง ภิมรัตน์. (2521). *กระบวนการกลุ่ม คู่มือประกอบการเรียนวิชา 325 หลักสูตรสภาการศึกษาฝึกหัดครู พุทธศักราช 2519*. กรุงเทพฯ : วิทยาลัยครูภูเก็ต.
- ฉลองชัย สุรพัฒน์บุรณ. (2528). *การเลือกและการใช้สื่อการสอน*. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชม ภูมิภาค. (2524). *เทคโนโลยีทางการสอนและการศึกษา*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ประสานมิตร.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2523). “การปรับปรุงการสอนตามแบบจุฬา,” *เอกสารประกอบการประชุมปฏิบัติงานตามโครงการอบรมอาจารย์ ครั้งที่ 1-4*. ฝ่ายวิชาการจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชัยฤทธิ์ คีลาเดช. (2544). *คู่มือการเขียนแผนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ระดับมัธยมศึกษา*. กรุงเทพฯ : บริษัท จูนพับลิชชิ่ง จำกัด.
- ชาญชัย ลิ้มปียากร และ ชำรง เปรมปรีดี. (2527). *เทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาชนบท*. กรุงเทพฯ : สถาบันไทยคดีศึกษา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ชีพร ดปนิยากร. (2538). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่เรียนด้วยวิธีแบบร่วมมือและวิธีเรียนปกติ*. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (ศึกษาศาสตร์) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. ถ่ายเอกสาร.
- ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2522). *หลักการและทฤษฎีเทคโนโลยีการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : เรือนแก้วการพิมพ์.
- ณิพร เลื่อนฤทธิ์. (2530). *การศึกษาความสามารถในการนำความรู้วิชาวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดลำปาง*. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.

- ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2539). *ทางเลือกในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แนวคิดและแนวปฏิบัติ*. กรุงเทพฯ : ดวงกมลการพิมพ์.
- . (2542). *การวัดผลการเรียนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ดิเรก ฤกษ์ห่วย. (2522). *หลักการส่งเสริมการเกษตร*. กรุงเทพฯ : บี เอฟ ไอ.
- ทองทิพย์ พูลเกษม. (2543). *การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนเพื่อทดแทนฟืนและถ่านในการหุงต้มในครัวเรือน*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล. ถ่ายเอกสาร.
- ทศนา เขมณเฑาะ. (2522). *กลุ่มสัมพันธ์ : ทฤษฎีและแนวปฏิบัติเล่ม 1*. กรุงเทพฯ : บุรพาการพิมพ์.
- ทวีชัย ชัยจิรฉายากุล. (2527). *จุดหมายสำหรับการเรียนการสอนและหลักสูตร : แนวคิดและแนวปฏิบัติ*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- ธีระชัย ปุณณโชติ. (2531). *การสอนกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ : คู่มือสำหรับครู*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- . (2532). “แนวคิดในการจัดการศึกษาระดับประถมและมัธยมศึกษาสำหรับประเทศไทยในอนาคต,” *เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการประจำปี เรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น*. ชมรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีศึกษา , สมาคมการศึกษาแห่งประเทศไทย.
- นัยพินิจ คชภักดี. (2527, มิถุนายน). “แนวทางการศึกษาวิจัย,” *เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องนโยบายการพัฒนาประเทศ*. สถาบันไทยคดีศึกษา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- นิดา สะเพียรชัย. (2527). “วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อประชาชน,” น.93. *12 ปี ของการพัฒนาการด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในประเทศไทย*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.
- นิพนธ์ สุขปริดี. (2525). *เทคโนโลยีทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์พิมพ์เนต.
- นิพนธ์ สิงห์สมาน. (2534). *การศึกษาความตระหนักถึงผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เขตการศึกษา 11*. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- นุศรา เอี่ยมนวลรัตน์. (2542). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้ชุดกิจกรรมสิ่งแวดล้อมแบบยั่งยืนกับการสอนโดยครูเป็นผู้สอน*. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- บัณฑิต จุฬาคัย. (2528, มิถุนายน - กรกฎาคม). “เยาวชน...ผู้กำหนดสภาวะแวดล้อมในทศวรรษหน้า,” *จุลสารสภาวะแวดล้อม*. 3(16) : 59.
- บุญเกื้อ ควรหาเวช. (2530). *นวัตกรรมการศึกษา*. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. บางเขน.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2528). *พัฒนาหลักสูตรและการสอน*. มหาสารคาม : ภาควิชาพื้นฐานการศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม.
- . (2537). *การพัฒนาการสอน*. กรุงเทพฯ : สุวิริยาสัน.
- บุญเรียง ขจรศิลป์. (2530). *วิธีวิจัยการศึกษา*. กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซนเตอร์การพิมพ์.

- ประกอบ ระกิติ. (2532). “เทคโนโลยีที่เหมาะสมและสอดคล้องกับวิถีชีวิตของชาวบ้านชนบทอีสาน,” เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาชนบทอีสาน. ขอนแก่น : ศูนย์ฝึกอบรมและพัฒนาการสาธารณสุขมูลฐานภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.
- ประจวบจิตร คำจตุรัส. (2530). “โรงเรียนกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ,” เอกสารการสอนชุดวิชาการสิ่งแวดล้อมสำหรับโรงเรียนและชุมชน เล่ม 3 หน่วยที่ 13. กรุงเทพฯ : นำทางการพิมพ์.
- ประทีป ปิ่นท้วม. (2535). การศึกษาการนำซีลีอที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดมาใช้ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ประภาเพ็ญ สุวรรณ. (2526). ทศนคติ การวัดการเปลี่ยนแปลงและพฤติกรรมอนามัย. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์พระพัณา.
- ประลอง ดำรงค์ไทย. (2542, สิงหาคม). “แท่งเชื้อเพลิงชีวเพื่อทดแทนฟืนและถ่าน,” วสาร. 57(1) : 53 – 60.
- ปรีชา รักษจิต. (2540, กรกฎาคม). “การนำวัสดุเหลือใช้มาใช้ให้เกิดประโยชน์,” เทคโนโลยี. 92(7) : 15-18
- ปรีชา วงศ์ชูศิริ. (2537). เอกสารหน่วยการเรียนรู้การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์การศาสนา.
- ปรีชา อมาตยกุล. (2528). มิติใหม่ในการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- ปรียา ตรีศาสตร์. (2530). การสร้างชุดการสอนวิชาภาษาไทย (ท 042) เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทย และพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิต. ทบวงมหาวิทยาลัยของรัฐ. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- เป็รื่อง กุมุท. (2520). เทคนิคการอบรม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- พรประชา ปันธัมโม. (2524). งานกับคุณค่าของชีวิต. กรุงเทพฯ : เกล็ดไทย.
- พรรณพิศ วาณิชการ. (2528, กรกฎาคม – กันยายน). “การทำงานแบบกลุ่ม,” วารสารสารานุกรมศึกษาศาสตร์. 3(15) : 135 – 137.
- พระเทพเวที (ประยุทธ์ ปยุตโต). (2532). การศึกษาที่สาละบายฐานแห่งภูมิปัญญาไทย. กรุงเทพฯ : อมรินทร์ พรินตติ้ง กรูฟ.
- พันธุ์ ข.พหลโยธิน. (2536, สิงหาคม - พฤศจิกายน). “พลังงานจากวัสดุเหลือใช้บางชนิดในการเกษตรกรรม,” วิศวกรรมสาร มก. 20(7) : 65 – 66.
- พิทักษ์ รักษ์พลเดช. (2525). การศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์กับการพัฒนาประเทศ. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิศาล สร้อยรุห์รา. (2539). ผลการวิจัยและประเมินหลักสูตรการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาของไทยเมื่อศึกษาโดยใช้เครื่องมือระดับนานาชาติ. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. อัดสำเนา.
- เพชร กตัญญกุล. (2537, มกราคม – กุมภาพันธ์). “การหมุนเวียนวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร,” กลิศร. 67(1) : 32 – 38.
- เพียร ชัยขวัญ. (2536). วิทยาศาสตร์กับสังคม. กรุงเทพฯ : หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู.

- ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. (2530, ตุลาคม – ธันวาคม). “แนวคิดเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์,” *วิจัยและพัฒนาการสอน*. 9(12) : 2.
- ภพ เลหาไพบูลย์. (2534). *การสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา*. เชียงใหม่:เชียงใหม่คอมเมอร์เชียล.
- . (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.
- มงคล ชาวเรือ. (2528). *เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตในท้องถิ่น*. พระนครศรีอยุธยา : ภาควิชาสังคมวิทยา คณะวิชามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ วิทยาลัยครูพระนครศรีอยุธยา.
- . (2535, พฤษภาคม - สิงหาคม). “เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการพัฒนาท้องถิ่นของวิทยาลัยครู,” *วารสารวิชาการอุดมศึกษา*. 1(3) : 26 – 33 .
- มณฑา โกเฮง. (2537). *สิ่งทอเบื้องต้น*. ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- มรกต ดันติเจริญ. (2534, ตุลาคม). *สรุปโครงการนิทรรศการเทคโนโลยีครั้งที่ 6*. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ยงยุทธ ยุทธวงศ์. (2531, เมษายน - มิถุนายน). “บทบาทของเทคโนโลยีต่อการพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีในประเทศไทย,” *วารสาร สสวท*. 2(2) : 11 – 16 .
- ยุพิน พิพิธกุล. (2537). *การเรียนการสอนคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ : เอดิสัน เพรสโปรดักส์.
- รัตนะ บัวรา. (2540). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเองกับการสอนตามคู่มือครู*. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2531). *พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2525*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์อักษรเจริญทัศน์.
- วรรณทิพา รอดแรงคำ. (2540). *การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : สถาบันพัฒนาคุณภาพทางการ.
- วรรณสูตร พันธุมะเกียรติ. (2535). *ความสอดคล้องของเนื้อหาเทคโนโลยีในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นกับความต้องการของท้องถิ่นจังหวัดปราจีนบุรี*. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- วัฒนาพร ระบับทุกข. (2542). *การจัดการเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง*. กรุงเทพฯ : ม.ป.พ.
- . (2542). *แผนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง*. กรุงเทพฯ : แอลทีเพรส จำกัด.
- วาสนา ชาวหา. (2525). *เทคโนโลยีทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ : อักษรสยามการพิมพ์.
- วิชัย วงษ์ใหญ่. (2523). *พัฒนาหลักสูตรและการสอนมิติใหม่*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์รุ่งเรือง.
- . (2525). *พัฒนาหลักสูตรและการสอนมิติใหม่*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- วิภาภรณ์ เตโชชัยวุฒิ. (2533). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยชุดการเรียนรู้ด้วยตนเองแบบสืบเสาะหาความรู้กับการเรียนตามปกติ*. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- วิสุทธิ ตรีเงิน. (2534). ผลของกิจกรรมพื้นฐานทางเทคโนโลยีที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- วีระ ไทยพานิช. (2529). 57วิธีสอน. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศรีสว่าง เลี้ยววาริณ. (2525). การยอมรับวิทยาการพื้นฐานของประชาชนในจังหวัดราชบุรี. วิทยานิพนธ์. ศษ.ม. (ศึกษาศาสตร์) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร. ถ่ายเอกสาร.
- ศิริ ฮามสุโพธิ์. (2536). เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตในท้องถิ่น. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2530). เทคโนโลยีสำหรับชาวบ้านเล่มที่ 3. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2531). คู่มือการทำและการจัดแสดงโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : สสวท.
- สมจิต กุบแก้ว. (2529). ความสอดคล้องของเนื้อหาเทคโนโลยีในหลักสูตรวิทยาศาสตร์กับความต้องการของท้องถิ่น. วิทยานิพนธ์. ศศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- สมจิต สวธน์ไพบูลย์. (2527). สมรรถภาพการสอนของครู. กรุงเทพฯ : ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- . (2535). ธรรมชาติวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สมชัย อุ่นอนันต์. (2539). การศึกษาผลการใช้กิจกรรมเทคโนโลยีในท้องถิ่นที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสนใจทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สมทรง ไชยวัด. (2538). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการจัดกลุ่มที่แตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์ จ.ม. (มัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. (2528). การประกวดโครงงานและกิจกรรมวิทยาศาสตร์ ประจำปี 2528. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์พันธ์พิบูลย์.
- สันหัต ภิบาลสุข และพิมพ์ใจ ภิบาลสุข. (2525). การใช้สื่อการสอน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : พีระพัฒนา.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2534). “คู่มือครู,” รูปแบบการฝึกทักษะการทำงานกลุ่มสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 : ชุดกิจกรรมและฝึกทักษะกระบวนการกลุ่ม. กรุงเทพฯ : รุ่งศิลป์การพิมพ์.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2540). ทฤษฎีการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมต้นแบบการเรียนรู้ทางด้านหลักทฤษฎีและแนวปฏิบัติ. กรุงเทพฯ : โครงการพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอนสำนักงานฯ.
- สำนักงานทดสอบทางการศึกษา. (2531). การประเมินผลการเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภา.

- สุกิจ ศรีพรหม. (2541,กันยายน). "ชุดการสอนกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน," วารสารวิชาการ. 1(9) : 68 – 72.
- สุโขทัยธรรมาธิราช, มหาวิทยาลัย. (2533). เอกสารการสอนชุดกิจกรรมการสอนคณิตศาสตร์ หน่วยที่ 8 – 15. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุจินต์ วิสุทธิรานนท์. (2536). "การจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนร่วมมือกัน," ในประมวลสาระชุดวิชาการพัฒนาหลักสูตรและวิทยวิธีทางการสอน หน่วยที่ 10. นนทบุรี : สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- สุทัศน์ ยกส้าน. (2530). " การพัฒนาเด็กในด้านวิทยาศาสตร์ทัศนะของนักวิทยาศาสตร์ดีเด่น," สรุปการสัมมนาทางวิชาการเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาเด็กไทย 3 – 4 ธันวาคม 2530. กรุงเทพฯ : ชมรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีศึกษา สมาคมการศึกษาแห่งประเทศไทย.
- สุนทร วิวัฒนพันธุ์. (2535). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการตัดสินใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ประเภททดลอง กับที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สุประดิษฐ์ ลิขรัตน์สกุล. (2530, กรกฎาคม). " วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีปัจจัยหลักในปัจจุบันและอนาคต," คู่มือปริทัศน์. 12(5) : 46 – 51.
- สุพล บุญทรง. (2523). กลุ่มสัมพันธ์หรือกระบวนการกลุ่ม เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชา ศษ. 325. คณะวิชาครุศาสตร์ วิทยาลัยครูนครสวรรค์.
- สุพัฒน์ เผ่าพงษ์ไทย. (2539). การผลิตก๊าซชีวภาพจากกากมะเขือเทศโดยจุลินทรีย์ ที่อุณหภูมิปานกลางและอุณหภูมิสูง. ปรินญาณินพนธ์ วท.ม. (เคมีชีวภาพ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สุวัฒน์ นิยมคำ. (2531). การสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เล่ม 1. กรุงเทพฯ : เจเนอรัลบุ๊คเซนเตอร์ จำกัด.
- อนุชิต กิจสวัสดิ์. (2524). รายงานเรื่องการทำเชื้อเพลิงอัดแข็งจากขี้ข้าวโพดเพื่อใช้กับเตาเศรษฐกิจแบบของนายหล้า. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน, กรุงเทพฯ.
- อรุณ รัชตะนาวิน. (2527). "วิทยาศาสตร์กับสังคม," ใน 50 ปี วิทยาศาสตร์บัณฑิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2476 – 2507. บรรณาธิการโดย ศักดา ศิริพันธ์. กรุงเทพฯ : ด่วนสิทธิการพิมพ์
- อัมพร ปัญญา. (2531). การวิเคราะห์เนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับเทคโนโลยีในหนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์. ก.ม.(มัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- อาทิตย์ มลิตทอง. (2536). การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงชีวจากผักตบชวาและผักตบชวามผสมถ่านลิกไนท์. วิทยานิพนธ์ วท.ม.(วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม). กรุงเทพฯ:บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- อำนาจ เจริญศิลป์. (2532). *ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : โอ เอสพริ้นติ้งเฮ้าส์.
- อุทุมพร จามรมาน. (2532). การสร้างและพัฒนาเครื่องมือวัดลักษณะของผู้เรียน. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัดพันธ์พิบบลิตซ์.

- เอื้อน วิเศษชาติ. (2534). *การศึกษาความตระหนักถึงผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ของครูวิทยาศาสตร์ กรมสามัญศึกษา เขตการศึกษา 10. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.*
- Alaimo, S.J. (1979, March). "A Study of Factors Influencing Value Preference in Environmental Problems of Seventh Through Twelfth Grade Students," *Dissertation Abstracts International*. 39(2) : 5427-A – 5428-A.
- Anastasi, A. (1967). *Psychological Testing*. 4<sup>th</sup> ed. New York : McMillan Publishing Company, Inc.
- Bard, Eugene Dwight. (1975, March). "Development of a Variable – Step Programmed System of Instruction for College Physical Science," *Dissertation Abstracts International*. 35(2) : 5947-A.
- Bloom, Benjamin S. (1976). *Taxonomy of Educational Objectives Handbook 1 : Cognitive Domain*. New York : David McKay Company Inc.
- Brown, James W. (1973). *A.V. Instruction Technology, Media and Methods*. New York : McGraw-Hill.
- Bybee, W. R. (1980, July). "Science, Society and Science Education," *Science Education*. 64(5) : 377-395.
- Calzada, J.F. (1984). "Biogas Production from Coffee Pulp Juice : One and Two-phase Syst," *Agricultural Wastes*. 9 : 217-230.
- Cardarelli, Sally M. (1973). *Individualized Instruction Programed and Materials*. New York : Englewood Cliffs.
- Cortes, L.P. (1987, January). "A Survey of Environmental Knowledge, Comprehension, Responsibility and Interest of the Secondary Level Students and Teachers in the Philippines," *Dissertation Abstracts International*. 47(7) : 2529-A.
- Czenkowski, David E. (1974, September). "The Neglected Scientific Skills ; Listening." *Science and Children*, 12(1) : 23.
- Davis, Keith. (1962). *Human Relation at Work*. New York : McGraw Hill Company.
- Deutch, M. (1962). "Cooperative and Trust : Some theoretocal; Attemptes," in M.R. Jones (Ed.), *Nebraska Symposium on Motivation*. Lincoln, N.E. : University of Nebraska Press : 275 – 319.
- Devito, Alfred and Gerald H. Krockover. (1976). *Creative Sciencing Ideas Activities for Teachers and Children*. Lettle : Brown and Company Inc.
- Drever, J. (1976). *A Dictionary of Psychology*. England : Penquin Books.
- Duan, Jame E. (1973). *Individualized Instructional Programs and Materials*. Englewood Cliffs, New Jersey : Educational Technology.
- Eysenck, H. J. and W. Arnold. (1972). *Encyclopedia of Psychology*. London : Search Press.
- Good, C.V. (1973). *Dictionary of Eduction*. New York : McGraw. Hill Book Company.
- Gulley, Halbert E. (1960). *Discussion, Conference and Group Process*. New York : Holt, Rinehart and Winston, Inc.

- Halsay, W.D. (1974). *School Dictionary*. New York : Macmillan Publishing Co, Inc.
- Hill, D.J., and K. Nakano. (1984). " Effects of Particle Size on Anaerobic Digestion of Tomato Solid Wastes," *Agricultural Wastes*. 10 : 285-295.
- Houston, W. Robert and other. (1972). *Developing Instruction Modules, A Modular System for Writing Modules*. College of Education Texas : University of Houston.
- Kapfer, Phillip and Miriam Kapfer. (1972). " Introduction to Learning Packages," *Learning Packages in American Education*, New Jersey : Education Technology Publications, Englewood Cliffs.
- Krathwohl, D.R. , B.S. Bloom and B.B. Masia. (1956). *Taxonomy of Education Objectives :The Classification of Educational Goals, Handbook II, Affective Domain*. New York : David McKay.
- McCarty, P.L. and J.S. Jeris. (1984, September). "The Biochemistry of Methane Fermentation Using  $^{14}\text{C}$  tracers" *J. Water. Pollut. Control* Feb. 37(5) : 178 – 192.
- Nelson, Leslie W. and George C. Lorbeer. (1975). *Science Activities for Elementary Children*. 4<sup>th</sup> ed. Iowa : WM.C. Brown Company Publishers.
- Page, G.T. and Thomas, J.B. (1977). *International Dictionary of Education*. New York : Kogan Page, London / Nichol Publishing.
- Prema Viswanath, S.Sumithra, Devi and Krishna Nand. (1992, March). " Anaerobic Digestion of Fruit and Vegetable Processing Wastes for Biogas Production," *Bioresource Technology*. 40(8) : 43-48.
- Runes, D.D. (1968). *Dictionary of Philosophy*. New York : Littefield, Adams & Co.
- Sanchez, E.P. and others. (1992, August). " Effect of the Hydraulic Retention Time or the Anaerobic Biofilm Reactor Efficiency Applied to Screened Cattle Waste Treatment," *Biotech Letters*. 14(7) : 635-638.
- Updated Guide Book on Biogas Development. (1984). *Energy Resources Development Series*. No. 27 , New York : United Nations.
- Vivas, David A. (1985, September). " The Design and Evaluation of a Course in Thinking Operations for First Grades in Vmezueta (Cognitive, Elementary Learning)," *Dissertation Abstracts International*. 46(03A) : 603.
- Wilson, Cynthia Lovise. (1989, August). " An Analysis of a Direct Instruction Program in Teaching Word Problem-Solving to Learning Disabled Students," *Dissertation Abstracted International*. 50(02A) : 416.
- Winston, B. J. (1974, December). " The Relationship of Awareness to Concern for Environmental Quality among Selected High School Students," *Dissertation Abstracts International*. 35(6) : 3412-3413-A.
- Wolman, B.B. (1973). *Dictionary of Behavioral Sciences*. London : Litton Educational Publishing, Inc.





ภาคผนวก ก

- รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการคัดเลือกโครงการวิทยาศาสตร์
- รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการวิจัย
- สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์

### รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการคัดเลือกโครงการวิทยาศาสตร์

1. อาจารย์กนกศักดิ์ ทองตั้ง  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2. อาจารย์รังสรรค์ ศรีสาคร  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
3. อาจารย์ภาณี ไกรลักษณะวรภา  
อาจารย์ 3 ระดับ 8 โรงเรียนราชวินิตมัธยม
4. อาจารย์จตุมา จันทระกุล  
อาจารย์ 3 ระดับ 8 โรงเรียนมัธยมวัดเบญจมบพิตร
5. อาจารย์ชูศิลป์ อัดชู  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

## รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการแนะนำ ตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย

1. อาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
2. อาจารย์ ดร.เปรมจิตร์ บุญสาย  
คณะบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาเขตกรรณ
3. อาจารย์ นันทิยา บุญเคลือบ  
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. อาจารย์ อุบล พึ่งเพียร  
อาจารย์ 3 ระดับ 8 โรงเรียนมัธยมวัดเบญจมบพิตร
5. อาจารย์ จุฬิพร แบนกลาง  
อาจารย์ 2 ระดับ 7 โรงเรียนมัธยมวัดเบญจมบพิตร

ที่ ทม 1012/ ๑๕๕



บัณฑิตวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

30 เมษายน 2545

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสังเกต แบบประเมิน และแบบวัด

เนื่องด้วย นางเพชรรัตดา เทพพิทักษ์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการศึกษาโครงงานวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3” โดยมี รองศาสตราจารย์ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ และ อาจารย์สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์นันทยา บุญเคลือบ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง แบบประเมินความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้  
นางเพชรรัตดา เทพพิทักษ์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง  
มา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ณภัทร หะวานนท์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-664-1000 ต่อ 5726, 5644

โทรสาร. 02-258-4119

ที่ ทม 1012/ ๘๕๕๕



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

30 เมษายน 2545

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนมัธยมวัดเบญจมบพิตร

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสังเกต แบบประเมิน และแบบวัด

เนื่องด้วย นางเพชรรัตดา เทพพิทักษ์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการศึกษาโครงงานวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3” โดยมี รองศาสตราจารย์ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ และ อาจารย์สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์อุบล พึ่งเพียร และ อาจารย์จรัญพร เป็นกลาง เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง แบบประเมินความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นางเพชรรัตดา เทพพิทักษ์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ภากรณ์ หะวานนท์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-664-1000 ต่อ 5726, 5644

โทรสาร. 02-258-4119

ที่ ทม 1012/ ๒๒๖๗



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

3๐ เมษายน 2545

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน อธิการบดีมหาวิทยาลัยสยาม

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสังเกต แบบประเมิน และแบบวัด

เนื่องด้วย นางเพชรรัตดา เทพพิทักษ์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อกำหนดโครงงานวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3” โดยมี รองศาสตราจารย์ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ และ อาจารย์สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ ดร.สนอง ทองปาน เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง แบบประเมินความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นางเพชรรัตดา เทพพิทักษ์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ณัฐพงษ์ หะวานนท์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ปฏิบัติราชการแทนอธิการบดี

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-664-1000 ต่อ 5726, 5644

โทรสาร. 02-258-4119

ที่ ทม 1012/๒๕๕๕



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

30 เมษายน 2545

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน อธิการบดีสถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาสงครณ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสังเกต แบบประเมิน และแบบวัด

เนื่องด้วย นางเพชรรัตดา เทพพิทักษ์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการศึกษาโครงงานวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3” โดยมี รองศาสตราจารย์ณัฐพงษ์ เจริญพิทย และ อาจารย์สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ ดร.เปรมจิตร บุญสาย เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง แบบประเมินความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นางเพชรรัตดา เทพพิทักษ์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

*(Signature)*

(รองศาสตราจารย์นภกรณ หะวานนท์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-664-1000 ต่อ 5726, 5644

โทรสาร. 02-258-4119

ที่ ทม 1012/ 3443



บัณฑิตวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

7 มิถุนายน 2545

เรื่อง ขอความร่วมมือเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนมัธยมวัดเบญจมบพิตร

สิ่งที่ส่งมาด้วย ชุดกิจกรรมฯ

เนื่องด้วย นางเพชรรัตดา เทพพิทักษ์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3” โดยมี รองศาสตราจารย์ ฉัตรพงษ์ เจริญพิทย์ และ อาจารย์สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อพัฒนาเครื่องมือการวิจัย โดยขออนุญาตใช้อุปกรณ์และห้องปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ทดลองสอนกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ชั้นปีที่ 3 จำนวน 9 คน โดยใช้ชุดกิจกรรมเรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ในระหว่างเดือนมิถุนายน 2545

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ นางเพชรรัตดา เทพพิทักษ์ ได้เก็บข้อมูล ในการทำปริญญานิพนธ์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ภากรณ์ หะวานนท์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-664-1000 ต่อ 5726, 5644

โทรสาร. 02-258-4119



บัณฑิตวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

13 มิถุนายน 2545

เรื่อง ขอความร่วมมือเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนมัธยมวัดเบญจมบพิตร

สิ่งที่ส่งมาด้วย ชุดกิจกรรมฯ แบบวัด แบบประเมิน และแบบสังเกต

เนื่องด้วย นางเพชรรัตดา เทพพิทักษ์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการศึกษาวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3” โดยมี รองศาสตราจารย์ ณีฐพงษ์ เจริญพิทย์ และ อาจารย์สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย โดยขออนุญาตใช้อุปกรณ์และห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ทำการสอนกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ชั้นปีที่ 3 จำนวน 30 คน โดยใช้ชุดกิจกรรมเรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการศึกษาวิทยาศาสตร์ และทำแบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี แบบประเมินความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ และทำการสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง ในระหว่างเดือนมิถุนายน - กรกฎาคม 2545

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ นางเพชรรัตดา เทพพิทักษ์ ได้เก็บข้อมูลในการทำปริญญานิพนธ์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

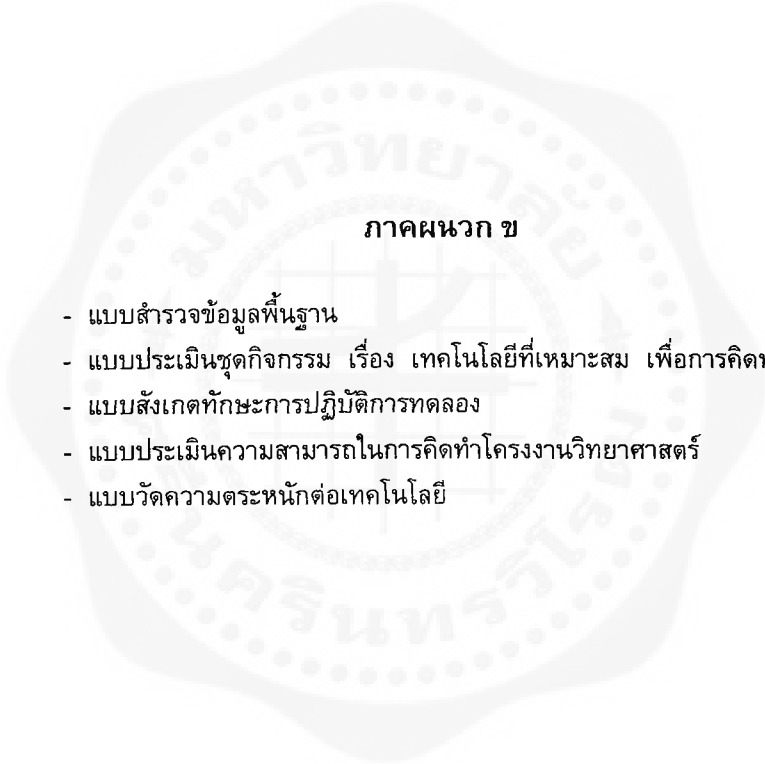
(รองศาสตราจารย์ ภาภรณ์ หะวานนท์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-664-1000 ต่อ 5726, 5644

โทรสาร. 02-258-4119



## ภาคผนวก ข

- แบบสำรวจข้อมูลพื้นฐาน
- แบบประเมินชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์
- แบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง
- แบบประเมินความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์
- แบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี

## แบบการประเมินสำรวจข้อมูลพื้นฐาน สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับโครงการวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปพัฒนาเป็นชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

### คำชี้แจง

1. โครงการวิทยาศาสตร์ที่นำมาให้ผู้ทรงคุณวุฒิคิดสรรในครั้งนี้เป็นโครงการที่ได้รับรางวัลจากการประกวดโครงการวิทยาศาสตร์แห่งชาติ จากระดับภาคและระดับประเทศ ตั้งแต่ปีพ.ศ.2542 – 2544 ซึ่งถูกเก็บรวบรวมโดย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีถูกคัดเลือกมาจำนวนทั้งสิ้น 10 โครงการ

2. ข้อมูลที่ใช้ในการคัดเลือกครั้งนี้ ใช้เกณฑ์เทคโนโลยีที่เหมาะสมเป็นเกณฑ์ในการแบ่ง ซึ่งเกณฑ์นี้ได้มาจากรายงานการสัมมนาของมหาวิทยาลัยมหิดล (2522 : 163) ได้จัดประเภทของเทคโนโลยีที่เหมาะสมโดยจัดกลุ่มตามคุณลักษณะและที่มาของการสร้างไว้ดังนี้

1) เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทพลังงาน โดยอาศัยพลังงานที่มีอยู่ตามธรรมชาติมาใช้ ได้แก่ แสงอาทิตย์ กระแสลม ความร้อน ชีวมวล (แก๊ส) ที่ได้จากมูลสัตว์ และ วัชพืช เป็นต้น สิ่งที่น่าสนใจประดิษฐ์ที่ใช้กันอยู่ตามพื้นบ้าน เช่น เครื่องอบข้าวด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ การชลประทานแบบหยดน้ำ กังหันลมต่อน้ำและสูบน้ำ เตาหุงข้าวโดยพลังงานแสงอาทิตย์ การจัดแหล่งน้ำเพื่อการเกษตร เป็นต้น

2) เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทวัสดุเหลือใช้ โดยนำวัสดุที่มีเหลือใช้ในท้องถิ่นมาคิดประดิษฐ์และใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ได้แก่ เศษไม้ ฟืน ถ่าน ฟางข้าว แกลบ ชี้เลื้อย ชั่งข้าวโพด ผักตบชวา มูลสัตว์ต่างๆ เป็นต้น สิ่งที่น่าสนใจประดิษฐ์และใช้กันอยู่ในหมู่บ้าน เช่น เตาแก๊สจากมูลสัตว์หรือวัชพืช ตู้เย็นใช้ไอเย็นจากถ่านหุงข้าว เตาเศรษฐกิจ ที่กรองน้ำโดยใช้ถ่านหุงข้าว เป็นต้น

3) เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภททรัพยากรในท้องถิ่น เป็นการคิดสร้างเทคโนโลยีที่อาศัยทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาเป็นวัตถุดิบในการประดิษฐ์ เป็นเครื่องมือ เครื่องใช้ เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวัน และลดต้นทุนการผลิตของการประกอบอาชีพ สิ่งประดิษฐ์และการคิดค้นโดยชาวบ้าน ได้แก่ รถอีแต่น เครื่องแกะข้าวโพด เครื่องแกะเปลือกถั่วลิสง รวมถึงการใช้ความรู้ ความคิด และเทคนิคในการผลิตพืชทางด้านเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมในครัวเรือน เช่น การทำนา – สวนผสม การทำเกษตรกรรมธรรมชาติ วิธีเพาะเห็ดแบบประหยัด การใช้สิ่วธรรมชาติย้อมผ้า เป็นต้น

**แบบประเมินสำรวจข้อมูลพื้นฐานสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับโครงการวิทยาศาสตร์  
เพื่อนำไปพัฒนาเป็นชุดกิจกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**

ข้าพเจ้า ..... ตำแหน่ง .....  
สถานที่ทำงาน .....

**คำชี้แจง**

1. โปรดประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของโครงการวิทยาศาสตร์กับประเภทของเทคโนโลยีที่เหมาะสม โดยขอความกรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างใต้เครื่องหมาย

- +1 หมายถึง สอดคล้อง  
0 หมายถึง ไม่แน่ใจ  
-1 หมายถึง ไม่สอดคล้อง

ความสอดคล้อง หมายถึง โครงการวิทยาศาสตร์มีความสอดคล้องกับประเภทของเทคโนโลยีที่เหมาะสม

2. โปรดแสดงเครื่องหมาย ✓ ในการจัดลำดับความสำคัญในการนำไปพัฒนาเป็นชุดกิจกรรมต้นแบบ

| เทคโนโลยีที่เหมาะสม      | โครงการวิทยาศาสตร์                                                                                               | ระดับความคิดเห็น |   |    | ลำดับความสำคัญ |         |      |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---|----|----------------|---------|------|
|                          |                                                                                                                  | +1               | 0 | -1 | มาก            | ปานกลาง | น้อย |
| ประเภทพลังงาน            | 1. เตาพลังสุริยะ<br>2. การศึกษาปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักวัสดุเหลือใช้<br>3. เครื่องวัดทิศทางและความเร็วลม |                  |   |    |                |         |      |
| ประเภทวัสดุเหลือใช้      | 4. การทำเชื้อเพลิงชีว<br>5. ฟีนประยุกต์<br>6. ถ่านกัมมันต์จากเปลือกผลไม้                                         |                  |   |    |                |         |      |
| ประเภททรัพยากรในท้องถิ่น | 7. กระดาษกล้วย<br>8. ไข่เค็มเร็วหลากรส<br>9. ตั๋ววงจรชีวิตพืชหนอนแมลง<br>10. การย้อมสีจากพืชธรรมชาติ             |                  |   |    |                |         |      |

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ .....

.....  
.....  
.....

## แบบประเมินชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ

### วัตถุประสงค์

แบบประเมินนี้สำหรับผู้เชี่ยวชาญใช้ประเมินคุณภาพ ชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง ในวิจัยครั้งนี้ นักเรียนกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนมัธยมวัดเบญจมบพิตร จะเป็นผู้เรียนชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นนี้

### คำชี้แจง

ชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 3 ชุดกิจกรรม ดังนี้ คือ

ชุดกิจกรรมที่ 1 เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทพลังงาน

ตอนที่ 1 การผลิตก๊าซชีวภาพจากเปลือกผลไม้และมูลสัตว์

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมัก

ชุดกิจกรรมที่ 2 เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทวัสดุเหลือใช้

ตอนที่ 1 การทำเชื้อเพลิงชีว

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแท่งเชื้อเพลิง

ชุดกิจกรรมที่ 3 เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภททรัพยากรในท้องถิ่น

ตอนที่ 1 การสกัดสีจากพืชธรรมชาติ

ตอนที่ 2 การหาสารช่วยย้อมที่สามารถทำให้สีติดบนผ้าได้นาน

ในแต่ละชุดกิจกรรม ประกอบด้วย

ส่วนที่ 1 ใบความรู้ประกอบชุดกิจกรรม

ส่วนที่ 2 ใบงานประกอบชุดกิจกรรม

**โปรดประเมิน** และให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม สำหรับเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขชุดกิจกรรมทั้ง 3 ชุดดังกล่าว โดยขอความกรุณาภาเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความคิดเห็นของท่าน ดังนี้

- |   |       |         |                                  |
|---|-------|---------|----------------------------------|
| 5 | คะแนน | หมายถึง | การประเมินอยู่ในระดับดีมาก       |
| 4 | คะแนน | หมายถึง | การประเมินอยู่ในระดับดี          |
| 3 | คะแนน | หมายถึง | การประเมินอยู่ในระดับปานกลาง     |
| 2 | คะแนน | หมายถึง | การประเมินอยู่ในระดับพอใช้       |
| 1 | คะแนน | หมายถึง | การประเมินอยู่ในระดับควรปรับปรุง |



| รายการ                                                  | 5     | 4     | 3     | 2     | 1     |
|---------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| กิจกรรม ตอนที่ 1                                        |       |       |       |       |       |
| 2.2 จุดประสงค์                                          |       |       |       |       |       |
| 2.2.1 มีความชัดเจน.....                                 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.2.2 ประเมินผลได้.....                                 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ข้อเสนอแนะ.....                                         |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |
| 2.3 อุปกรณ์และสารเคมี                                   |       |       |       |       |       |
| 2.3.1 เหมาะสมกับระดับนักเรียน.....                      | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.3.2 เหมาะสมกับเรื่องที่ทำทดลอง.....                   | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ข้อเสนอแนะ.....                                         |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |
| 2.4 วิธีการทดลอง                                        |       |       |       |       |       |
| 2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้.....                         | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.4.2 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม.....                     | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.4.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ.....                         | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.4.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจน.....                             | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.4.5 ก่อให้เกิดความคิดรวบยอด.....                      | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.4.6 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น.....                   | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.4.7 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม.....           | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.4.8 ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการปฏิบัติการทดลอง..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ข้อเสนอแนะ.....                                         |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |

| รายการ                                                                     | 5     | 4     | 3     | 2     | 1     |
|----------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| กิจกรรม ตอนที่ 2                                                           |       |       |       |       |       |
| 2.5 เวลาที่กำหนดเหมาะสม.....                                               | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.6 สถานการณ์ที่กำหนดมีความต่อเนื่องและสอดคล้องกับกิจกรรม<br>ตอนที่ 1..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.7 อุปกรณ์ที่กำหนดมีความต่อเนื่องและสอดคล้องกับกิจกรรม<br>ตอนที่ 1.....   | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.8 จากสถานการณ์และอุปกรณ์ที่กำหนดในกิจกรรมสามารถนำไปสู่                   |       |       |       |       |       |
| 2.8.1 การกำหนดปัญหาและตั้งสมมติฐานได้.....                                 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.8.2 การกำหนดตัวแปรได้.....                                               | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.8.3 การออกแบบการทดลองได้.....                                            | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.8.4 ลงมือทำการทดลองได้.....                                              | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.9 ส่งเสริมทักษะการปฏิบัติการทดลอง และการนำไปใช้.....                     | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ข้อเสนอแนะ.....                                                            |       |       |       |       |       |
| .....                                                                      |       |       |       |       |       |
| .....                                                                      |       |       |       |       |       |
| .....                                                                      |       |       |       |       |       |
| .....                                                                      |       |       |       |       |       |

## ชุดกิจกรรมที่ 2 เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทวัสดุเหลือใช้

โปรดประเมิน และให้ข้อเสนอแนะสำหรับเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขชุดกิจกรรม โดยกาเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างใต้ตัวเลข 5, 4, 3, 2, และ 1

| รายการ                                       | 5     | 4     | 3     | 2     | 1     |
|----------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1. ใบความรู้ประกอบชุดกิจกรรม                 |       |       |       |       |       |
| 1.1 เนื้อหามีความถูกต้องครบถ้วน.....         | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง.....              | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 1.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 1.4 เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์.....  | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม.....        | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 1.6 การใช้ภาษา                               |       |       |       |       |       |
| 1.6.1 มีความเหมาะสมกับระดับนักเรียน.....     | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 1.6.2 ไม่วกวนเข้าใจง่าย.....                 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 1.6.3 ชวนอ่าน.....                           | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ข้อเสนอแนะ.....                              |       |       |       |       |       |
| .....                                        |       |       |       |       |       |
| .....                                        |       |       |       |       |       |
| .....                                        |       |       |       |       |       |
| .....                                        |       |       |       |       |       |
| 2. ใบงานประกอบชุดกิจกรรม                     |       |       |       |       |       |
| 2.1 หลักการ                                  |       |       |       |       |       |
| 2.1.1 สอดคล้องกับชุดกิจกรรม.....             | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.1.2 เหมาะสมกับระดับกับนักเรียน.....        | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ข้อเสนอแนะ.....                              |       |       |       |       |       |
| .....                                        |       |       |       |       |       |
| .....                                        |       |       |       |       |       |
| .....                                        |       |       |       |       |       |
| .....                                        |       |       |       |       |       |

| รายการ                                                  | 5     | 4     | 3     | 2     | 1     |
|---------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| กิจกรรม ตอนที่ 1                                        |       |       |       |       |       |
| 2.2 จุดประสงค์                                          |       |       |       |       |       |
| 2.2.1 มีความชัดเจน.....                                 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.2.2 ประเมินผลได้.....                                 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ข้อเสนอแนะ.....                                         |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |
| 2.3 อุปกรณ์และสารเคมี                                   |       |       |       |       |       |
| 2.3.1 เหมาะสมกับระดับนักเรียน.....                      | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.3.2 เหมาะสมกับเรื่องที่ทำทดลอง.....                   | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ข้อเสนอแนะ.....                                         |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |
| 2.4 วิธีการทดลอง                                        |       |       |       |       |       |
| 2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้.....                         | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.4.2 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม.....                     | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.4.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ.....                         | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.4.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจน.....                             | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.4.5 ก่อให้เกิดความคิดรวบยอด.....                      | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.4.6 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น.....                   | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.4.7 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม.....           | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.4.8 ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการปฏิบัติการทดลอง..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ข้อเสนอแนะ.....                                         |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |

| รายการ                                                                     | 5     | 4     | 3     | 2     | 1     |
|----------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| กิจกรรม ตอนที่ 2                                                           |       |       |       |       |       |
| 2.5 เวลาที่กำหนดเหมาะสม.....                                               | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.6 สถานการณ์ที่กำหนดมีความต่อเนื่องและสอดคล้องกับกิจกรรม<br>ตอนที่ 1..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.7 อุปกรณ์ที่กำหนดมีความต่อเนื่องและสอดคล้องกับกิจกรรม<br>ตอนที่ 1.....   | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.8 จากสถานการณ์และอุปกรณ์ที่กำหนดในกิจกรรมสามารถนำไปสู่                   |       |       |       |       |       |
| 2.8.1 การกำหนดปัญหาและตั้งสมมติฐานได้.....                                 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.8.2 การกำหนดตัวแปรได้.....                                               | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.8.3 การออกแบบการทดลองได้.....                                            | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.8.4 ลงมือทำการทดลองได้.....                                              | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.9 ส่งเสริมทักษะการปฏิบัติการทดลอง และการนำไปใช้.....                     | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ข้อเสนอแนะ.....                                                            |       |       |       |       |       |
| .....                                                                      |       |       |       |       |       |
| .....                                                                      |       |       |       |       |       |
| .....                                                                      |       |       |       |       |       |
| .....                                                                      |       |       |       |       |       |

### ชุดกิจกรรมที่ 3 เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภททรัพยากรในท้องถิ่น

โปรดประเมิน และให้ข้อเสนอแนะสำหรับเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขชุดกิจกรรม โดยกาเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างใต้ตัวเลข 5, 4, 3, 2, และ 1

| รายการ                                       | 5     | 4     | 3     | 2     | 1     |
|----------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1. ใบความรู้ประกอบชุดกิจกรรม                 |       |       |       |       |       |
| 1.1 เนื้อหามีความถูกต้องครบถ้วน.....         | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง.....              | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 1.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 1.4 เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์.....  | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม.....        | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 1.6 การใช้ภาษา                               |       |       |       |       |       |
| 1.6.1 มีความเหมาะสมกับระดับนักเรียน.....     | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 1.6.2 ไม่วกวนเข้าใจง่าย.....                 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 1.6.3 ชวนอ่าน.....                           | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ข้อเสนอแนะ.....                              |       |       |       |       |       |
| .....                                        |       |       |       |       |       |
| .....                                        |       |       |       |       |       |
| .....                                        |       |       |       |       |       |
| .....                                        |       |       |       |       |       |
| 2. ใบงานประกอบชุดกิจกรรม                     |       |       |       |       |       |
| 2.1 หลักการ                                  |       |       |       |       |       |
| 2.1.1 สอดคล้องกับชุดกิจกรรม.....             | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.1.2 เหมาะสมกับระดับกับนักเรียน.....        | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ข้อเสนอแนะ.....                              |       |       |       |       |       |
| .....                                        |       |       |       |       |       |
| .....                                        |       |       |       |       |       |
| .....                                        |       |       |       |       |       |
| .....                                        |       |       |       |       |       |

| รายการ                                                  | 5     | 4     | 3     | 2     | 1     |
|---------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| กิจกรรม ตอนที่ 1                                        |       |       |       |       |       |
| 2.2 จุดประสงค์                                          |       |       |       |       |       |
| 2.2.1 มีความชัดเจน.....                                 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.2.2 ประเมินผลได้.....                                 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ข้อเสนอแนะ.....                                         |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |
| 2.3 อุปกรณ์และสารเคมี                                   |       |       |       |       |       |
| 2.3.1 เหมาะสมกับระดับนักเรียน.....                      | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.3.2 เหมาะสมกับเรื่องที่ทำทดลอง.....                   | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ข้อเสนอแนะ.....                                         |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |
| 2.4 วิธีการทดลอง                                        |       |       |       |       |       |
| 2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้.....                         | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.4.2 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม.....                     | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.4.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ.....                         | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.4.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจน.....                             | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.4.5 ก่อให้เกิดความคิดรวบยอด.....                      | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.4.6 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น.....                   | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.4.7 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม.....           | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.4.8 ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการปฏิบัติการทดลอง..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ข้อเสนอแนะ.....                                         |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |
| .....                                                   |       |       |       |       |       |

| รายการ                                                                     | 5     | 4     | 3     | 2     | 1     |
|----------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| กิจกรรม ตอนที่ 2                                                           |       |       |       |       |       |
| 2.5 เวลาที่กำหนดเหมาะสม.....                                               | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.6 สถานการณ์ที่กำหนดมีความต่อเนื่องและสอดคล้องกับกิจกรรม<br>ตอนที่ 1..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.7 อุปกรณ์ที่กำหนดมีความต่อเนื่องและสอดคล้องกับกิจกรรม<br>ตอนที่ 1.....   | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.8 จากสถานการณ์และอุปกรณ์ที่กำหนดในกิจกรรมสามารถนำไปสู่                   |       |       |       |       |       |
| 2.8.1 การกำหนดปัญหาและตั้งสมมติฐานได้.....                                 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.8.2 การกำหนดตัวแปรได้.....                                               | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.8.3 การออกแบบการทดลองได้.....                                            | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.8.4 ลงมือทำการทดลองได้.....                                              | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2.9 ส่งเสริมทักษะการปฏิบัติการทดลอง และการนำไปใช้.....                     | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ข้อเสนอแนะ.....                                                            |       |       |       |       |       |
| .....                                                                      |       |       |       |       |       |
| .....                                                                      |       |       |       |       |       |
| .....                                                                      |       |       |       |       |       |
| .....                                                                      |       |       |       |       |       |

## แบบประเมิน แบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง โดยผู้เชี่ยวชาญ

### วัตถุประสงค์

แบบประเมินนี้สำหรับผู้เชี่ยวชาญใช้ประเมิน แบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง ซึ่งจะใช้เป็นเครื่องมือในการวัดทักษะการปฏิบัติการทดลอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนมัธยมวัดเบญจมบพิตร กรุงเทพมหานคร ในขณะที่นักเรียนกำลังเรียนชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ทุกชุดกิจกรรม

### คำชี้แจง

แบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง เป็นแบบประเมินจากสภาพจริง โดยครูผู้สอนเป็นผู้ประเมิน ในขณะที่นักเรียนกำลังเรียนชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ทุกชุดกิจกรรม แบบประเมินนี้ใช้เกณฑ์ Rubric มีการให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic score) แบบมาตราส่วนประมาณค่า 4 อันดับ ได้แก่ 1, 2, 3, 4 แบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลองประเมินพฤติกรรม 2 ด้าน คือ

1. การวางแผนการทดลอง
2. การปฏิบัติการทดลอง
  - 2.1 เทคนิคการทดลอง
  - 2.2 ความคล่องแคล่วในการทดลอง
  - 2.3 ความสะอาดและความเป็นระเบียบ

แบบประเมินนี้ ผู้วิจัยดัดแปลงมาจากแบบสังเกตและบันทึกผลการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านการปฏิบัติการทดลองของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในการประเมินพฤติกรรมทั้ง 2 ด้าน ของนักเรียน ผู้วิจัยยังไม่ได้กำหนดว่านักเรียนจะมีพฤติกรรมกี่ข้อจึงจะได้คะแนนตามที่กำหนด แต่จะสร้างเกณฑ์ขึ้นโดยใช้ผลประเมินจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในครั้งนี้



| รายการประเมิน                                         | ระดับความคิดเห็น |      |      | หมายเหตุ |
|-------------------------------------------------------|------------------|------|------|----------|
|                                                       | +1               | 0    | -1   |          |
| - ขณะปฏิบัติการทดลองมีการให้ความช่วยเหลือกัน.....     | ....             | .... | .... |          |
| - ทำการทดลองได้ทันเวลาที่กำหนด.....                   | ....             | .... | .... |          |
| 2.3 ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ                   |                  |      |      |          |
| ประเด็นที่ประเมิน                                     |                  |      |      |          |
| - จัดพื้นที่สำหรับการทดลองเรียบร้อยเหมาะสม และเพียงพอ | ....             | .... | .... |          |
| - จัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ให้ใช้ได้สะดวกขณะทดลอง.....  | ....             | .... | .... |          |
| - เก็บอุปกรณ์เครื่องใช้หลังการทดลองได้ถูกวิธี.....    | ....             | .... | .... |          |
| - ทำความสะอาดพื้นที่และอุปกรณ์ได้อย่างสะอาด           |                  |      |      |          |
| และเรียบร้อยหลังปฏิบัติงาน.....                       | ....             | .... | .... |          |

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

( ..... )

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

## แบบประเมินเพื่อกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการให้คะแนน แบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลองโดยผู้เชี่ยวชาญ

### คำชี้แจง

โปรดประเมินเกณฑ์ที่ใช้ในการให้คะแนน แบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง โดยขอความ  
กรุณาใส่ตัวเลขลงในช่องว่างที่กำหนด

### เกณฑ์ที่ใช้ในการให้คะแนนแบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง

#### 1. การวางแผนการทดลอง ประเด็นที่ประเมิน

- 1) มีการปรึกษาหารือ (กับผู้ที่เกี่ยวข้อง) เพื่อทำความเข้าใจในขั้นตอนการทดลอง
- 2) มีการวางแผนการทดลองได้อย่างเหมาะสม
- 3) มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบให้กับผู้ร่วมการทดลองอย่างเหมาะสมชัดเจน
- 4) มีการจัดเตรียมอุปกรณ์พร้อม และเหมาะสมก่อนปฏิบัติงาน

#### ระดับคะแนนที่ได้

มีพฤติกรรม.....ข้อ ได้แก่ ข้อที่..... ให้ 4 คะแนน  
มีพฤติกรรม.....ข้อ ได้แก่ ข้อที่..... ให้ 3 คะแนน  
มีพฤติกรรม.....ข้อ ได้แก่ ข้อที่..... ให้ 2 คะแนน  
มีพฤติกรรม.....ข้อ ได้แก่ ข้อที่..... ให้ 1 คะแนน

#### 2. การปฏิบัติการทดลอง

##### 2.1 ด้านเทคนิคการทดลอง ประเด็นที่ประเมิน

- 1) ดำเนินการทดลองอย่างถูกวิธี เป็นขั้นตอนไม่สับสน
- 2) ใช้อุปกรณ์ต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง
- 3) อ่านค่าและตรวจสอบความถูกต้องได้ถูกต้อง
- 4) ทำการทดลองอย่างระมัดระวัง และปลอดภัย

#### ระดับคะแนนที่ได้

มีพฤติกรรม.....ข้อ ได้แก่ ข้อที่..... ให้ 4 คะแนน  
มีพฤติกรรม.....ข้อ ได้แก่ ข้อที่..... ให้ 3 คะแนน  
มีพฤติกรรม.....ข้อ ได้แก่ ข้อที่..... ให้ 2 คะแนน  
มีพฤติกรรม.....ข้อ ได้แก่ ข้อที่..... ให้ 1 คะแนน

##### 2.2 ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง ประเด็นที่ประเมิน

- 1) ปฏิบัติการทดลองอย่างคล่องแคล่ว และถูกต้องสมบูรณ์
- 2) มีความเชื่อมั่นในการปฏิบัติการทดลอง
- 3) ขณะปฏิบัติการทดลองมีการให้ความช่วยเหลือกัน
- 4) ทำการทดลองได้ทันเวลาที่กำหนด

**ระดับคะแนนที่ได้**

มีพฤติกรรม.....ข้อ ได้แก่ ข้อที่..... ให้ 4 คะแนน

มีพฤติกรรม.....ข้อ ได้แก่ ข้อที่..... ให้ 3 คะแนน

มีพฤติกรรม.....ข้อ ได้แก่ ข้อที่..... ให้ 2 คะแนน

มีพฤติกรรม.....ข้อ ได้แก่ ข้อที่..... ให้ 1 คะแนน

**2.3 ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ ประเด็นที่ประเมิน**

- 1) จัดพื้นที่สำหรับการทดลองเรียบร้อยเหมาะสม และเพียงพอ
- 2) จัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ให้ใช้ได้สะดวกขณะทดลอง
- 3) เก็บอุปกรณ์เครื่องใช้หลังการทดลองได้ถูกวิธี
- 4) ทำความสะอาดพื้นที่และอุปกรณ์ได้อย่างสะอาด และเรียบร้อยหลังปฏิบัติงาน

**ระดับคะแนนที่ได้**

มีพฤติกรรม.....ข้อ ได้แก่ ข้อที่..... ให้ 4 คะแนน

มีพฤติกรรม.....ข้อ ได้แก่ ข้อที่..... ให้ 3 คะแนน

มีพฤติกรรม.....ข้อ ได้แก่ ข้อที่..... ให้ 2 คะแนน

มีพฤติกรรม.....ข้อ ได้แก่ ข้อที่..... ให้ 1 คะแนน

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

( ..... )

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

## แบบประเมิน แบบประเมินความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ

### วัตถุประสงค์

แบบประเมินนี้สำหรับผู้เชี่ยวชาญใช้ประเมิน แบบประเมินความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะใช้เป็นเครื่องมือในการวัดความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนมัธยมวัดเบญจมบพิตร กรุงเทพมหานคร หลังจากที่นักเรียนกำลังเรียนชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ทุกชุดกิจกรรม

### คำชี้แจง

แบบประเมินความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์เป็นแบบประเมินจากสภาพจริง โดยครูเป็นผู้ประเมินในขณะที่นักเรียนกำลังเรียนชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ทุกชุดกิจกรรม แบบประเมินนี้ใช้เกณฑ์ Rubric มีการให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic score) แบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 อันดับ คือ

- |   |       |         |                                    |
|---|-------|---------|------------------------------------|
| 3 | คะแนน | หมายถึง | การประเมินอยู่ในระดับ ดี           |
| 2 | คะแนน | หมายถึง | การประเมินอยู่ในระดับ พอใช้        |
| 1 | คะแนน | หมายถึง | การประเมินอยู่ในระดับ ต้องปรับปรุง |

### เกณฑ์การพิจารณาความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์

1. การกำหนดปัญหาหรือกำหนดหัวข้อเรื่องโครงงาน
2. การเขียนสมมติฐานและกำหนดตัวแปร
3. การออกแบบการทดลอง
4. การดำเนินการทดลอง
5. การบันทึกผลการทดลอง
6. การสรุปผลการทดลอง

แบบประเมินนี้ ผู้วิจัยดัดแปลงมาจากแบบประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์ ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

## แบบประเมิน แบบประเมินความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อ - สกุล (ของผู้เชี่ยวชาญ).....ตำแหน่ง.....

สถานที่ทำงาน.....

คำชี้แจง

ให้ท่านพิจารณาว่ารายการของแบบประเมินการให้คะแนนความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ ที่ใช้ในการประเมินมีความสอดคล้องกับ ความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจริงหรือไม่ โดยให้ค่าการพิจารณาเป็นระดับความคิดเห็น ดังนี้

+1 ถ้าท่านแน่ใจว่ารายการที่ใช้ประเมินมีความสอดคล้องกับความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์

0 ถ้าท่านไม่แน่ใจว่ารายการที่ใช้ประเมินมีความสอดคล้องกับความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์

-1 ถ้าท่านแน่ใจว่ารายการที่ใช้ประเมินไม่มีความสอดคล้องกับความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์

โปรดประเมินโดยกรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความคิดเห็นของท่านในช่องคะแนน +1, 0, -1 แล้วแต่กรณี

| รายการที่ประเมิน                                  | ระดับความคิดเห็น |       |       | หมายเหตุ |
|---------------------------------------------------|------------------|-------|-------|----------|
|                                                   | 1+               | 0     | -1    |          |
| 1. การกำหนดปัญหาหรือกำหนดหัวข้อเรื่องโครงการ..... | .....            | ..... | ..... |          |
| 2. การเขียนสมมติฐานและกำหนดตัวแปร.....            | .....            | ..... | ..... |          |
| 3. การออกแบบการทดลอง.....                         | .....            | ..... | ..... |          |
| 4. การดำเนินการทดลอง.....                         | .....            | ..... | ..... |          |
| 5. การบันทึกผลการทดลอง.....                       | .....            | ..... | ..... |          |
| 6. การสรุปผลการทดลอง.....                         | .....            | ..... | ..... |          |

ข้อแนะนำเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

( )

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

## แบบประเมิน แบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี โดยผู้เชี่ยวชาญ

### วัตถุประสงค์

แบบประเมินนี้สำหรับผู้เชี่ยวชาญใช้ประเมิน แบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี ซึ่งจะใช้เป็นเครื่องมือในการวัดความคิดเห็น หรือความรู้สึกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนมัธยมวัดเบญจมบพิตร กรุงเทพมหานคร หลังจากทีนักเรียนได้เรียนชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ ทุกชุดกิจกรรม

### คำชี้แจง

แบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี มีทั้งหมด 30 ข้อ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 อันดับ ได้แก่ เห็นด้วยอย่างยิ่ง, เห็นด้วย, ไม่แน่ใจ, ไม่เห็นด้วย, ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง แบบประเมินนี้มุ่งประเมินความคิดเห็น หรือความรู้สึกของนักเรียนในด้านนำเทคโนโลยีไปใช้ได้อย่างเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและการดำรงชีวิต

แบบวัดนี้ ผู้วิจัยดัดแปลงมาจาก แบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยีของ จริยา พรพงศ์พล และแบบวัดความตระหนักถึงผลกระทบของวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ของผกาทิพย์ ราชานาด ซึ่งเนื้อหาของข้อคำถามมีทั้งเชิงบวกและเชิงลบ

ข้อคำถามเชิงบวก มีเกณฑ์ในการให้คะแนน ดังนี้

|                      |     |   |       |
|----------------------|-----|---|-------|
| เห็นด้วยอย่างยิ่ง    | ให้ | 5 | คะแนน |
| เห็นด้วย             | ให้ | 4 | คะแนน |
| ไม่แน่ใจ             | ให้ | 3 | คะแนน |
| ไม่เห็นด้วย          | ให้ | 2 | คะแนน |
| ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง | ให้ | 1 | คะแนน |

ข้อคำถามเชิงลบ มีเกณฑ์ในการให้คะแนน ดังนี้

|                      |     |   |       |
|----------------------|-----|---|-------|
| เห็นด้วยอย่างยิ่ง    | ให้ | 1 | คะแนน |
| เห็นด้วย             | ให้ | 2 | คะแนน |
| ไม่แน่ใจ             | ให้ | 3 | คะแนน |
| ไม่เห็นด้วย          | ให้ | 4 | คะแนน |
| ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง | ให้ | 5 | คะแนน |

## แบบประเมิน แบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี โดยผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อ - สกุล (ของผู้เชี่ยวชาญ).....ตำแหน่ง.....

สถานที่ทำงาน.....

คำชี้แจง

โปรดประเมินความสอดคล้อง และความเหมาะสมของข้อคำถามกับพฤติกรรมความรู้สึกที่  
ต้องการวัด โดยขอความกรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างใต้เครื่องหมายที่แสดงระดับน้ำหนัก  
ความคิดเห็นของท่านโดยกำหนดให้

+1 หมายถึง สอดคล้อง

0 หมายถึง ไม่แน่ใจ

-1 หมายถึง ไม่สอดคล้อง

ความสอดคล้อง หมายถึง ลักษณะของข้อคำถามมีความสอดคล้องและความเหมาะสมกับพฤติกรรม  
แสดงความคิดเห็น หรือความรู้สึกที่ต้องการวัด

| ข้อที่ | ลักษณะ<br>ข้อคำถาม | ระดับความคิดเห็น |       |       | ด้านความ<br>เหมาะสม | ระดับความคิดเห็น |       |       | หมายเหตุ |
|--------|--------------------|------------------|-------|-------|---------------------|------------------|-------|-------|----------|
|        |                    | +1               | 0     | -1    |                     | +1               | 0     | -1    |          |
| 1      | เชิงบวก            | .....            | ..... | ..... | การดำรงชีวิต        | .....            | ..... | ..... |          |
| 2      | เชิงลบ             | .....            | ..... | ..... | การดำรงชีวิต        | .....            | ..... | ..... |          |
| 3      | เชิงลบ             | .....            | ..... | ..... | การดำรงชีวิต        | .....            | ..... | ..... |          |
| 4      | เชิงบวก            | .....            | ..... | ..... | การดำรงชีวิต        | .....            | ..... | ..... |          |
| 5      | เชิงลบ             | .....            | ..... | ..... | การดำรงชีวิต        | .....            | ..... | ..... |          |
| 6      | เชิงบวก            | .....            | ..... | ..... | การดำรงชีวิต        | .....            | ..... | ..... |          |
| 7      | เชิงลบ             | .....            | ..... | ..... | การดำรงชีวิต        | .....            | ..... | ..... |          |
| 8      | เชิงบวก            | .....            | ..... | ..... | การดำรงชีวิต        | .....            | ..... | ..... |          |
| 9      | เชิงลบ             | .....            | ..... | ..... | การดำรงชีวิต        | .....            | ..... | ..... |          |
| 10     | เชิงบวก            | .....            | ..... | ..... | การดำรงชีวิต        | .....            | ..... | ..... |          |
| 11     | เชิงบวก            | .....            | ..... | ..... | การดำรงชีวิต        | .....            | ..... | ..... |          |
| 12     | เชิงบวก            | .....            | ..... | ..... | การดำรงชีวิต        | .....            | ..... | ..... |          |
| 13     | เชิงบวก            | .....            | ..... | ..... | การดำรงชีวิต        | .....            | ..... | ..... |          |
| 14     | เชิงบวก            | .....            | ..... | ..... | การดำรงชีวิต        | .....            | ..... | ..... |          |
| 15     | เชิงบวก            | .....            | ..... | ..... | การดำรงชีวิต        | .....            | ..... | ..... |          |
| 16     | เชิงบวก            | .....            | ..... | ..... | การดำรงชีวิต        | .....            | ..... | ..... |          |
| 17     | เชิงบวก            | .....            | ..... | ..... | การดำรงชีวิต        | .....            | ..... | ..... |          |
| 18     | เชิงลบ             | .....            | ..... | ..... | การดำรงชีวิต        | .....            | ..... | ..... |          |

| ข้อที่ | ลักษณะ<br>ข้อคำถาม | ระดับความคิดเห็น |       |       | ด้านความ<br>เหมาะสม | ระดับความคิดเห็น |       |       | หมายเหตุ |
|--------|--------------------|------------------|-------|-------|---------------------|------------------|-------|-------|----------|
|        |                    | +1               | 0     | -1    |                     | +1               | 0     | -1    |          |
| 19     | เชิงลบ             | .....            | ..... | ..... | สภาพแวดล้อม         | .....            | ..... | ..... |          |
| 20     | เชิงบวก            | .....            | ..... | ..... | สภาพแวดล้อม         | .....            | ..... | ..... |          |
| 21     | เชิงลบ             | .....            | ..... | ..... | สภาพแวดล้อม         | .....            | ..... | ..... |          |
| 22     | เชิงบวก            | .....            | ..... | ..... | สภาพแวดล้อม         | .....            | ..... | ..... |          |
| 23     | เชิงลบ             | .....            | ..... | ..... | สภาพแวดล้อม         | .....            | ..... | ..... |          |
| 24     | เชิงลบ             | .....            | ..... | ..... | สภาพแวดล้อม         | .....            | ..... | ..... |          |
| 25     | เชิงบวก            | .....            | ..... | ..... | สภาพแวดล้อม         | .....            | ..... | ..... |          |
| 26     | เชิงบวก            | .....            | ..... | ..... | สภาพแวดล้อม         | .....            | ..... | ..... |          |
| 27     | เชิงบวก            | .....            | ..... | ..... | สภาพแวดล้อม         | .....            | ..... | ..... |          |
| 28     | เชิงลบ             | .....            | ..... | ..... | สภาพแวดล้อม         | .....            | ..... | ..... |          |
| 29     | เชิงบวก            | .....            | ..... | ..... | สภาพแวดล้อม         | .....            | ..... | ..... |          |
| 30     | เชิงลบ             | .....            | ..... | ..... | สภาพแวดล้อม         | .....            | ..... | ..... |          |

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

( ..... )

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

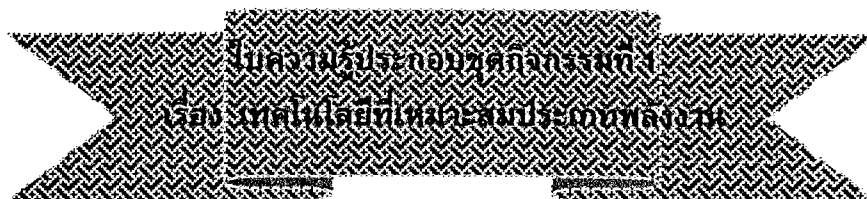


ภาคผนวก ค

- ชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการทำโครงงานวิทยาศาสตร์
- คู่มือครูประกอบการสอนชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการทำโครงงานวิทยาศาสตร์
- ตัวอย่างอนุทิน (reflect) ของผู้เรียน

**คำแนะนำในการใช้ชุดกิจกรรม**  
**เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์**

1. ชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ จะช่วยให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการปฏิบัติการทดลอง เพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ และมีความตระหนักต่อเทคโนโลยี
2. ชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ควรใช้คู่กับ
  - 1) คู่มือครู
  - 2) แบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง
  - 3) แบบประเมินความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์
  - 4) แบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี
3. ชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ มีทั้งหมด 3 ชุดกิจกรรม ได้แก่
  - ชุดกิจกรรมที่ 1 เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทพลังงาน
  - ชุดกิจกรรมที่ 2 เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทวัสดุเหลือใช้
  - ชุดกิจกรรมที่ 3 เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภททรัพยากรในท้องถิ่น
4. แต่ละชุดกิจกรรมของประเภทเทคโนโลยีที่เหมาะสมประกอบด้วย 2 กิจกรรมย่อย คือ
  - กิจกรรมย่อยที่ 1 เป็นกิจกรรมต้นแบบ
  - กิจกรรมย่อยที่ 2 เป็นกิจกรรมที่ฝึกให้นักเรียนเกิดการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์
5. ให้นักเรียนศึกษาจุดประสงค์ของกิจกรรม เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมย่อยที่ 1 เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติกิจกรรมย่อยที่ 2
6. ให้นักเรียนศึกษาคำชี้แจงของกิจกรรมย่อยที่ 2 แล้วช่วยกันคิดเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ เพื่อนำไปสู่การคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์



### สาระสำคัญ

**เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทพลังงาน** หมายถึง การนำหลักการทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องพลังงานมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับท้องถิ่น ได้แก่ การผลิตก๊าซชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ตามธรรมชาติ ได้แก่ เปลือกผลไม้ เศษผัก และมูลสัตว์ที่หาได้ง่าย ได้แก่ มูลไก่

#### พลังงาน

ปัจจุบันความต้องการการใช้ทรัพยากรธรรมชาติมีอย่างไม่มีขีดจำกัดขณะที่ความเป็นจริงแล้วทรัพยากรธรรมชาติเหล่านี้กำลังลดลงอย่างน่าใจหาย ไม่ว่าจะเป็นพลังงานไฟฟ้า พลังงานเชื้อเพลิง ที่มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันของคนเราอย่างยิ่ง ด้วยเหตุนี้เองเราจึงพยายามมองหาสิ่งที่จะสามารถทดแทนพลังงานในส่วนนี้เพื่อที่จะมีใช้เพียงพอแก่ความต้องการของสังคมในชีวิตประจำวัน พลังงานทดแทนที่เป็นที่ต้องการมากที่สุด คือ พลังงานในรูปพลังงานหมุนเวียน (Renewable energy) และหาได้ในประเทศตนเอง ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม พลังงานหมุนเวียนที่เป็นความหวังอีกอย่างหนึ่งคือ พลังงานชีวมวล

ปัจจุบันมนุษย์กำลังประสบปัญหาการขาดแคลนพลังงานเชื้อเพลิง ทั้งในรูปน้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติ นับวันแต่ละสัปดาห์ นักวิทยาศาสตร์พยายามหาพลังงานจากแหล่งอื่นมาทดแทน อาทิ พลังงานจากดวงอาทิตย์ จากความร้อนใต้พิภพ จากก๊าซชีวมวล จากก๊าซชีวภาพ ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีการผลิตผลผลิตทางการเกษตรกันมาก ผลผลิตเหล่านี้ได้ถูกนำมาทำเป็นปุ๋ย เช่น ปุ๋ยจากมูลสัตว์จากพืชทั่วไป ที่นำมาจากส่วนเหลือใช้ ซึ่งบางแห่งได้นำมาทำ ก๊าซชีวภาพ

**พลังงานชีวมวล** หมายถึง พลังงานที่ได้จากมูลสัตว์หรืออินทรีย์สารต่างๆ ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงให้พลังงานได้ พลังงานชีวมวลที่สำคัญมี พลังงานจากไม้ แอลกอฮอล์ ก๊าซชีวภาพ

#### ชีวมวล (Biomass)

**ชีวมวล** หมายถึง สิ่งที่ได้จากสิ่งมีชีวิตหรือองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต หรือสารอินทรีย์ต่างๆ พลังงานจากชีวมวลจึงเป็นพลังงานที่ได้จากพืชและสัตว์โดยกระบวนการเปลี่ยนแปลงความร้อนทางเคมี หรือกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีโดยอาศัยจุลินทรีย์

ชีวมวลที่นำมาใช้เป็นพลังงาน ได้แก่ ชีวมวลที่มาจากพืช ชีวมวลที่มาจากสัตว์

#### ชีวมวลที่นำมาใช้เป็นพลังงาน

##### ชีวมวลที่มาจากพืช

ชีวมวลที่มนุษย์นำมาใช้เป็นพลังงานส่วนที่มาจากพืชได้แก่ ไม้ชนิดต่างๆทั้งไม้เนื้ออ่อนและไม้เนื้อแข็ง หรือสาหร่ายทะเลที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูง เช่น เคลป์ เป็นต้น วัชพืชบกและน้ำ เช่น ผักตบชวา เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากพืช เช่น น้ำมันเมล็ดทานตะวัน น้ำมันสน เป็นต้น และวัสดุที่เหลือทิ้งจากการเกษตร เช่น เศษไม้เลื่อยแกลบ ฟางข้าว เปลือกและขังข้าวโพด เปลือกผลไม้ ชานอ้อยและกาก รวมทั้งของเหลือทิ้งจากโรงงาอุตสาหกรรม

### ชีวมวลที่มาจากสัตว์

ชีวมวลที่มนุษย์นำมาใช้เป็นพลังงานส่วนที่มาจากสัตว์ ได้แก่ มูลสัตว์ต่างๆ เช่น มูลควาย มูลหมู มูลเป็ด มูลไก่ เป็นต้น

### การใช้พลังงานชีวมวลรูปของก๊าซชีวภาพ

ปัจจุบันมนุษย์กำลังประสบปัญหาการขาดแคลนพลังงานเชื้อเพลิง ทั้งในรูปน้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติ นับวันแต่ละจะสูงขึ้น นักวิทยาศาสตร์พยายามหาพลังงานจากแหล่งอื่นมาทดแทน อาทิ พลังงานจากดวงอาทิตย์ จากความร้อนใต้พิภพ จากก๊าซชีวมวล จากก๊าซชีวภาพ ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีการผลิตผลผลิตทางการเกษตรกันมาก ผลผลิตเหล่านี้ได้ถูกนำมาทำเป็นปุ๋ย เช่น ปุ๋ยจากมูลสัตว์จากพืชทั่วไป ที่นำมาจากส่วนเหลือใช้ ซึ่งบางแห่งได้นำมาทำ ก๊าซชีวภาพ

### ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพเกิดจากการนำสิ่งปฏิกูล เช่น มูลสัตว์ต่างๆ มาใส่ถังหมัก หรือการนำขยะ หรืออินทรีย์สารมาฝังกลบในบ่อหมักเพื่อกำจัดขยะ แบคทีเรียที่ไม่ต้องการอากาศที่มีอยู่ในธรรมชาติจะใช้สิ่งปฏิกูล หรือขยะเหล่านั้นเป็นอาหารและย่อยสิ่งเหล่านี้ ผลที่ได้ออกมาส่วนใหญ่จะเป็นก๊าซมีเทน ประมาณ 54-70 เปอร์เซ็นต์ และคาร์บอนไดออกไซด์ ประมาณ 27- 45 เปอร์เซ็นต์ นอกนั้นเป็นก๊าซอื่น

### แบคทีเรียที่ทำให้เกิดก๊าซชีวภาพ

แบคทีเรียที่เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดก๊าซชีวภาพ เป็นแบคทีเรียที่เรียกว่ามีเทนแบคทีเรีย (Methane bacteria) ไม่สามารถที่จะย่อยสลายพวกมูลสัตว์ วัชพืช หรือสารเหลือทิ้งต่างๆ ซึ่งเป็นสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่และมีโครงสร้างซับซ้อนได้โดยตรง ดังนั้นจุลินทรีย์เหล่านี้จะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียพวกอื่นเสียก่อนเพื่อให้ได้สารที่มีเทนแบคทีเรียสามารถจะนำไปใช้เพื่อให้ได้ก๊าซชีวภาพ

### กระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพประกอบด้วยขั้นตอนของการย่อยสลาย 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. สารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ เช่น ไขมัน เซลลูโลสและโปรตีน จะถูกย่อยสลายให้มีโมเลกุลเล็กลงได้กรีเซอร์อล กลูโคสและกรดอะมิโน โดยแบคทีเรียย่อยสลายไขมัน (Fat – decomposing organism) แบคทีเรียย่อยสลายเซลลูโลส (Cellulose – decomposing organism) และแบคทีเรียย่อยสลายโปรตีน (Protein – decomposing organism)

2. แบคทีเรียผลิตกรด (Acid bacteria) จะย่อยสลายสารอินทรีย์โมเลกุลเล็กที่ละลายน้ำให้เป็นกรดอินทรีย์ ซึ่งส่วนใหญ่จะได้กรดน้ำส้ม (Acetic acid)

3. แบคทีเรียผลิตก๊าซมีเทน (Methane bacteria) จะย่อยสลายกรดอินทรีย์ให้เป็นก๊าซมีเทน

ปฏิกิริยาของก๊าซมีเทนในขั้นตอนนี้มี 2 วิธี

1. เป็นการเปลี่ยนกรดน้ำส้มให้เป็นก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งก๊าซมีเทนในบ่อหมักจะเกิดปฏิกิริยานี้

2. เป็นการลดก๊าซออกซิเจนในก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อเปลี่ยนให้เป็นก๊าซมีเทน โดยใช้ก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดจากปฏิกิริยาของแบคทีเรียอื่น จะได้ก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

### ส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพประกอบด้วยก๊าซที่สำคัญ 5 ชนิดมีอัตราส่วนต่างกัันดังนี้

|                                      |       |             |
|--------------------------------------|-------|-------------|
| มีเทน มีอัตราส่วนของก๊าซ             | 54-70 | เปอร์เซ็นต์ |
| คาร์บอนไดออกไซด์ มีอัตราส่วนของก๊าซ  | 27-45 | เปอร์เซ็นต์ |
| ไนโตรเจน มีอัตราส่วนของก๊าซ          | 0.6-3 | เปอร์เซ็นต์ |
| ไฮโดรเจน มีอัตราส่วนของก๊าซ          | 1     | เปอร์เซ็นต์ |
| คาร์บอนมอนนอกไซด์ มีอัตราส่วนของก๊าซ | 1     | เปอร์เซ็นต์ |

ไฮโดรเจนซัลไฟด์ มีอัตราส่วนของก๊าซเล็กน้อย

จะเห็นได้ว่าก๊าซที่มีจำนวนมาก คือก๊าซมีเทน จากการศึกษพบว่าก๊าซมีเทน 1 ลูกบาศก์ฟุต เมื่อจุดให้ติดไฟจะให้ความร้อนประมาณ 600 บี.ที.ยู. เมื่อเทียบพลังงานความร้อนกับถ่านไม้ย่างดี ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร จะให้ความร้อนเท่ากับ 0.74 กิโลกรัม ก๊าซชีวภาพที่ผลิตขึ้นส่วนใหญ่จะได้จากมูลสัตว์ เช่น มูลวัว มูลควาย มูลหมู มูลเป็ด และมูลไก่ ไข้วพืชบกและน้ำ เช่น หญ้า ผักตบชวา สาหร่ายทะเล และวัสดุที่เหลือจากการเกษตร เช่น เปลือกผลไม้ เศษเนื้อ และน้ำเลือด สารอินทรีย์ส่วนใหญ่ เป็นคาร์โบไฮเดรท ไขมัน โปรตีน แบคทีเรียที่ใช่มักเป็นมีเทนแบคทีเรีย บัจจัยในการหมัก พี. เอช.ประมาณ 7.0 (ไม่ควรต่ำกว่า) อุณหภูมิ 30-40 องศาเซลเซียส (ต้องไม่สูงเกินไป)

### ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับก๊าซมีเทน

ปี ค.ศ.1776 โวลทา ได้พบว่า มีเทนเป็นก๊าซที่เกิดปนอยู่กับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเกิดจากการเน่าเปื่อยของพืชและกระบวนการหมักอยู่กันบ่อน้ำนิ่ง

ก๊าซมีเทนมีชื่อสามัญว่า Marsh gas ปรากฏการณ์ธรรมชาติ พบในบ่อน้ำมัน บ่อน้ำมัน ในก๊าซธรรมชาติซึ่งเกิดจากดิน และมีเทนผสมอากาศแล้วจุดจะระเบิด ยังพบว่าเกิดในที่ลุ่ม ในโคลน จากการเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์ พบตามหนองน้ำ น้ำเน่า กองขยะ บางครั้งจะไหม้ไฟเป็นแสงเรืองวาวมองเห็นได้ในที่มืด

### คุณสมบัติของก๊าซมีเทน

1. เป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และไม่มีรส
2. เบากว่าอากาศเล็กน้อย
3. ละลายน้ำได้เล็กน้อย น้ำ 100 ปริมาตร ที่ 20 องศาเซลเซียส ละลายมีเทนได้ 3.3 ปริมาตรเท่านั้น
4. เมื่อทำก๊าซมีเทนให้เป็นของเหลว จะได้ของเหลวที่มีจุดเดือด -161.4 องศาเซลเซียส มีเป็นของแข็งจะมีจุดหลอมเหลว -185.8 องศาเซลเซียส
5. เป็นสารเสถียรมาก
6. ไม่ทำปฏิกิริยากับโอโซน
7. ไม่ฟอกจางสีของสารละลายโบรมีน ไม่ฟอกจางสีของสารละลายโพตัสเซียมเปอร์มังกาเนต
8. จุดไฟติดในอากาศ หรือในโอโซน เป็นเปลวไฟสีน้ำเงินอ่อนๆ ไม่ค่อยสว่าง
9. เมื่อผสมมีเทนกับออกซิเจน หรืออากาศ โดยมีส่วนผสมที่เหมาะสมแล้ว จะเป็นก๊าซที่ผสมระเบิดได้อย่างรุนแรง การที่บ่อน้ำมันระเบิดพังนั้น โดยมากมักเกิดจากสาเหตุนี้
10. เป็นสารที่เฉื่อยมากต่อปฏิกิริยาเคมี ซึ่งไม่ทำปฏิกิริยากับกรดหรือเบส หรือกับสารรีดิวซ์ มีแต่ ออกซิเจน และคลอรีนเท่านั้น ที่ทำปฏิกิริยาได้ง่ายกับมีเทน

11. เมื่อนำมีเทนผสมกับคลอรีนแล้วจุดไฟ หรือทำให้ถูกแสงแดดจ้า ๆ จะเกิดระเบิดรุนแรงให้ไฮโดรเจนคลอไรด์และคาร์บอน

#### การทดสอบมีเทน

1. นำก๊าซมาตรวจโดยทำปฏิกิริยากับ Ozonised Oxygen ทำให้ได้ฟอร์มัลดีไฮด์เกิดขึ้น แสดงว่าก๊าซที่นำมาตรวจนั้น คือ มีเทน

2. ทดลองจุดไฟ ถ้าไม่ใช่มีเทน จะติดไฟได้เปลวไฟสีฟ้าอ่อนคล้ายเปลวไฟไฮโดรเจน ต่างกับไฮโดรเจน ที่ผลที่ได้มีคาร์บอนไดออกไซด์ด้วย

#### ประโยชน์ก๊าซมีเทน

ใช้เป็นก๊าซเชื้อเพลิง และใช้เป็นสารตั้งต้นสำหรับเตรียมสารอินทรีย์

#### ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ

1. อุณหภูมิ มีผลต่อแบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตก๊าซมีเทนอย่างมาก ตามปกติถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 35 องศาเซลเซียส การสร้างก๊าซจะลดลงอย่างมาก และที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส กระบวนการสร้างก๊าซมีเทนจะหยุดชะงัก

2. ระยะเวลาในการหมัก (Retention time) เป็นระยะเวลาที่หาได้จากปริมาตรของถังย่อยอาหาร ด้วยปริมาณของวัตถุดิบที่ใส่เข้าไปทุกวัน ถ้าระยะเวลาที่ใช้ในการหมักสั้นจะได้ก๊าซชีวภาพที่มีประสิทธิภาพ

3. อากาศ เนื่องจากแบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตก๊าซมีเทนเป็นพวกที่หายใจโดยไม่ใช้ออกซิเจน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องแยกเอาอากาศออกไป

4. ชนิดของแบคทีเรีย ขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบ เช่น เศษวัสดุที่ใช้หมัก มูลสัตว์ รวมทั้งอุณหภูมิของกระบวนการ เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปเพียงเล็กน้อย (มากกว่า 2 ) เชื้อแบคทีเรียที่เจริญได้ดีจะเปลี่ยนไปด้วย

5. อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมัก คือ 25 – 30 : 1

6. pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียที่สร้างก๊าซมีเทนจะอยู่ในช่วง 7 – 8

7. ปริมาณของแข็ง ของแข็งในวัตถุดิบที่เหมาะสม ควรมีอยู่ 7 – 9 เปอร์เซ็นต์

8. สารพิษซึ่งติดมากับของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมในปริมาณมาก อาจจะทำลายหรือฆ่าแบคทีเรียที่ผลิตก๊าซมีเทนได้ แต่ในทางปฏิบัติมักไม่คำนึงถึงปัญหานี้ เพราะว่าสารพิษเหล่านี้มีในปริมาณต่ำซึ่งส่งผลกระทบต่อกระบวนการหมักก๊าซมีเทนน้อยมาก



### หลักการ

ก๊าซชีวภาพเกิดจาก การนำมูลสัตว์และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร มาผสมผสานกันให้มีการหมักในสภาพที่ปราศจากออกซิเจน แบคทีเรียที่มีอยู่ในธรรมชาติจะใช้มูลสัตว์และวัสดุเหลือใช้เหล่านั้นเป็นอาหาร และทำการย่อย ผลที่ได้ออกมาส่วนใหญ่มักจะเป็นก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซอื่นๆ

### กิจกรรมย่อยที่ 1 การผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าแห้งผสมกับมูลไก่

#### จุดประสงค์

1. สามารถผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าแห้งผสมกับมูลไก่ได้
2. สามารถสรุปกระบวนการ การเกิดก๊าซชีวภาพได้

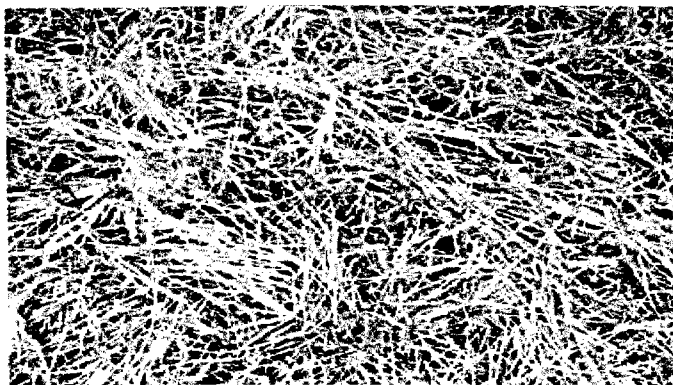
เวลาที่ใช้ 100 นาที

#### อุปกรณ์และสารเคมี

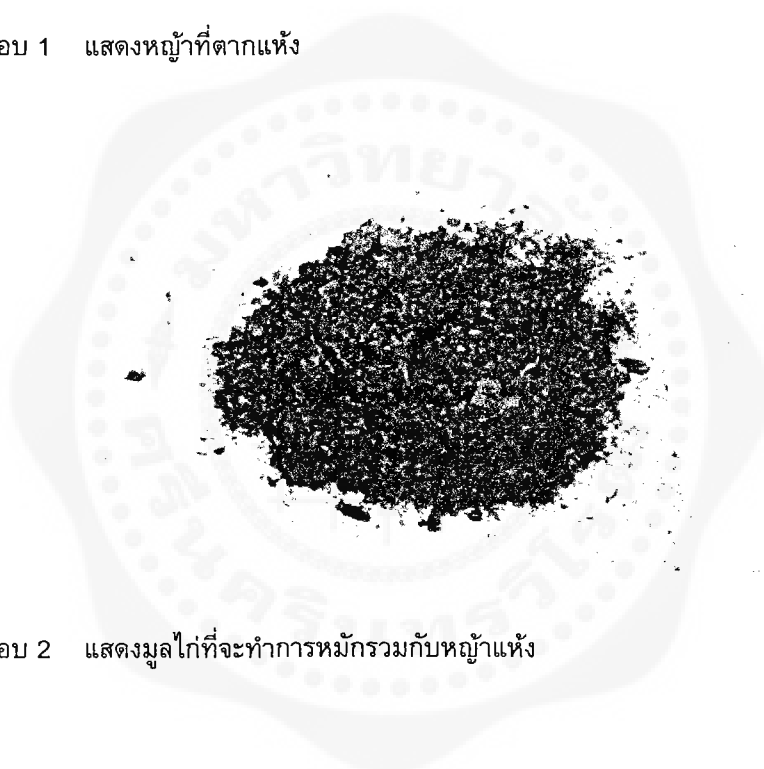
|                                           |     |      |
|-------------------------------------------|-----|------|
| 1. เศษวัสดุเหลือใช้ คือ หญ้าแห้ง          | 160 | กรัม |
| 2. มูลไก่                                 | 1   | ชุด  |
| 3. ขวดทดลอง พร้อมสายยาง และกระบอกเก็บก๊าซ | 1   | ชุด  |
| 4. กะละมัง                                | 1   | ใบ   |
| 5. แท่งแก้วคน                             | 1   | อัน  |
| 6. ไม้มีด                                 | 1   | อัน  |
| 7. เขียง                                  | 1   | อัน  |
| 8. ช้อนตักสาร                             | 1   | อัน  |
| 9. กระบอกตวง 100 มิลลิลิตร                | 1   | อัน  |
| 10. ขาดึงพร้อมที่จับหลอดทดลอง             | 1   | ชุด  |
| 11. เครื่องชั่ง                           |     |      |

#### วิธีทดลอง

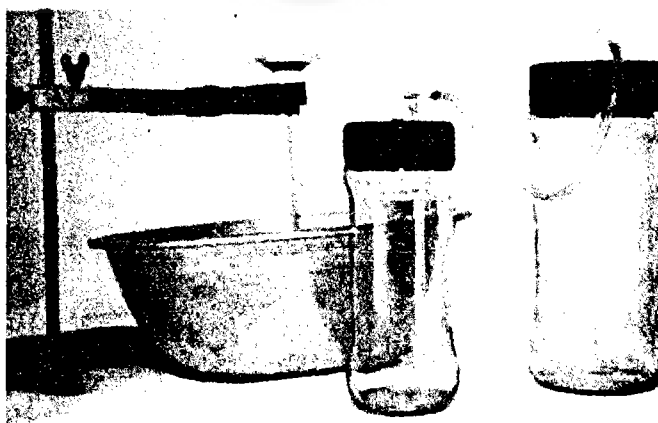
1. นำหญ้าแห้งมาหั่นให้ละเอียดเป็นชิ้นเล็กๆ
2. ผสมหญ้าที่หั่นแล้วกับมูลไก่และน้ำ ในอัตราส่วน 160 กรัม : 10 กรัม : 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ
3. คลุกเคล้าส่วนผสมดังกล่าว ในข้อ 2 ให้เข้ากันดี แล้วบรรจุส่วนผสมลงในขวดปากกว้างที่เตรียมไว้
4. ปิดภาชนะซึ่งที่ฝาขวดมีท่อนำก๊าซเสียบอยู่ต่อสายยางไปยังขวดน้ำปูนใส และผ่านจากน้ำปูนใสไปยังกระบอกเก็บก๊าซโดยการแทนที่น้ำ
5. ตั้งภาชนะทิ้งไว้ประมาณ 2-3 วัน ณ อุณหภูมิห้อง
6. อ่านปริมาตรก๊าซที่เก็บได้ในกระบอกเก็บก๊าซ บันทึกผล



ภาพประกอบ 1 แสดงหญ้าที่ตากแห้ง



ภาพประกอบ 2 แสดงมูลไก่ที่จะทำการหมักรวมกับหญ้าแห้ง



ภาพประกอบ 3 แสดงการจัดอุปกรณ์ที่ใช้ในการหมัก

### ผลการทดลอง

| ชนิดของวัสดุ      | ปริมาณก๊าซชีวภาพ (ลูกบาศก์เซนติเมตร) |            |     |        |
|-------------------|--------------------------------------|------------|-----|--------|
|                   | ครั้งที่ 1                           | ครั้งที่ 2 | รวม | เฉลี่ย |
| หญ้าแห้งกับมูลไก่ |                                      |            |     |        |

### สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### คำถามท้ายการทดลอง

1. นักเรียนสามารถสรุปกระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพได้อย่างไร

### กิจกรรมย่อยที่ 2 การเปรียบเทียบปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักวัสดุเหลือใช้ต่างชนิดกัน

#### คำชี้แจง

ให้นักเรียนศึกษา ความหมายของปัญหา สมมติฐาน ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปรที่ต้องการควบคุม สถานการณ์ที่เป็นปัญหาให้เข้าใจก่อนลงมือปฏิบัติ แล้วช่วยกันคิดเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์ในกิจกรรมที่ 1 และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนมีอยู่ เพื่อนำไปสู่การคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์

เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม 100 นาที

#### ปัญหา

เป็นข้อสงสัยที่ต้องพิจารณาแก้ไข

### สมมติฐาน

เป็นคำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้ามักกล่าวเป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น (ตัวแปรอิสระ) กับตัวแปรตาม สมมติฐานที่ตั้งไว้อาจถูกหรือผิดก็ได้ ซึ่งจะทราบได้ภายหลังการทดลองหาคำตอบเพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้

### ตัวแปรต้น

สิ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่างๆ หรือสิ่งที่เราต้องการศึกษาทดลองดูว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

### ตัวแปรตาม

สิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้นเมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่เป็นสาเหตุเปลี่ยนไป ตัวแปรตามหรือสิ่งที่เป็นผลจะเปลี่ยนตามไปด้วย

### ตัวแปรควบคุม

สิ่งอื่นๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่จะมีผลต่อการทดลอง ซึ่งจะต้องควบคุมให้เหมือนกัน มิเช่นนั้นอาจจะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน

### สถานการณ์

สุดาอ่านวารสารเกษตรฉบับหนึ่ง พบว่ามีผู้ทำก๊าซชีวภาพซึ่งเป็นก๊าซหุงต้มที่ใช้ในบ้านเรือนทำได้โดยการหมักมูลสัตว์ ได้แก่ มูลไก่ และทำจากวัสดุที่เหลือใช้จากการเกษตร เช่น เปลือกผลไม้ และเศษผัก ถ้านักเรียนเป็นสุดาจะมีวิธีการผลิตก๊าซชีวภาพได้อย่างไร และจะทราบได้อย่างไรว่าวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรชนิดใดให้ปริมาณก๊าซชีวภาพมากกว่ากัน

♦ จากสถานการณ์ดังกล่าว ปัญหาที่สุดาต้องการศึกษา คืออะไร

.....

.....

.....

♦ ถ้านักเรียนจะนำปัญหาดังกล่าวมาทำเป็นโครงงานวิทยาศาสตร์ประเภททดลอง นักเรียนจำเป็นต้องศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับอะไรบ้าง

.....

.....

.....

◆ ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับปัจจัยอะไรบ้าง

.....

.....

.....



อุปกรณ์และสารเคมี

มูลสัตว์ ได้แก่ มูลไก่

วัสดุเหลือใช้

1. กระบอกดวง
2. หลอดนำก๊าซ
3. สายยาง
4. ขวดปากกว้าง
5. เครื่องชั่ง
6. ขาดังพร้อมที่จับหลอดทดลอง

1. เปลือกผลไม้

2. เศษผัก

ชื่อโครงการ.....

จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

.....

.....

.....

สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า

.....

.....

ตัวแปรต้น ได้แก่

.....

.....

ตัวแปรตาม ได้แก่

.....

.....

ตัวแปรควบคุม ได้แก่

.....

.....

.....

.....



เมื่อตั้งสมมติฐานของการศึกษาค้นคว้าแล้ว ต่อไป  
ให้นักเรียนช่วยกันออกแบบการทดลอง โดยเลือก  
ใช้อุปกรณ์ - สารเคมีที่กำหนดให้ข้างต้น

### การออกแบบการทดลอง

- ให้นักเรียนออกแบบวิธีการทดลอง เพื่อเปรียบเทียบปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมัก วัสดุเหลือใช้ต่างชนิดกัน โดยนำวัสดุเหลือใช้แต่ละชนิดมาหมักรวมกับมูลไก่
- วิธีการทดลอง มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### ลงมือทำการทดลอง

ให้นักเรียนลงมือทำตามแผนที่ออกแบบไว้แล้วบันทึกผลการทดลองที่นักเรียนแต่ละกลุ่มเป็นผู้ออกแบบ

### ผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง ปรากฏผลดังนี้

- จากผลการทดลองที่ปรากฏ ทำให้ทราบว่า วัสดุเหลือใช้ชนิดใดให้ปริมาณก๊าซชีวภาพมากกว่า (ตามผลการทดลองของนักเรียน)

.....

.....

.....

.....

♦ จากผลการทดลอง และการศึกษาค้นคว้า นักเรียนสรุป และอภิปรายผลได้ว่าอย่างไร  
(ตามผลการทดลองของนักเรียน)

.....

.....

.....

.....

.....

♦ ความรู้ที่ได้จากการจัดทำโครงงานนี้ นักเรียนจะนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

♦ ข้อเสนอแนะ และแนวคิดในการปรับปรุงโครงงานนี้

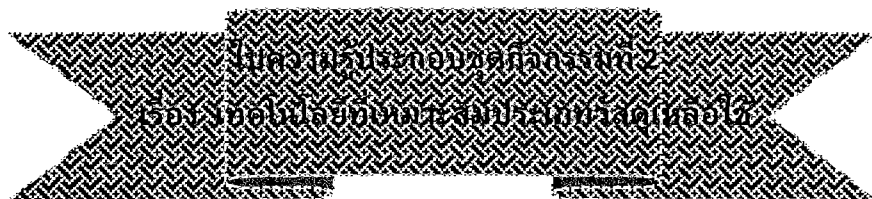
.....

.....

.....

.....

.....



### สาระสำคัญ

**เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทวัสดุเหลือใช้** หมายถึง การนำหลักการทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้มาประยุกต์ให้เกิดประโยชน์ เช่น การนำวัชพืชน้ำ ได้แก่ ผักตบชวา และวัสดุเหลือใช้ ได้แก่ ผงถ่านที่เหลือทิ้ง มาผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิงชีวภาพ และใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

ผักตบชวา (*Eichhornia crassipes*) ภาษาชาวบ้าน เรียกว่า “สวะ” มีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบทวีปอเมริกาใต้ มีดอกเป็นช่อสีม่วงอ่อน คล้ายกล้วยไม้ ชูช่อขึ้นเหนือน้ำ เริ่มเข้ามาในประเทศไทยครั้งแรกในสมัยพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว (รัชกาลที่ 5) จากประเทศอินโดนีเซีย เป็นพืชที่เจริญเติบโตเร็ว จัดเป็นวัชพืชน้ำชนิดที่ลอยอยู่บนผิวน้ำอย่างอิสระ (free floating weed) แพร่พันธุ์ได้รวดเร็วจากสถิติผักตบชวา 10 ต้น จะขยายพันธุ์ได้ถึง 600,000 ต้น ในระยะเวลา 6 เดือน (ฉวีวรรณ.2530) ผักตบชวาเป็นอุปสรรคอย่างยิ่งต่อการคมนาคมทางน้ำ การชลประทาน การประมง การนำเอาผักตบชวามาทำเชื้อเพลิงชีวภาพ จึงนับว่าเป็นแนวทางที่จะเกิดผลดีต่อส่วนรวมหลาย ๆ ด้าน

ผักตบชวาเป็นวัชพืชน้ำ ซึ่งเป็นแหล่งชีวมวลที่ใหญ่ที่สุดแหล่งหนึ่งของประเทศ ที่มีอยู่ทั่วไปและสามารถนำมาอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพ ใช้ในการหุงต้มได้ดีมีคุณภาพใกล้เคียงกับฟืน การศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพที่ผลิตจากผักตบชวา มีใช้เพื่อการหุงต้มเท่านั้น แต่ให้สามารถใช้ได้กับอุตสาหกรรมในครอบครัว ซึ่งมีความจำเป็นสำหรับสภาพปัจจุบัน

ถ่านเป็นแหล่งทรัพยากรเชื้อเพลิงอีกแหล่งหนึ่งของประเทศ ถึงแม้ส่วนใหญ่ที่เหลือใช้จะเป็น ผงถ่านคุณภาพต่ำ แต่มีปริมาณมากและน่าสนใจทั้งยังมีราคาถูกที่จะนำมาใช้ทดแทนฟืนและถ่านได้อย่างดี

การนำเอาผักตบชวา มาผสมกับถ่านหินเป็นวิธีการหนึ่งในการปรับปรุงคุณภาพของถ่านหิน เช่น ช่วยให้การเผาไหม้ดีขึ้น ลดปริมาณกำมะถัน เพื่อให้สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนฟืนและถ่าน อันจะเป็นการบรรเทาการตัดไม้ทำลายป่าลงได้

**แท่งเชื้อเพลิงชีวภาพ** หมายถึง แท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากการอัดแท่ง (โดยไม่ใช้ความร้อน) จากวัสดุชีวมวลหรือเศษวัชพืชต่างๆ เช่น ผักตบชวา มาอัดให้เป็นแท่ง โดยอาศัยตัวเชื่อมประสานที่มีความเข้มข้นพอดี เมื่ออัดออกมาเป็นแท่งแล้ว จะได้แท่งอัดเชื้อเพลิงที่ใช้ประโยชน์แทน ฟืน ถ่าน หรือแก๊สหุงต้มได้เป็นอย่างดี

**คุณสมบัติโดยทั่วไปของแท่งเชื้อเพลิงชีวภาพ** มีคุณลักษณะคล้ายฟืน มีค่าความร้อนต่ำกว่าถ่านมาก เวลาจุดมีควันมากถ้าใช้กับเตาป่องจะช่วยลดควัน เชื้อเพลิงชีวภาพที่ทำจากเศษพืชเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพที่มีคุณภาพดีหากผสมผงถ่านที่เหลือทิ้ง จะช่วยทำให้มีคุณภาพสูงขึ้น และมีประสิทธิภาพไม่แพ้ถ่าน

แท่งเชื้อเพลิงชีวภาพเกิดจากวัสดุที่มีความชื้นสูงกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นก่อนนำไปใช้จะต้องทำให้แห้ง วิธีการที่สะดวกและประหยัด คือ การตากแดดโดยตรง เป็นเวลา 2-3 วัน ก็สามารถนำไปใช้ได้

### การเก็บรักษาแท่งเชื้อเพลิงเขียว

1. การตัดให้เป็นแท่ง ควรกระทำหลังจากตากแห้งเรียบร้อยแล้ว อาจใช้มีดคมๆ หรือใบมีดคัตเตอร์ ตัดเป็นท่อนๆ ตามต้องการ หรือใช้มือหักก็ได้

2. การบรรจุหีบห่อ เมื่อแท่งเชื้อเพลิงแห้งดีแล้ว หากประสงค์จะเก็บไว้ใช้นานๆ ควรเก็บใส่ถุงพลาสติก หรือกระสอบ แล้วปิดปากให้แน่นเพื่อป้องกันความชื้นเข้า โดยที่แท่งเชื้อเพลิงนี้มีลักษณะค่อนข้างโปร่ง

เมื่อเก็บไว้ในที่ชื้น หรือที่มีละอองฝนปะปรรม เชื้อเพลิงจะดูดความชื้นเข้าไปทำให้เกิดเชื้อรา ทำให้จุดไฟไม่ดีและมีควัน ดังนั้นควรเก็บไว้ในที่แห้ง

### การนำแท่งเชื้อเพลิงเขียวไปใช้ในการหุงต้ม

1. หักแท่งเชื้อเพลิงให้เป็นท่อนสั้นๆ มีความยาวประมาณ 1 นิ้ว จำนวน 3-4 ท่อน จุ่มลงในแอลกอฮอล์จุดไฟ แล้ววางลงในเตาเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงติดไฟ นำแท่งเชื้อเพลิงที่ไม่ได้จุ่มแอลกอฮอล์วางซ้อนกันเป็นชั้นๆ แล้วจึงจุดไฟ หรือจะใช้น้ำมันแก๊สโซลีน เศษกระดาษ หรือเศษฟืนเล็กๆ เป็นเชื้อเพลิงติดไฟก็ได้ แต่ถ้าใช้แอลกอฮอล์จะจุดไฟได้เร็วทันใจ เช่นเดียวกับแก๊สหุงต้ม และไม่มีควันรบกวน

2. เตาที่ใช้ ควรเป็นเตาที่มีทรงสูงและการระบายอากาศดี จะเป็นเตาดินหรือเตาโลหะก็ได้ หากเกรงว่าจะมีควันรบกวนอาจจะติดปล่องที่ระบายควันช่วย โดยเฉพาะเตาที่มีปล่องที่ทอดได้

### ข้อได้เปรียบของแท่งเชื้อเพลิงเขียวเทียบกับฟืนและถ่าน

1. ไม่ต้องตัดไม้ทำลายป่ามาทำเป็นฟืนและเผาถ่าน
2. เชื้อเพลิงเขียวใช้เวลาในการเรียงเชื้อเพลิง และจุดติดไฟภายใน 1 นาที ซึ่งฟืนและถ่านทำไม่ได้
3. ได้เชื้อเพลิงสะอาด การเผาไหม้มีประสิทธิภาพสูง ที่สำคัญเชื้อเพลิงเขียวไม่ไวไฟ จึงไม่มีอันตรายจากการระเบิด
4. ทำให้ได้สะดวกกว่าหาฟืนและถ่าน
5. ช่วยทำลายวัชพืชน้ำที่รบกวนแหล่งเลี้ยงปลา ปิดกั้นทางคมนาคมทางน้ำ ทำให้คลองระบายน้ำตื้นเขิน และปิดกั้นการระบายน้ำ เช่น ผักตบชวา



### หลักการ

ลักษณะทั่วไปของเชื้อเพลิงเขียว ซึ่งเป็นผลมาจากเทคโนโลยีการอัดแท่งโดยไม่ใช้ความร้อน เป็นเชื้อเพลิงที่ได้จากการนำเอาเศษวัชพืช หรือเศษที่เหลือใช้จากการเกษตรและจากอุตสาหกรรมการเกษตร เช่น ผักตบชวา แกลบ ชีเลื่อย ฯลฯ มาสับให้ละเอียดแล้วผสมคลุกเคล้ากันโดยอาศัยตัวเชื่อมประสานที่มีความเข้มข้นพอดี แล้วนำไปอัดแท่ง จากนั้นนำไปตากแดดให้แห้ง

### กิจกรรมย่อยที่ 1 การทำเชื้อเพลิงเขียว

#### จุดประสงค์

1. สามารถผลิตเชื้อเพลิงแห้งจากผักตบชวาได้
2. สามารถเปรียบเทียบปฏิบัติการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเขียวที่ใช้ระยะเวลาในการให้ความร้อนแตกต่างกัน
3. สามารถบอกประโยชน์การใช้เศษพืชสด หรือวัชพืชมาประดิษฐ์เชื้อเพลิงได้

เวลาที่ใช้ 100 นาที

#### อุปกรณ์และสารเคมี

- |                                                           |     |      |
|-----------------------------------------------------------|-----|------|
| 1. ผักตบชวา                                               | 200 | กรัม |
| 2. ท่อ พี.วี.ซี. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-3 เซนติเมตร       |     |      |
| ยาว 15-20 เซนติเมตร                                       | 1   | แท่ง |
| 3. แท่งเหล็กที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.5-2.5 เซนติเมตร |     |      |
| ยาว 20-25 เซนติเมตร                                       | 1   | แท่ง |
| 4. มีดสับ                                                 | 1   | เล่ม |
| 5. เชียงไม้                                               | 1   | แผ่น |
| 6. เตารีด (ขนาดเล็ก)                                      | 1   | ใบ   |
| 7. กาวแปงเปียก                                            |     |      |

#### วิธีทดลอง

1. นำผักตบชวาสดที่มีทั้งใบและลำต้น มาสับให้เป็นชิ้นเล็กๆ ให้ละเอียดมากที่สุด แล้วนำไปผึ่งแดด
2. นำเศษผักตบชวาที่แห้งแล้ว ประมาณ 200 กรัม ผสมกับกาวแปงเปียกที่เตรียมไว้
3. นำส่วนผสมแล้วแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ใส่ลงในท่อ พี.วี.ซี. ครึ่งละ 100 กรัม แล้วตำหรือกระทุ้งด้วยแท่งเหล็กประมาณ 20 ครั้ง ทำให้ส่วนของพืชจับเกาะกันเป็นแท่ง
4. คว่ำปากท่อ พี.วี.ซี. แล้วใช้แท่งเหล็กดันเอาแท่งเชื้อเพลิงออกทางด้านล่างของท่อ พี.วี.ซี.
5. นำส่วนที่เหลือใส่ลงไปที่อีก ( ทำเหมือนข้อ 3 และ 4 )
6. นำเชื้อเพลิงเขียวทั้งสองแท่งไปผึ่งแดดให้แห้งโดยใช้เวลาต่างกันคือ เชื้อเพลิงเขียวแท่งที่ 1 ใช้เวลาดตากเพียง 1 วัน ส่วนเชื้อเพลิงเขียวแท่งที่ 2 ใช้เวลาดตาก 5 วัน

7. นำแท่งเชื้อเพลิงเขี้ยวทั้งสองแท่ง มาทดสอบการเผาไหม้ สังเกตการเผาไหม้ของแท่งเชื้อเพลิงแต่ละแท่ง แล้วบันทึกผลการทดสอบ



ภาพประกอบ 4 แสดงการนำผักตบชวาแห้งผสมกับกาวแบ่งเปียก



ภาพประกอบ 5 แสดงการทดสอบการเผาไหม้ของแท่งเชื้อเพลิง

## ผลการทดลอง

| เชื้อเพลิงชีว          | ผลจากการสังเกตปฏิกิริยาขณะเผาไหม้ |
|------------------------|-----------------------------------|
| เชื้อเพลิงชีวแท่งที่ 1 |                                   |
| เชื้อเพลิงชีวแท่งที่ 2 |                                   |

## สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## คำถามท้ายการทดลอง

1. การนำเศษพืชสด และวัชพืชมาประดิษฐ์เป็นก้อนเชื้อเพลิง นักเรียนคิดว่าก่อให้เกิดประโยชน์อย่างไร

**กิจกรรมย่อยที่ 2** การศึกษาคุณสมบัติของแท่งเชื้อเพลิงเขียวจากผักตบชวาผสมกับผงถ่านที่มีอัตราส่วนผสมแตกต่างกัน

### คำชี้แจง

ให้นักเรียนศึกษา ความหมายของปัญหา สมมติฐาน ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปรที่ต้องการควบคุม สถานการณ์ที่เป็นปัญหาให้เข้าใจก่อนลงมือปฏิบัติ แล้วช่วยกันคิดเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์ในกิจกรรมที่ 2 และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนมีอยู่ เพื่อนำไปสู่การคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์

เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม 100 นาที

### ปัญหา

เป็นข้อสงสัยที่ต้องพิจารณาแก้ไข

### สมมติฐาน

เป็นคำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้ามักกล่าวเป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น (ตัวแปรอิสระ) กับตัวแปรตาม สมมติฐานที่ตั้งไว้อาจถูกหรือผิดก็ได้ ซึ่งจะทราบได้ภายหลังการทดลองหาคำตอบเพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้

### ตัวแปรต้น

สิ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่าง ๆ หรือสิ่งที่เราต้องการศึกษาทดลองดูว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

### ตัวแปรตาม

สิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้นเมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่เป็นสาเหตุเปลี่ยนไป ตัวแปรตามหรือสิ่งที่เป็นผลจะเปลี่ยนตามไปด้วย

### ตัวแปรที่ต้องควบคุม

สิ่งอื่นๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่จะมีผลต่อการทดลอง ซึ่งจะต้องควบคุมให้เหมือนกัน มิเช่นนั้นอาจจะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน

### สถานการณ์

เชื้อเพลิงหลักที่ใช้ในการหุงต้มและกิจกรรมในครัวเรือนของคนในชนบท คือ ฟืน และถ่าน ซึ่งได้มาจากการตัดไม้ทำลายป่าในปริมาณสูงถึงปีละ 40-50 ล้านลูกบาศก์เมตร และมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มมากขึ้นไปอีก แนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดปัญหาการตัดไม้ทำลายป่าของประเทศ คือ การนำพลังงานจากสิ่งสูญเสียเหลือใช้และวัชพืชมาใช้ทดแทนฟืน และถ่าน ผักตบชวาเป็นวัชพืชน้ำที่มีอยู่ทั่วไป และสามารถนำมาอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิงเขียวใช้ในการหุงต้มได้ดี การนำเอาผักตบชวามาผสมกับผงถ่านที่เหลือทิ้งเป็นวิธีการหนึ่งในการปรับปรุงคุณภาพของถ่าน เช่น ช่วยให้การเผาไหม้ดีขึ้น ลดปริมาณกัมมะถัน เพื่อให้สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนฟืน และ ถ่านอันจะเป็นการบรรเทาการตัดไม้ทำลายป่าลงได้ นักเรียนจะออกแบบการทดลองอย่างไร เพื่อให้ทราบว่า อัตราส่วนเท่าใดของผักตบชวากับผงถ่านที่เหมาะสมที่สุดในการนำมาใช้ทดแทนฟืน และถ่านได้ดี

♦ จากสถานการณ์ดังกล่าว ปัญหาที่ต้องการศึกษา คืออะไร

.....

.....

.....

♦ ถ้านักเรียนจะนำปัญหาดังกล่าวมาทำเป็นโครงงานวิทยาศาสตร์ประเภทการทดลอง นักเรียนจำเป็นต้องศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับอะไรบ้าง

.....

.....

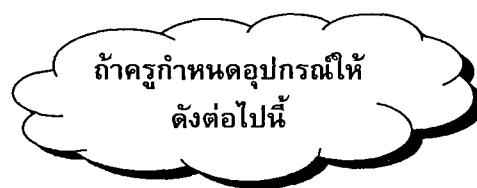
.....

♦ คุณสมบัติของแท่งเชื้อเพลิงเขียว เป็นอย่างไร

.....

.....

.....



#### อุปกรณ์และสารเคมี

1. ผักตบชวา
2. ผงถ่าน
3. ท่อ พี.วี.ซี.
4. แท่งเหล็ก
5. กาวแข็งเปียก
6. ตะเกียบ

#### อุปกรณ์ที่ช่วยตรวจสอบค่าความร้อน ที่ได้รับจากฟินแต่ละชนิด

1. ขาดังพร้อมที่จับหลอดทดลอง
2. เทอร์โมมิเตอร์
3. บีกเกอร์ขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร
4. น้ำ
5. เตาอังโล่ (ขนาดเล็ก )

ชื่อโครงงาน.....

จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

.....

.....

.....

สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า

.....

.....

ตัวแปรต้น ได้แก่

.....

.....

ตัวแปรตาม ได้แก่

.....

.....

ตัวแปรที่ต้องควบคุม ได้แก่

.....

.....

.....

.....



เมื่อตั้งสมมติฐานของการศึกษาค้นคว้าแล้ว  
ต่อไปให้นักเรียนช่วยกันออกแบบการ  
ทดลองโดยเลือกใช้อุปกรณ์ – สารเคมี  
ที่กำหนดให้ข้างต้น

### การออกแบบการทดลอง

ให้นักเรียนออกแบบวิธีการทดลอง เพื่อให้ทราบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด ระหว่างผักตบชวา ผสมผงถ่านที่เหลือทิ้ง ที่เท่าใด ที่สามารถนำมาใช้ทดแทนฟืนและถ่านได้ดี (กำหนดให้ศึกษา อัตราส่วน ระหว่างผักตบชวาผสมผงถ่านที่เหลือทิ้ง (กรัม) ที่ 50 : 0 , 40 : 10 , 30 : 20 , 20 : 30 และ 10 : 40 ตามลำดับ) โดยการเปรียบเทียบภาพของเชื้อเพลิง

วิธีการทดลอง มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### ลงมือทำการทดลอง

ให้นักเรียนลงมือทำตามแผนที่ออกแบบไว้แล้วบันทึกผลการทดลองที่นักเรียนแต่ละกลุ่มเป็นผู้ออกแบบ

ผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง ปรากฏผลดังนี้

- จากผลการทดลองที่ปรากฏ สามารถสรุปได้ว่า (ตามผลการทดลองของนักเรียน)

.....

.....

.....

### คำถามท้ายการทดลอง

♦ จากผลการทดลองของนักเรียน นักเรียนควรใช้อัตราส่วนผสมระหว่าง ผักตบชวา กับ ผงถ่านเท่าใด ที่ควรส่งเสริมให้ผลิตทดแทนฟืนและถ่านมากที่สุด

.....

.....

.....

♦ ความรู้ที่ได้จากการคิดทำโครงการนี้ นักเรียนจะนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันอย่างไร

.....

.....

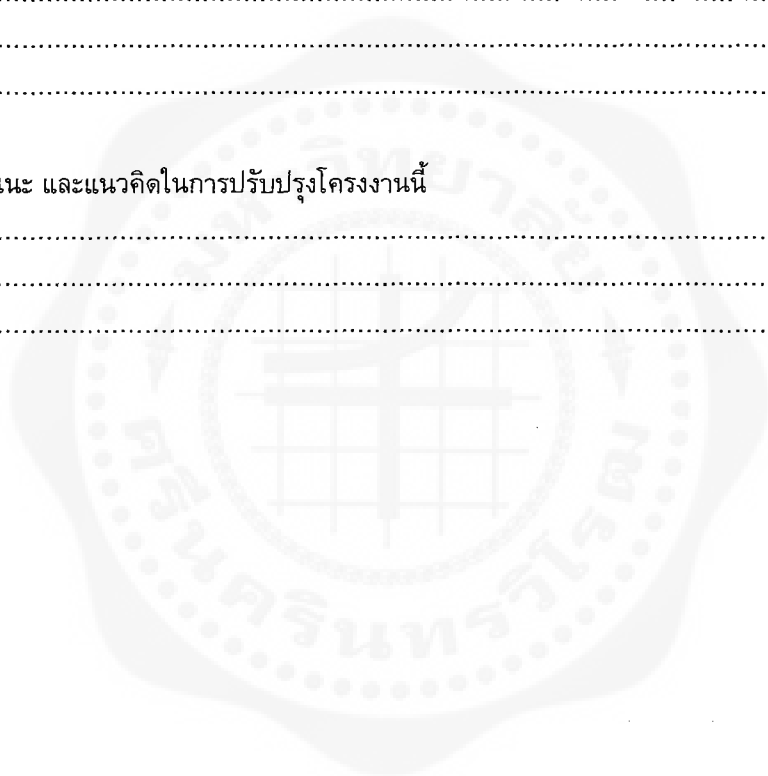
.....

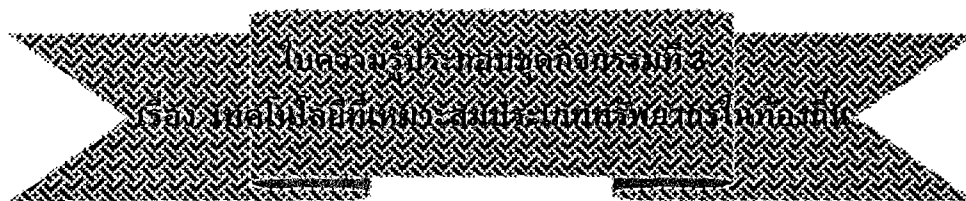
♦ ข้อเสนอแนะ และแนวคิดในการปรับปรุงโครงการนี้

.....

.....

.....





### สาระสำคัญ

เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภททรัพยากรในท้องถิ่น หมายถึง การคิดสร้างเทคโนโลยีที่อาศัยทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นทำให้เกิดประโยชน์ ได้แก่ การย้อมผ้าโดยใช้สีธรรมชาติจากพืช และการหาวิธีการที่จะทำให้สีธรรมชาตินั้นติดคงทนอยู่บนผ้าได้นานที่สุด

สีจากธรรมชาติ เป็นสีที่ได้จากแหล่งต่างๆ ตามธรรมชาติ คือ พืช สัตว์และแร่ธาตุ สีชนิดนี้เกิดขึ้นมาเองโดยกระบวนการตามธรรมชาติ ไม่ก่อให้เกิดภาวะมลพิษใดๆ เมื่อนำไปใช้ย้อม น้ำทิ้งที่ได้ประกอบด้วยสารธรรมชาติที่สลายตัวได้ง่าย และสารที่เกิดจากการสลายตัว มีความเป็นพิษต่ำต่อผิวหนังและ สุขภาพของผู้ใช้ หรือไม่มีความเป็นพิษต่อสภาวะแวดล้อม แต่ข้อเสียที่สำคัญของสีจากธรรมชาติ คือ สีซีดง่ายโดยเฉพาะเมื่อโดนแสง สารช่วยย้อมบางชนิด เช่น ปูนขาว โซเดียมคลอไรด์(เกลือแกง) และสารส้ม ทำให้สีติดทนนานและไม่ซีดง่ายเวลาโดนความร้อน

การสกัดสีจากส่วนต่าง ๆ ของพืช มาใช้ในการย้อมผ้า มี 2 วิธี คือ

1. การหมัก หรือที่เรียกว่า การย้อมเย็น จะใช้กับต้น คราม ฮ่อม และผลมะเกลือเท่านั้น จะใช้วิธีหมักพืชในน้ำเปล่าที่อุณหภูมิปกติ ทิ้งไว้ 1-2 วัน เพื่อให้สีออกมา จากนั้นนำผ้าที่เตรียมไว้มาชุบในน้ำสีก็จะได้ผ้าย้อมสีธรรมชาติ

2. การต้ม หรือที่เรียกว่า การย้อมร้อน จะใช้กับต้นไม้ทั่วไป โดยการนำวัตถุดิบมาสับ หรือตำให้ละเอียด จากนั้นนำไปต้มให้เดือดประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อสกัดสีออกมา จากนั้นจึงนำน้ำสีไปอุ่นให้เดือดอ่อนๆ อุณหภูมิ 70 -100 องศาเซลเซียส จึงค่อยนำผ้ามาชุบจนสีติดดี ก็จะได้ผ้าย้อมสีธรรมชาติ

องค์ประกอบสำคัญในการย้อมสีธรรมชาติ

1. ผ้าหรือเส้นด้าย จะเป็นตัวกลางในการดูดซับสีจากพืชและแร่ธาตุต่างๆ ที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อม ผ้าหรือเส้นด้ายต้องเป็นเส้นใยที่ได้จากธรรมชาติเท่านั้น คือ เส้นใยที่ได้จากสัตว์ ได้แก่ ไหมและขนสัตว์ต่างๆ เส้นใยที่ได้จากพืช ได้แก่ ฝ้าย ลินิน ปอ และป่าน โดยทั่วไปเส้นใยธรรมชาติที่ชาวบ้านทำให้อยู่ คือ ไหม และฝ้าย

2. พืชทุกชนิด ตั้งแต่ต้นหญ้ารวมไปถึงต้นไม้ขนาดใหญ่และทุกส่วน ได้แก่ ใบ ดอก ผล ลำต้น เปลือก แก่น ราก หัว หรือเหง้าในดิน สามารถนำมาย้อมสีธรรมชาติได้ทั้งสิ้น ซึ่งแต่ละชนิด แต่ละส่วนของพืช จะให้สีแตกต่างกัน

การเลือกพืชที่ให้สีติดผ้าดีมีข้อสังเกตง่ายๆ คือ ถ้าเป็นใบหรือดอกให้เด็ดมาขยี้ที่มีมือถัดติดดี เลือกนำไปทดลองย้อมได้ ถ้าเป็นผลหรือเปลือกให้ลองใช้มีดถากดู ถ้ายางถูกอากาศแล้วเปลี่ยนสีให้นำไปทดลองย้อมได้ เช่นเดียวกัน แก่นและรากส่วนใหญ่จะให้สีตามที่เห็นอยู่แล้ว

3. สารประกอบในการย้อมผ้า พืชแต่ละชนิดที่นำมาย้อมมีการติดสีและการคงทนต่อการขัดถูหรือแสงไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางชีวเคมีภายในพืชและเส้นใยที่นำมาใช้ย้อม จึงมีการใช้สารประกอบอื่นๆ เพื่อมาเป็นตัวช่วยในการที่จะทำให้เส้นใยดูดซับสีทนทานต่อแสงและการขัดถูเพิ่มขึ้น ซึ่งใช้ มอร์แดนเป็นตัวจับยึดสีและเปลี่ยนสีให้เข้มจาง และใช้แทนนินเป็นตัวดูดซับสี

mordants. มอร์แดนต์. สารที่ใช้ในการย้อมสี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการย้อมสีเสื้อผ้า หรือสิ่งทอซึ่งมีกำเนิดจากต้นพืช. ตอนแรกจะต้องนำเสื้อผ้ามาอบหรือชุบด้วย มอร์แดนต์ ซึ่งโดยมากก็เป็น basic metal hydroxide for acidic dyes , หรือสารที่มีฤทธิ์เป็นกรดสำหรับใช้กับสีที่มีฤทธิ์เป็นด่าง. สีย้อมจะทำปฏิกิริยากับตัวมอร์แดนต์ เกิดเป็น lake ซึ่งเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งจะเกาะติดกับเนื้อผ้าอย่างเหนียวแน่น

lake. ในการย้อมสี , มีสารที่ไม่ละลายติดสีย้อมเกิดขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยารวมทางเคมี ระหว่างสีย้อมที่ละลายอยู่กับตัวมอร์แดนต์ ( mordant ) ที่ใช้ในการย้อม

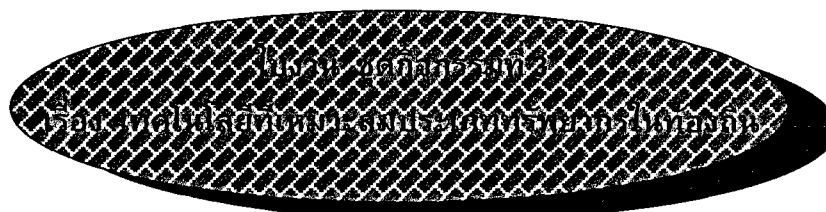
ตัวติดสีหรือมอร์แดนต์ (mordant) มีทั้งชนิดที่ได้จากธรรมชาติและสารเคมี

- ชนิดที่ได้จากธรรมชาติ ชนิดที่เป็นต่าง เช่น ปูนขาวที่ใช้กินกับหมาก (ทำจากการเผาเปลือกหอย) และ น้ำด่างที่ได้จากขี้เถ้าพืชเนื้ออ่อน เช่น ส่วนต่างๆ ของกล้วย ต้นผักขม เปลือกของผลนุ่น กากมะพร้าว โดยเลือกพืชชนิดใดชนิดหนึ่งที่ยังสดๆ นำมาฝีกแดดให้หมาด จากนั้นเผาให้เป็นขี้เถ้าสีขาว นำขี้เถ้าไปใส่ในอ่างที่มีน้ำอยู่ กวนให้ทั่วทั้งไว้ 4-5 ชั่วโมง ขี้เถ้าจะตกตะกอนน้ำที่ได้นำไปกรองให้สะอาดแล้วจึงนำไปใช้งาน และชนิดที่เป็นกรดได้จากพืชที่มีรสเปรี้ยว เช่น น้ำมะนาว น้ำมะขามเปียก น้ำมดแดง โดยใช้พืชที่มีรสเปรี้ยวหรือตัวมดแดงใส่น้ำต้มเดือด นานประมาณครึ่งชั่วโมง กรองเอาแต่น้ำไปใช้

- ชนิดที่เป็นสารเคมีที่ใช้กันแพร่หลาย ได้แก่ เกลือแกง(ช่วยให้สีติดง่าย) สารส้ม(จับยีสติดและสีสดขึ้น) สนิมเหล็กหรือโคลนจากใต้สระที่มีน้ำขังตลอดปี (สีเข้มขึ้น) จุนสี (ช่วยให้สีติดเข้มขึ้นเล็กน้อย)

ตัวติดสีติดหรือแทนนิน (tannin)

สารแทนนินจะมีอยู่ในส่วนต่างๆ ของพืชที่มีรสฝาดและขม เช่น ลูกหมาก เปลือกเพกา เปลือกผลทับทิม ลูกมะเกลือ เป็นต้น



### หลักการ

การใช้สัสน์เคราะห์ หรือสัเคมีย้อมผ้า อาจเกิดอันตรายต่อร่างกาย และเกิดสารพิษในสิ่งแวดล้อม จึงต้องหาวิธีสกัดสีจากพืชธรรมชาติ และหาสารช่วยย้อมที่ทำให้สีติดบนผ้าได้นาน

### กิจกรรมย่อยที่ 1 การสกัดสีจากพืชธรรมชาติ

#### จุดประสงค์

1. สามารถสกัดสีจากใบหูกวาง และนำสีที่ได้มาย้อมผ้าได้
2. นักเรียนสามารถอธิบาย ข้อดี – ข้อเสีย ของการย้อมสีธรรมชาติได้

เวลาที่ใช้ 100 นาที

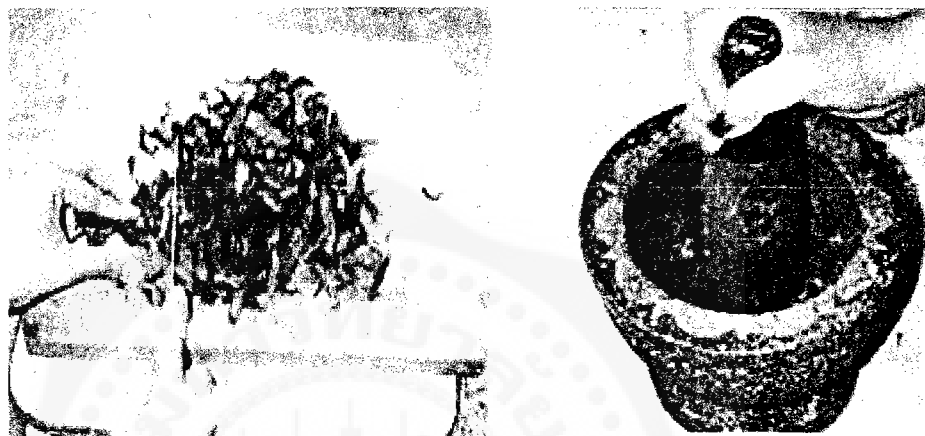
#### อุปกรณ์และสารเคมี

- |                                        |                      |
|----------------------------------------|----------------------|
| 1. ใบหูกวาง                            | 5. ใบ                |
| 2. ผ้าฝ้าย                             | 1 ผืน                |
| 3. น้ำ                                 | 90 ลูกบาศก์เซนติเมตร |
| 4. บีกเกอร์ ขนาด 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร | 1 ใบ                 |
| 5. ตะเกียงแอลกอฮอล์พร้อมที่กั้นลม      | 1 ชุด                |
| 6. ชันน้ำ                              | 1 ใบ                 |
| 7. ใบมีด                               | 1 อัน                |
| 8. ผ้าขาวบาง                           | 1 ผืน                |
| 9. ครกบดยา                             | 1 ชุด                |
| 10. เชียง                              | 1 อัน                |

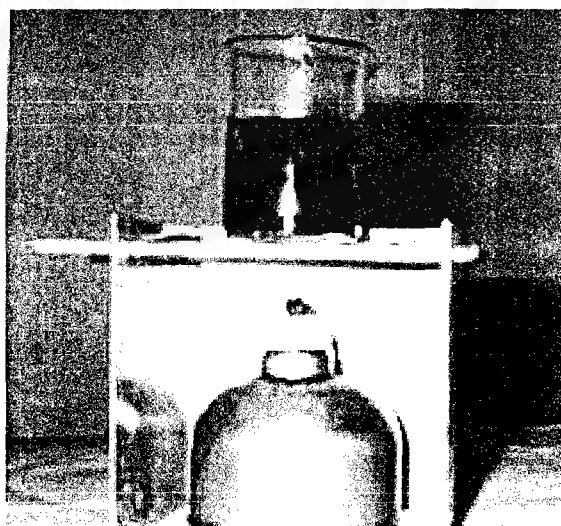
#### วิธีทดลอง

1. นำบีกเกอร์ ขนาด 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งมีน้ำจำนวน 40 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วนำไปต้มจนเดือด จากนั้นนำผ้าฝ้ายขนาด 8 เซนติเมตร 8 เซนติเมตร จำนวน 1 ผืนไปต้มในน้ำเดือด (เพื่อละลายไขมัน)
2. นำใบหูกวางแก่จำนวน 5 ใบ ลอกเส้นกลางใบออกแล้วล้างน้ำให้สะอาด
3. หั่นใบหูกวางเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำมาตำให้ละเอียด จากนั้นผสมน้ำจำนวน 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร กรองเอาแต่น้ำสี
4. นำน้ำสีที่กรองแล้วตั้งไฟต้มให้เดือดนาน 5 นาที แล้วยกลง สังเกต และบันทึกผล

5. นำผ้าฝ้ายจากข้อ 1 แช่ในน้ำสีนาน 1/2 ชั่วโมง บิดให้หมาดแล้วจึงล้างด้วยน้ำสะอาด สังเกตและบันทึกผล



ภาพประกอบ 6 แสดงการหั่นและการตำใบหูกวางก่อนนำไปย้อมสี



ภาพประกอบ 7 แสดงการย้อมสีที่ได้จากใบหูกวาง

## ผลการทดลอง

| ชนิดของสีย้อม     | ลักษณะสีของผ้าฝ้าย |
|-------------------|--------------------|
| สีย้อมจากใบหูกวาง |                    |

## สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

## คำถามท้ายการทดลอง

1. นักเรียนประทับใจกับการย้อมผ้าด้วยสีจากใบหูกวางของคนไทยสมัยก่อนหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

2. นักเรียนคิดที่จะนำวิธีการย้อมผ้าด้วยสีจากใบหูกวาง ไปทดลองทำต่ออีกหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

3. วิธีการย้อมผ้าด้วยสีจากใบหูกวางของคนไทยสมัยก่อนมีข้อดี ข้อเสีย อย่างไร และนักเรียนจะมีวิธีการเพื่อให้ผู้อื่นทราบถึงข้อดี และหาวิธีแก้ไขในเรื่องข้อเสียได้อย่างไร

.....

.....

.....

**กิจกรรมย่อยที่ 2** การค้นหาวิธีการสกัดสีจากพืชธรรมชาติ และชนิดของสารช่วยย้อมที่สามารถทำให้สีติดบนผ้าได้นาน

### คำชี้แจง

ให้นักเรียนศึกษา ความหมายของปัญหา สมมติฐาน ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปรที่ต้องการควบคุม สถานการณ์ที่เป็นปัญหาให้เข้าใจก่อนลงมือปฏิบัติ แล้วช่วยกันคิดเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์ในกิจกรรมที่ 3 และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนมีอยู่ เพื่อนำไปสู่การคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์

เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม 100 นาที

### ปัญหา

เป็นข้อสงสัยที่ต้องพิจารณาแก้ไข

### สมมติฐาน

เป็นคำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้ามักกล่าวเป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น (ตัวแปรอิสระ) กับตัวแปรตาม สมมติฐานที่ตั้งไว้อาจถูกหรือผิดก็ได้ ซึ่งจะทราบได้ภายหลังการทดลองหาคำตอบเพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้

### ตัวแปรต้น

สิ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่างๆ หรือสิ่งที่เราต้องการศึกษาทดลองดูว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

### ตัวแปรตาม

สิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้นเมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่เป็นสาเหตุเปลี่ยนไป ตัวแปรตามหรือสิ่งที่เป็นผลจะเปลี่ยนตามไปด้วย

### ตัวแปรควบคุม

สิ่งอื่นๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่จะมีผลต่อการทดลอง ซึ่งจะต้องควบคุมให้เหมือนกัน มิเช่นนั้น อาจจะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน

### สถานการณ์

แม่ของนางนุช มีอาชีพรับจ้างเย็บผ้า คุณแม่มักจะใช้นางนุชให้ไปซื้อสีย้อมผ้าส่งเคราะห์จากร้านค้า อยู่เสมอ นางนุชเคยถามคุณแม่ว่า ทำไมเราไม่ใช่สีที่สกัดได้จากพืชธรรมชาติมาเย็บผ้าโดยไม่ต้องเสียเงินเพื่อซื้อสีสังเคราะห์เหล่านั้น ปลอดภัยต่อผู้ใช้ และไม่มีพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อมด้วย คุณแม่บอกกับเธอว่า การเย็บผ้าจากพืชธรรมชาติประหยัดเงินก็จริง แต่มีปัญหาตรงที่สีที่เย็บได้นั้นไม่ติดทนนาน จึงจำเป็นต้องใช้สีสังเคราะห์ ซึ่งติดทนนานกว่า นางนุชจึงพยายามคิดหาวิธีที่จะช่วยให้สีที่ได้จากการเย็บผ้าจากพืชธรรมชาติติดทนนานเท่าเทียมกับสีที่ได้จากการเย็บผ้าจากการสังเคราะห์ โดยนางนุชจะลองทดสอบสกัดสีจากพืชที่หาได้ง่ายๆ คือ ขมิ้น ถ้านักเรียนเป็นนางนุชจะมีวิธีการสกัดสีจากพืชเหล่านั้นออกมาได้อย่างไร จะใช้สารใดเป็นสารช่วยย้อมให้สีติดทนนานและจะมีวิธีการทดลองเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของสารช่วยย้อมได้อย่างไร

◆ จากสถานการณ์ดังกล่าว ปัญหาที่นางนุชพบคืออะไร

.....

.....

.....

◆ ถ้านักเรียนจะนำปัญหาดังกล่าวมาทำเป็นโครงงานวิทยาศาสตร์ประเภทการทดลอง นักเรียนจำเป็นต้องศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับอะไรบ้าง

.....

.....

.....

◆ นักเรียนรู้จักสารช่วยย้อมอะไรบ้าง ที่ทำให้สีของผ้าที่ได้จากการย้อมติดทนนาน

.....

.....

.....



### การย้อมสีผ้า

อุปกรณ์ - สารเคมี

- |                                        |                          |
|----------------------------------------|--------------------------|
| 1. ขมิ้น                               | 9. ผ้าขาวบาง             |
| 2. ผ้าฝ้าย                             | 10. เขียง                |
| 3. บีกเกอร์ขนาด 600 ลูกบาศก์เซนติเมตร  | 11. ที่จับหลอดทดลอง      |
| 4. กระบอกตวงขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร | 12. มีด                  |
| 5. แท่งแก้วสำหรับคนสาร                 | 13. ตะเกียงแอลกอฮอล์     |
| 6. เครื่องชั่ง                         | 14. ตะแกรงพร้อมที่กั้นลม |
| 7. ช้อนตักสาร No. 2                    | 15. ครกบดยา              |
| 8. ชันน้ำพลาสติก                       | 16. น้ำกลั่น             |

### สารช่วยย้อม

1. โซเดียมคลอไรด์หรือเกลือแกง ( $\text{NaCl}$ )
2. สารส้ม
3. ปูนขาว

### อุปกรณ์ที่ช่วยทดสอบการติดทนนานของสี

1. ผงซักฟอก
2. เตาไรต์

ชื่อโครงการ.....

จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

.....

.....

.....

สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า

.....

.....

ตัวแปรต้น ได้แก่

.....

.....

ตัวแปรตาม ได้แก่

.....

.....

ตัวแปรควบคุม ได้แก่

.....

.....

.....



เมื่อตั้งสมมติฐานของการศึกษาค้นคว้าแล้ว  
ต่อไปให้นักเรียนช่วยกันออกแบบการทดลอง  
โดยเลือกใช้อุปกรณ์ - สารเคมีที่กำหนดให้ข้างต้น

### การออกแบบการทดลอง

**ตอนที่ 1** ให้นักเรียนออกแบบวิธีการทดลอง เพื่อเปรียบเทียบว่า สีของผ้าที่ได้จากการย้อมจากสีย้อมจากพืชธรรมชาติที่ไม่ได้เติมสารช่วยย้อม กับสีย้อมจากพืชธรรมชาติที่ได้เติมสารช่วยย้อม ดิจทอน แดก ต่างกันจริงหรือไม่

วิธีการทดลอง มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

.....

.....

.....

.....

.....

**ตอนที่ 2** ให้นักเรียนออกแบบวิธีการทดลอง เพื่อให้ทราบว่า สารช่วยย้อมชนิดใดที่ช่วยให้สีติดบนผ้าได้ และนานที่สุด จะมีวิธีการทดสอบการติดทนนานของสีอย่างไร

วิธีการทดลอง มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

.....

.....

.....

.....

.....

### ลงมือทำการทดลอง

ให้นักเรียนลงมือทำตามแผนที่ออกแบบไว้แล้วบันทึกผลการทดลองที่นักเรียนแต่ละกลุ่มเป็นผู้ออกแบบ

### ผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง ตอนที่ 1 ปรากฏผลดังนี้

- จากผลการทดลองที่ปรากฏ ทำให้ทราบว่า (ตามผลการทดลองของนักเรียน)

.....

.....

.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง ตอนที่ 2 ปรากฏผลดังนี้

- จากผลการทดลองที่ปรากฏ ทำให้ทราบว่า (ตามผลการทดลองของนักเรียน) สารใดเป็นสารช่วยย้อมที่ช่วยให้ผ้าติดสีได้ดีและนานที่สุด

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

♦ จากผลการทดลองดังกล่าว นักเรียนควรแนะนำให้หนูข เต็มสารช่วยย้อมอะไรลงไป ในสีย้อมผ้าซึ่งสกัดได้จากพืชธรรมชาติ จึงจะช่วยให้ผ้าติดสีได้ดีและนานที่สุด(ตามผลการทดลองของนักเรียน)

.....

.....

♦ ให้เพื่อนๆ ตอบคำถามต่อไปนี้

- สีที่ได้จากการสกัดสีจากขมิ้น คือ.....
- เมื่อย้อมผ้าฝ้าย ในน้ำมันที่เติม
  - เกลือแกง ได้สี.....
  - สารส้ม ได้สี.....
  - ปูนขาว ได้สี.....

♦ ความรู้ที่ได้จากการคิดทำโครงการนี้ นักเรียนจะนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันอย่างไร

.....

.....

.....

♦ ข้อเสนอแนะ และแนวคิดในการปรับปรุงโครงการนี้

.....

.....

.....

**คำแนะนำในการใช้คู่มือครูประกอบการสอนชุดกิจกรรม  
เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์**

การใช้คู่มือครูประกอบการสอนชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์

มีข้อควรปฏิบัติและทำความเข้าใจดังต่อไปนี้

1. คู่มือครูประกอบการสอนชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนที่นำชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ไปใช้

2. คู่มือครูประกอบการสอนชุดกิจกรรมนี้จะใช้ควบคู่กับชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์

3. คู่มือครูประกอบการสอนชุดกิจกรรม แต่ละชุดประกอบด้วยหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้  
จุดประสงค์การเรียนรู้

กิจกรรมย่อยที่ 1

- จุดประสงค์การทดลอง
- เวลาที่ใช้
- อุปกรณ์และสารเคมี
- การเตรียมตัวล่วงหน้า
- อภิปรายก่อนการทดลอง
- ตัวอย่างผลการทดลอง
- อภิปรายหลังการทดลอง
- แนวการตอบคำถามท้ายการทดลองกิจกรรมย่อยที่ 1

กิจกรรมย่อยที่ 2

- เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม
- แนวการตอบปัญหาจากสถานการณ์
- แนวการตอบคำถามในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์
- แนวการตอบคำถามท้ายการทดลองกิจกรรมย่อยที่ 2

**คู่มือครูประกอบการสอนชุดกิจกรรมที่ 1**  
**เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทพลังงาน**

**จุดประสงค์การเรียนรู้**

1. สามารถใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการนำหลักการทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องพลังงานมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์
  2. สามารถผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักวัสดุเหลือใช้ได้
  3. สามารถสรุปกระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพจากการหมักวัสดุเหลือใช้ได้
  4. บันทึกผลการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการทดลองได้
  5. เปรียบเทียบปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักวัสดุเหลือใช้ต่างชนิดกัน
- ให้ความรู้เกี่ยวกับเรื่อง พลังงาน ก๊าซชีวภาพและก๊าซมีเทน ตามรายละเอียดในใบความรู้ ประมาณ 20 นาที

**กิจกรรมย่อยที่ 1 การผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าแห้งผสมกับมูลไก่**

การทดลองนี้มีจุดมุ่งหมายผลิตก๊าซชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

**จุดประสงค์การทดลอง**

เพื่อทำการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าแห้งผสมกับมูลไก่ และสามารถสรุปกระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพได้

**เวลาที่ใช้ 80 นาที**

|                     |    |      |
|---------------------|----|------|
| อภิปรายก่อนการทดลอง | 10 | นาที |
| ทดลอง               | 50 | นาที |
| อภิปรายหลังการทดลอง | 20 | นาที |

**อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน / กลุ่ม)**

|                                           |     |      |
|-------------------------------------------|-----|------|
| 1. เศษวัสดุเหลือใช้ คือ หญ้าแห้ง          | 160 | กรัม |
| 2. มูลไก่                                 | 10  | กรัม |
| 3. ขวดทดลอง พร้อมสายยาง และกระบอกเก็บก๊าซ | 1   | ชุด  |
| 4. กะละมัง                                | 1   | ใบ   |
| 5. แท่งแก้วคน                             | 1   | อัน  |
| 6. ใบมีด                                  | 1   | อัน  |
| 7. เขียง                                  | 1   | อัน  |
| 8. ข้อนัดกสาร                             | 1   | อัน  |
| 9. กระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร            | 1   | อัน  |

10. ขาตั้งที่จับหลอดทดลอง

1

ชุด

11. เครื่องชั่ง

### การเตรียมตัวล่วงหน้า

ครูให้นักเรียนเตรียมหย้าแห้ง ส่วนครูจะเป็นผู้เตรียมมูลไก่

### อภิปรายก่อนการทดลอง

ครูแนะนำนักเรียนในหัวข้อต่อไปนี้

1. เวลาใช้ใบมีดควรระมัดระวังจะทำให้มีดบาดมือได้
2. อธิบายวิธีใช้อุปกรณ์ในการทดลอง
3. การบันทึกผลการทดลอง
4. การสรุปผลการทดลอง เป็นการอธิบายผลการทดลองให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้นับที่กไว้

### ตัวอย่างผลการทดลอง

| ชนิดของวัสดุ      | ปริมาณก๊าซชีวภาพ (ลูกบาศก์เซนติเมตร) |            |      |        |
|-------------------|--------------------------------------|------------|------|--------|
|                   | ครั้งที่ 1                           | ครั้งที่ 2 | รวม  | เฉลี่ย |
| หย้าแห้งกับมูลไก่ | 15.0                                 | 32.0       | 47.0 | 23.5   |

### อภิปรายหลังการทดลอง

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผล เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปดังนี้

จากตารางบันทึกผลการทดลองจะเห็นได้ว่า การหมักหย้าแห้งผสมกับมูลไก่ ในครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 จะได้ปริมาณก๊าซชีวภาพเท่ากับ 15.0 , 32.0 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย แล้วการหมักหย้าแห้งผสมกับมูลไก่จะได้ปริมาณก๊าซชีวภาพเท่ากับ 23.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

หมายเหตุ ค่าปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้ อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้บ้างเล็กน้อย

### แนวการตอบคำถามท้ายการทดลอง กิจกรรมย่อยที่ 1

1. นักเรียนสามารถสรุปกระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพได้อย่างไร

ประกอบด้วยขั้นตอนการย่อยสลาย 3 ขั้นตอน

1. สารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ เช่น ไขมัน เซลลูโลสและโปรตีน จะถูกย่อยสลายให้มีโมเลกุลเล็ก ลง ได้แก่รีเซอร์อล กลูโคส และกรดอะมิโน โดยแบคทีเรียย่อยสลายไขมัน แบคทีเรียย่อยสลายเซลลูโลส และแบคทีเรียย่อยสลายโปรตีน

2. แบคทีเรียผลิตกรด จะย่อยสลายสารอินทรีย์โมเลกุลเล็กที่ละลายน้ำให้เป็นกรดอินทรีย์ ซึ่งส่วนใหญ่จะได้กรดน้ำส้ม

3. แบคทีเรียผลิตก๊าซมีเทน จะย่อยสลายกรดอินทรีย์ให้เป็นก๊าซมีเทน

**กิจกรรมย่อยที่ 2** การเปรียบเทียบปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักวัสดุเหลือใช้ต่างชนิดกัน

การทดลองนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะให้นักเรียนได้นำความรู้จากการทำกิจกรรมย่อยที่ 1 นำมาเป็นแนวทางในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ต่อไป โดยมีการกำหนดสถานการณ์ และอุปกรณ์ให้ โดยก่อนการปฏิบัติการทดลองให้นักเรียนอ่านคำชี้แจงก่อนเสมอ

**เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม** 100 นาที

**แนวการตอบปัญหาจากสถานการณ์**

⊗ จากสถานการณ์ดังกล่าว ปัญหาที่studentต้องการศึกษาคืออะไร

การผลิตก๊าซชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เพื่อให้ทราบปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดจากวัสดุต่างชนิดกันซึ่งได้แก่ เปลือกผลไม้ และเศษผัก

⊗ ถ้านักเรียนจะนำปัญหาดังกล่าวมาทำเป็นโครงงานวิทยาศาสตร์ประเภทการทดลอง นักเรียนจำเป็นต้องศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับอะไรบ้าง

ความหมายของก๊าซชีวภาพ , กระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพ , ส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพ , ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ , ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับก๊าซมีเทน , คุณสมบัติของก๊าซมีเทน

⊗ ปริมาณก๊าซที่เกิดจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยอะไรบ้าง

อุณหภูมิ , ระยะเวลาในการหมัก , อากาศ , ชนิดของแบคทีเรีย , อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสม pH ที่เหมาะสม ปริมาณของแข็งที่เหมาะสม

**แนวการตอบคำถามในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์**

● ชื่อโครงงาน การศึกษาปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักวัสดุเหลือใช้

● จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อนำวัสดุจากผลิตผลที่เหลือทิ้งจากการเกษตรมาผลิตก๊าซชีวภาพ
2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักเปลือกผลไม้ และเศษผักกับมูลไก่
3. เพื่อฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

● สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า

1. เปลือกผลไม้หมักรวมกับมูลไก่ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพมากกว่า เศษผักหมักรวมกับมูลไก่
2. เปลือกผลไม้หมักรวมกับมูลไก่ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพน้อยกว่า เศษผักหมักรวมกับมูลไก่

● ตัวแปรต้น ได้แก่ ชนิดของวัสดุที่ใช้หมัก (เปลือกผลไม้รวมกับมูลไก่ , เศษผักรวมกับมูลไก่)

● ตัวแปรตาม ได้แก่ ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น

● ตัวแปรที่ต้องควบคุม ได้แก่

1. ปริมาณของเศษวัสดุ
2. ชนิดของมูลสัตว์
3. ปริมาณของมูลสัตว์
4. ระยะเวลาในการหมัก
5. อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม
6. สถานที่ทดลอง
7. ปริมาณน้ำ
8. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

● การออกแบบการทดลอง

วิธีการทดลอง มีขั้นตอนดังต่อไปนี้ คือ

1. นำเปลือกผลไม้รวม (กล้วย , มะละกอ , แดงโม) มาหั่นให้ละเอียดเป็นชิ้นเล็กๆ
2. ผสมเปลือกผลไม้ที่หั่นแล้วกับมูลไก่และน้ำในอัตราส่วน 160 กรัม : 10 กรัม : 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ
3. คลุกเคล้าส่วนผสมดังกล่าวในข้อ 2 ให้เข้ากันดี แล้วบรรจุส่วนผสมลงในขวดปากกว้างที่เตรียมไว้
4. ปิดภาชนะซึ่งที่ฝาขวดมีท่อนำก๊าซเสียอยู่ต่อสายยางไปยังขวดน้ำปูนใส และผ่านจากน้ำปูนใสไปยังกระบอกเก็บก๊าซโดยการแทนที่น้ำ
5. ตั้งภาชนะทิ้งไว้ 2 – 3 วัน ณ อุณหภูมิห้อง
6. ทำการทดลองตั้งแต่ข้อ 1 – 5 แต่เปลี่ยนจากเปลือกผลไม้เป็นเศษผัก
7. อ่านปริมาตรก๊าซที่เก็บได้ในกระบอกเก็บก๊าซ บันทึกผล

● ผลการทดลอง

แสดงปริมาณก๊าซชีวภาพที่เก็บได้จากวัสดุเหลือใช้แต่ละชนิด

| ชนิดของวัสดุ         | ปริมาณก๊าซชีวภาพ (ลูกบาศก์เซนติเมตร) |            |       |        |
|----------------------|--------------------------------------|------------|-------|--------|
|                      | ครั้งที่ 1                           | ครั้งที่ 2 | รวม   | เฉลี่ย |
| เปลือกผลไม้กับมูลไก่ | 137.0                                | 122.0      | 259.0 | 129.5  |
| เศษผักกับมูลไก่      | 70.0                                 | 65.0       | 135.0 | 67.5   |

● สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ปรากฏ สามารถสรุปได้ว่า การหมักเปลือกผลไม้ผสมกับมูลไก่จะให้ปริมาณก๊าซชีวภาพมากกว่าการหมักเศษผักผสมกับมูลไก่ คือ มีค่าเท่ากับ 129.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร และ 67.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ

## แนวการตอบคำถามท้ายการทดลองกิจกรรมย่อยที่ 2

⊗ จากการปฏิบัติการทดลอง ทำให้ทราบว่าวัสดุเหลือใช้ชนิดใดให้ปริมาณก๊าซชีวภาพได้มากกว่ากัน  
เลือกผลไม้หมักรวมกับมูลไก่ ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพมากกว่าเศษผักหมักรวมกับมูลไก่

⊗ ความรู้ที่ได้จากการคิดทำโครงการนี้ นักเรียนจะนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันอย่างไร

หาวิธีการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร โดยนำมาผลิตก๊าซชีวภาพที่ทุกครัวเรือนสามารถผลิตขึ้นใช้เองซึ่งผลการทดลองที่ได้จากการคิดทำโครงการนี้เป็นความรู้พื้นฐานที่สามารถนำไปปรับปรุงให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพสูงขึ้น และนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่ให้ประชาชนที่มีความสนใจในเรื่องนี้ทราบได้

⊗ ข้อเสนอแนะและแนวคิดในการปรับปรุงโครงการนี้

1. ก๊าซที่เกิดจากการหมักเลือกผลไม้และมูลสัตว์ จะมีทั้งก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นเพื่อให้ได้ก๊าซมีเทนบริสุทธิ์มากขึ้น จึงควรผ่านก๊าซที่ได้ลงในน้ำปูนใส  $\text{Ca(OH)}_2$  เมื่อผ่านแล้วก๊าซที่เหลือจะได้ก๊าซมีเทนบริสุทธิ์ขึ้น แต่ผลการทดลองจะช้ากว่าไม่ผ่าน

2. ถ้าได้มีก๊าซเขย่าขวดทดลอง จะเกิดก๊าซชีวภาพเร็วขึ้น

3. เลือกใช้ภาชนะที่มีขนาดพอเหมาะกับปริมาณของวัตถุดิบ มีความคงทนต่อแรงดัน

4. ควรมีการป้องกัน การรั่วไหลของก๊าซที่จะเกิดขึ้นบริเวณฝาขวดและรอยต่อของหลอดแก้วและสายยาง

5. ก๊าซชีวภาพอาจหมักจากอินทรีย์วัตถุอื่น ๆ ได้ โดยนำวัสดุเหลือใช้ที่มีอยู่หรือหาง่ายมาหมัก โดยใช้การศึกษาทดลองครั้งนี้เป็นแนวทาง

**คู่มือครูประกอบการสอนชุดกิจกรรมที่ 2**  
**เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทวัสดุเหลือใช้**

**จุดประสงค์การเรียนรู้**

1. สามารถใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ เกี่ยวกับการนำวัสดุเหลือใช้มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์
2. สามารถบอกวิธีการทำเชื้อเพลิงแห้งจากเศษพืชสดได้
3. บอกประโยชน์ของการใช้เศษพืชสดและวัชพืชมาประดิษฐ์เชื้อเพลิงได้
4. บันทึกผลการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการทดลองได้

ให้ความรู้เกี่ยวกับเรื่อง แ่งเชื้อเพลิงเขียวและคุณสมบัติของแ่งเชื้อเพลิงเขียว ตามรายละเอียดในใบความรู้ ประมาณ 20 นาที

**กิจกรรมย่อยที่ 1 การทำเชื้อเพลิงเขียว**

การทดลองนี้มีจุดมุ่งหมายผลิตเชื้อเพลิงแห้งจากเศษพืชสด

**จุดประสงค์การทดลอง**

1. เพื่อทำการผลิตเชื้อเพลิงแห้งจากผักตบชวา
2. บอกประโยชน์ของการใช้เศษพืชสดและวัชพืชมาประดิษฐ์เป็นเชื้อเพลิงได้
3. เพื่อเปรียบเทียบปฏิกิริยาการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเขียวที่ใช้ระยะเวลาในการให้ความร้อน

ต่างกัน

เวลาที่ใช้ 80 นาที

|                     |    |      |
|---------------------|----|------|
| อภิปรายก่อนการทดลอง | 10 | นาที |
| ทดลอง               | 50 | นาที |
| อภิปรายหลังการทดลอง | 20 | นาที |

**อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน / กลุ่ม)**

|                                                             |     |      |
|-------------------------------------------------------------|-----|------|
| 1. ผักตบชวา                                                 | 200 | กรัม |
| 2. ท่อ พี.วี.ซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 – 3 เซนติเมตร        |     |      |
| ยาว 15 – 20 เซนติเมตร                                       | 1   | แท่ง |
| 3. แท่งเหล็กที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.5 – 2.5 เซนติเมตร |     |      |
| ยาว 20 -25 เซนติเมตร                                        | 1   | แท่ง |
| 4. มีดสับ                                                   | 1   | เล่ม |
| 5. เขียงไม้                                                 | 1   | แผ่น |
| 6. เตาอั้งโล่ (ขนาดเล็ก)                                    | 1   | ใบ   |
| 7. กาวแป้งเปียก                                             |     |      |

### การเตรียมตัวล่วงหน้า

1. ครูให้นักเรียนเป็นผู้เตรียมผักตบชวา
2. ครูเตรียมกาบแปงเปียกไว้ล่วงหน้า

### อภิปรายก่อนการทดลอง

ครูแนะนำนักเรียนในหัวข้อต่อไปนี้

1. ควรกระทำทั้งแห้งและด้วยความระมัดระวังเพราะจะทำให้แห้งหักตำมือได้
2. อธิบายวิธีใช้อุปกรณ์ในการทดลอง
3. การบันทึกผลการทดลอง
4. การสรุปผลการทดลอง เป็นการอธิบายผลการทดลองให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้นับที่ไว้

### ตัวอย่างผลการทดลอง

| เชื้อเพลิงเขียว          | ผลจากการสังเกตปฏิกิริยาขณะเผาไหม้                       |
|--------------------------|---------------------------------------------------------|
| เชื้อเพลิงเขียวแห้งที่ 1 | ระยะเวลาในการเผาไหม้น้อย มีควันมาก                      |
| เชื้อเพลิงเขียวแห้งที่ 2 | ระยะเวลาในการเผาไหม้นานกว่าและมีควันไฟน้อยกว่าแห้งที่ 1 |

### อภิปรายหลังการทดลอง

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปดังนี้

แห้งเชื้อเพลิงเขียวแห้งที่ 1 ระยะเวลาในการตากแดดน้อยกว่าแห้งเชื้อเพลิงเขียวแห้งที่ 2 จึงมีความชื้นมากกว่า ทำให้เมื่อเกิดการเผาไหม้ ระยะเวลาในการเผาไหม้น้อยกว่าและมีควันไฟมากกว่า ดังนั้นก่อนจะนำแห้งเชื้อเพลิงเขียวไปใช้ควรจะทำให้แห้งเสียก่อน วิธีที่ประหยัดที่สุด คือ การตากแดดโดยตรง

### แนวการตอบคำถามท้ายการทดลอง กิจกรรมที่ 1

1. การนำเศษพืชสด และวัชพืชมาประดิษฐ์เป็นก้อนเชื้อเพลิง นักเรียนคิดว่าก่อให้เกิดประโยชน์อย่างไร  
สามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนอีกแบบหนึ่งที่มนุษย์จำเป็นต้องใช้ และสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทน ฟืน ถ่านไม้ และก๊าซ ที่ได้จากทรัพยากรธรรมชาติที่นับวันจะลดน้อยลงและมีโอกาสหมดไป นอกจากนี้ยังเป็นการช่วยบรรเทาในเรื่องการตัดไม้ทำลายป่าลงได้

**กิจกรรมย่อยที่ 2** การศึกษาคุณสมบัติของแห้งเชื้อเพลิงเขียวจากผักตบชวาผสมผงถ่านที่มีอัตราส่วนผสมแตกต่างกัน

การทดลองนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะให้นักเรียนได้นำความรู้จากการทำกิจกรรมย่อยที่ 1 นำมาเป็นแนวทางในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ต่อไป โดยมีการกำหนดสถานการณ์ และอุปกรณ์ให้ โดยก่อนการปฏิบัติการทดลองให้นักเรียนอ่านคำชี้แจงก่อนเสมอ

เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม 100 นาที

### แนวทางการตอบปัญหาจากสถานการณ์

☼ จากสถานการณ์ดังกล่าว ปัญหาที่ต้องการศึกษาคืออะไร

ศึกษาวิธีการอัดแท่งเชื้อเพลิงเขียว และอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดของผักตบชวาและผงถ่านที่นำมาทำแท่งเชื้อเพลิงเขียว

☼ ถ้านักเรียนจะนำปัญหาดังกล่าวมาทำเป็นโครงงานวิทยาศาสตร์ประเภทการทดลอง นักเรียนจำเป็นต้องศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับอะไรบ้าง

ความหมายของเชื้อเพลิงเขียว , ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับผักตบชวาและถ่าน , การอัดแท่งเชื้อเพลิงเขียว , คุณสมบัติของเชื้อเพลิงเขียว , พลังงานที่ได้จากเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ

☼ คุณสมบัติของแท่งเชื้อเพลิงเขียว เป็นอย่างไร

มีลักษณะคล้ายปิ่น มีค่าความร้อนต่ำกว่าถ่านมาก เวลาจุดมีควัน เชื้อเพลิงเขียวที่ทำจากเศษพืชเป็นเชื้อเพลิงเขียวที่มีคุณภาพดีหากผสมผงถ่านที่เหลือทิ้ง จะช่วยทำให้มีคุณภาพสูงขึ้น และมีประสิทธิภาพไม่แพ้ถ่าน

### แนวการตอบคำถามในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์

● ชื่อโครงงาน การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากผักตบชวา และผักตบชวาผสมผงถ่าน

● จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อศึกษาวิธีการอัดแท่งเชื้อเพลิงเขียวจากผักตบชวาและผักตบชวาผสมผงถ่านที่มีอัตราส่วนแตกต่างกัน

2. เพื่อศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของผักตบชวาผสมผงถ่านที่ควรส่งเสริมให้ผลิตทดแทนฟืนและถ่าน

● สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า

1. อัตราส่วนระหว่างผักตบชวาผสมผงถ่าน 1:4 มีคุณภาพดีกว่า 4:1

2. อัตราส่วนระหว่างผักตบชวาผสมผงถ่าน 4:1 มีคุณภาพดีกว่า 1:4

● ตัวแปรต้น ได้แก่

อัตราส่วนระหว่างผักตบชวากับผงถ่าน

● ตัวแปรตาม ได้แก่

คุณภาพของเชื้อเพลิง หมายถึง การจุดติดไฟ ลักษณะเถ้า ลักษณะควันไฟ ระยะเวลาในการเผาไหม้

● ตัวแปรที่ต้องควบคุม ได้แก่

1. มวลของเชื้อเพลิง
2. ชนิดและขนาดของภาชนะ
3. มวลน้ำ
4. เทอร์โมมิเตอร์
5. ขนาดของเตาหุงต้มอาหาร
6. ระยะห่างจากกันภาชนะถึงตำแหน่งของก้อนเชื้อเพลิง

● การออกแบบการทดลอง

วิธีการทดลอง มีขั้นตอนดังต่อไปนี้คือ

1. นำผักตบชวาสดที่มีทั้งใบและลำต้นมาสับให้ละเอียดแล้วนำไปตากแดด
2. นำผักตบชวาส่วนที่แห้งแล้ว ผสมกับกาวแป้งเปียก ในอัตราส่วน 50 กรัม : 20 กรัม
3. นำผักตบชวาที่แห้งแล้วผสมรวมกับผงถ่านและกาวแป้งเปียก ในอัตราส่วน 40 กรัม : 100 กรัม : 20 กรัม ตามลำดับ
4. นำผักตบชวาที่แห้งแล้วผสมรวมกับผงถ่านและกาวแป้งเปียก ในอัตราส่วน 10 กรัม : 40 กรัม : 20 กรัม ตามลำดับ
5. นำส่วนผสมที่ได้จากข้อ 2, 3 และ 4 ใส่ท่อพี.วี.ซี. ต่ำหรือกระทุ้งด้วยแท่งเหล็กประมาณ 20 ครั้ง แล้วใช้ตะเกียบเสียบตรงกลางท่อพี.วี.ซี. หลังจากนั้นคว่ำท่อพี.วี.ซี. ใช้แท่งเหล็กกระทุ้งแท่งเชื้อเพลิงออกมา
6. นำเชื้อเพลิงทั้ง 3 แท่ง มาตรวจสอบคุณภาพโดยดูลักษณะการจุดติดไฟ ลักษณะเถ้า ลักษณะควันไฟ และระยะเวลาในการเผาไหม้

● ผลการทดลอง

แสดงอัตราส่วนของเชื้อเพลิงและคุณภาพของเชื้อเพลิง

| อัตราส่วนผสม(กรัม) |        |           | การจุดติดไฟ | ลักษณะเถ้า        | ลักษณะ<br>ควันไฟ | ระยะเวลาในการ<br>เผาไหม้(นาที) |
|--------------------|--------|-----------|-------------|-------------------|------------------|--------------------------------|
| ผักตบชวา           | ผงถ่าน | แป้งเปียก |             |                   |                  |                                |
| 50                 | 0      | 20        | ดีมาก       | ร่วนมากทั้งหมด    | มาก              | 2.10                           |
| 40                 | 10     | 20        | ดี          | คงรูปร่วนเล็กน้อย | ปานกลาง          | 3.40                           |
| 30                 | 20     | 20        | ยาก         | คงรูปร่วนเล็กน้อย | ปานกลาง          | 3.42                           |
| 20                 | 30     | 20        | ยาก         | คงรูปร่วนเล็กน้อย | ปานกลาง          | 3.55                           |
| 10                 | 40     | 20        | ยาก         | คงรูป             | น้อย             | 4.00                           |

● สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ปรากฏสามารถสรุปได้ว่า ผักตบชวาส่วน 50 : 0 การจุดติดไฟจะดีมาก ลักษณะเถ้าจะร่วนทั้งหมด แต่จะมีควันไฟมาก และใช้ระยะเวลาในการเผาไหม้น้อย ซึ่งจะมีลักษณะตรงกันข้ามตามสัดส่วนของผักตบชวาที่ลดลง และผงถ่านที่เพิ่มขึ้น ดังจะเห็นได้จากอัตราส่วนผสมของผักตบชวา : ผงถ่านที่ 10 : 40 การจุดติดไฟจะยาก ลักษณะเถ้าจะคงรูป แต่มีควันไฟน้อย และระยะเวลาในการเผาไหม้นาน

## แนวการตอบคำถามท้ายการทดลองกิจกรรมย่อยที่ 2

☸ จากผลการทดลองของนักเรียน นักเรียนควรใช้อัตราส่วนผสมระหว่างผักตบชวากับผงถ่านเท่าใด ที่ควรส่งเสริมให้ผลิตทดแทนปิ่นและถ่านมากที่สุด เพราะเหตุใด

40 : 10 เพราะมีข้อดี คือ การจุดติดไฟง่าย ปริมาณถ่านน้อยกว่าอัตราส่วนผสมที่มีผงถ่านผสมอยู่มากมีควันไฟค่อนข้างน้อย ระยะเวลาในการเผาไหม้ใกล้เคียงกับอัตราส่วนผสมระหว่างผักตบชวาผสมผงถ่านที่ 10 : 40

☸ ความรู้ที่ได้จากการจัดทำโครงงานนี้ นักเรียนจะนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันอย่างไร

1. นำไปผลิตเชื้อเพลิงชีว เพื่อใช้ในครัวเรือน และใช้ประกอบอาชีพ
2. ใช้ในการกำจัดทรัพยากรที่เหลือใช้อย่างมีประสิทธิภาพ

☸ ข้อเสนอแนะและแนวคิดในการปรับปรุงโครงงานนี้

(ตามความคิดเห็นของนักเรียน)

**คู่มือครูประกอบการสอนชุดกิจกรรมที่ 3**  
**เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภททรัพยากรในห้องถิ่น**

**จุดประสงค์การเรียนรู้**

1. สามารถใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการนำทรัพยากรในห้องถิ่นมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์
  2. สามารถสกัดสีจากพืชธรรมชาติ และย้อมสีธรรมชาติจากพืชได้
  3. บันทึกผลการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการทดลองได้
  4. เปรียบเทียบการย้อมผ้าระหว่างผ้าที่ย้อมจากสีผสมและไม่ผสมสารช่วยย้อม
- ให้ความรู้เกี่ยวกับเรื่อง การสกัดสีจากพืชธรรมชาติ และสารช่วยย้อมตามรายละเอียดในใบความรู้ ประมาณ 20 นาที

**กิจกรรมย่อยที่ 1 การสกัดสีจากพืชธรรมชาติ**

การทดลองนี้มีจุดมุ่งหมายสกัดสีจากพืชธรรมชาติที่มีอยู่ในท้องถิ่น

**จุดประสงค์การทดลอง**

เพื่อสกัดสีจากใบหูกวางและนำสีที่ได้มาย้อมผ้า

**เวลาที่ใช้ 80 นาที**

|                     |    |      |
|---------------------|----|------|
| อภิปรายก่อนการทดลอง | 10 | นาที |
| ทดลอง               | 50 | นาที |
| อภิปรายหลังการทดลอง | 20 | นาที |

**อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน / กลุ่ม)**

|                                       |    |                   |
|---------------------------------------|----|-------------------|
| 1. ผ้าฝ้ายขนาด 8 X 8 เซนติเมตร        | 1  | ผืน               |
| 2. ใบหูกวาง                           | 5  | ใบ                |
| 3. น้ำ                                | 90 | ลูกบาศก์เซนติเมตร |
| 4. บีกเกอร์ขนาด 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร | 1  | ใบ                |
| 5. ตะเกียงแอลกอฮอล์พร้อมที่กั้นลม     | 1  | ชุด               |
| 6. ชันน้ำ                             | 1  | ใบ                |
| 7. ใบมีด                              | 1  | อัน               |
| 8. ผ้าขาวบาง                          | 1  | ผืน               |
| 9. ครกบดยา                            | 1  | ชุด               |
| 10. เขียง                             | 1  | อัน               |

### การเตรียมตัวล่วงหน้า

1. ให้นักเรียนเตรียมใบหูกวางมาล่วงหน้าก่อนทำการทดลอง
2. ครูควรให้นักเรียนเตรียมผ้ากันเปื้อนมาให้เรียบร้อย เพื่อป้องกันสีที่สีกัดได้เลอะเทอะเสื้อผ้า

### อภิปรายก่อนการทดลอง

ครูแนะนำนักเรียนในหัวข้อต่อไปนี้

1. เตือนนักเรียนในเรื่องการตำใบหูกวาง ควรทำด้วยความระมัดระวัง เพราะสีที่สีกัดได้อาจติดเสื้อผ้าได้
2. อธิบายวิธีใช้อุปกรณ์ในการทดลอง
3. การบันทึกผลการทดลอง
4. การสรุปผลการทดลอง เป็นการอธิบายผลการทดลองให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้นบันทึกไว้

### ตัวอย่างผลการทดลอง

| ชนิดของสีย้อม     | ลักษณะสีของผ้าฝ้าย |
|-------------------|--------------------|
| สีย้อมจากใบหูกวาง | สีเขียว            |

### อภิปรายหลังการทดลอง

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผล เพื่อนำไปสู่ข้อสรุป ดังนี้

การต้มจะใช้กับใบไม้ทั่วไป โดยการนำวัตถุดิบมาสับหรือตำให้ละเอียด จากนั้นนำไปต้มน้ำให้เดือดเพื่อสกัดสีออกมา ดังเช่นผ้าฝ้ายที่ชุบติดสีเขียวที่ได้จากสีที่สกัดจากใบหูกวาง

### แนวการตอบคำถามท้ายการทดลองกิจกรรมย่อยที่ 1

1. นักเรียนรู้สึกประทับใจกับการย้อมผ้าด้วยสีจากใบหูกวางของคนไทยสมัยก่อนหรือไม่อย่างไร (ตามความเข้าใจของนักเรียน)
2. นักเรียนคิดที่จะนำวิธีการย้อมผ้าด้วยสีจากใบหูกวางไปทดลองทำต่ออีกหรือไม่ เพราะเหตุใด (ตามความเข้าใจของนักเรียน)
3. วิธีการย้อมผ้าด้วยสีจากใบหูกวางของคนไทยสมัยก่อนมีข้อดีข้อเสียอย่างไร และนักเรียนจะมีวิธีการเพื่อให้ผู้อื่นทราบถึงข้อดี และหาวิธีแก้ไขในเรื่องของข้อเสียได้อย่างไร (ตามความเข้าใจของนักเรียน)

**กิจกรรมย่อยที่ 2** การค้นหาวิธีสกัดสีจากพืชธรรมชาติและหาสารช่วยย้อมสีที่สามารถทำให้สีติดบนผ้าได้นาน

การทดลองนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะให้นักเรียนได้นำความรู้จากการทำกิจกรรมย่อยที่ 1 นำมาเป็นแนวทางในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ต่อไป โดยมีการกำหนดสถานการณ์และอุปกรณ์ให้ โดยก่อนการปฏิบัติการทดลองให้นักเรียนอ่านคำชี้แจงก่อนเสมอ

**เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม 100 นาที**

**แนวการตอบปัญหาจากสถานการณ์**

☼ จากสถานการณ์ดังกล่าว ปัญหาที่นงนุชพบคืออะไร

คุณแม่ของนงนุชใช้สีย้อมสังเคราะห์ย้อมผ้า ซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย และเกิดสารพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อมจึงต้องการค้นหาวิธีสกัดสีจากพืชธรรมชาติ และหาสารช่วยย้อมที่สามารถทำให้สีติดบนผ้าได้นาน

☼ ถ้านักเรียนจะนำปัญหาดังกล่าวมาทำเป็นโครงงานวิทยาศาสตร์ประเภทการทดลอง นักเรียนจำเป็นต้องศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับอะไรบ้าง

ความหมายของสีย้อมธรรมชาติ , ประเภทของสีย้อมผ้า , สีย้อมจากพืชต่าง ๆ , ชนิดของผ้าประเภทต่าง ๆ สารธรรมชาติที่ใช้ในการผสมสีย้อมผ้าจากธรรมชาติ

☼ นักเรียนรู้จักสารช่วยย้อมผ้าอะไรบ้าง ที่ทำให้สีของผ้าที่ได้จากการย้อมติดทนนาน

ปูนขาว , โซเดียมคลอไรด์หรือเกลือแกง , สารส้ม , น้ำมะนาว , ยางกล้วย

**แนวการตอบคำถามในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์**

● ชื่อโครงงาน ประสิทธิภาพของสารช่วยย้อม

● จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อศึกษาวิธีการสกัดสีจากพืชธรรมชาติ
2. เพื่อเปรียบเทียบการย้อมผ้า ระหว่างผ้าที่ย้อมจากสีผสม และไม่ผสมสารช่วยย้อม
3. เพื่อค้นคว้าหาสารช่วยย้อมที่เหมาะสม
4. เพื่อฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

● สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า

1. เกลือแกงน่าจะเป็นสารช่วยย้อมที่มีประสิทธิภาพในการช่วยให้สีของผ้าที่ได้จากการย้อมติดทนนาน คงทนต่อการซัก และรีดได้ดี

2. สารสัมน่าจะเป็นสารช่วยย้อมที่มีประสิทธิภาพในการช่วยให้สีของผ้าที่ได้จากการย้อมติดทนนาน คงทนต่อการซัก และรีดได้ดี

3. ปูนขาวจะเป็นสารช่วยย้อมที่มีประสิทธิภาพในการช่วยให้สีของผ้าที่ได้จากการย้อมติดนาน คงทนต่อการซัก และรีดได้ดี

● **ตัวแปรต้น** ได้แก่ ชนิดของสารช่วยย้อม ได้แก่ ปูนขาว เกลือแกง และสารส้ม

● **ตัวแปรตาม** ได้แก่ ตอนที่ 1 สีของผ้าในน้ำหมักที่ใส่ และไม่ใส่สารช่วยย้อม  
ตอนที่ 2 ความคงทนของสีของผ้าต่อการซัก หรือรีด

● **ตัวแปรที่ต้องควบคุม** ได้แก่

1. ปริมาณของพืชที่ใช้ในการสกัดสีจากพืช
2. ปริมาณของน้ำที่ใช้ในการสกัดสีจากพืช
3. ชนิดของผ้าที่จะใช้ในการย้อมสีผ้า
4. ขนาดของผ้าที่จะทำการย้อมสี
5. ปริมาณของสีที่สกัดได้ที่จะใช้ในการทดสอบ
6. ปริมาณของสารช่วยย้อมที่เติมลงไปในส่วนที่สกัดได้
7. อุณหภูมิของเตารีด ที่ใช้รีดผ้า
8. ปริมาณของผงซักฟอกที่เติมลงไปในการซัก ซึ่งมีจำนวนเท่ากัน

● **การออกแบบการทดลอง**

**ตอนที่ 1** วิธีการทดลอง มีขั้นตอนดังต่อไปนี้ คือ

1. นำสีย้อมที่สกัดได้จากขมิ้น เทลงในชั้นพลาสติกจำนวน 4 ใบ ใบละ 200 ลูกบาศก์ เซนติเมตร
2. เติมเกลือแกงจำนวน 10 กรัม ลงไปในชั้นพลาสติกใบที่ 2 เติมสารส้มจำนวน 10 กรัม ลงไปในชั้นพลาสติกใบที่ 3 และเติมปูนขาวจำนวน 10 กรัม ลงในชั้นพลาสติกใบที่ 4 คนให้ละลาย
3. ตัดผ้าฝ้ายให้มีขนาด 10 X 12 เซนติเมตร จำนวน 12 ชิ้น
4. นำผ้าฝ้ายลงย้อมในชั้นพลาสติกแต่ละใบ ใช้นาน 5 นาที นำออกผึ่งแดดให้แห้ง ให้สังเกตสีย้อมที่ได้ และบันทึกผล

**ตอนที่ 2** วิธีการทดลอง มีขั้นตอนดังต่อไปนี้ คือ

1. ทดสอบโดยการซัก มีวิธีทดสอบดังนี้
  - 1.1 เติมน้ำลงในชั้นพลาสติก 4 ใบ ใบละ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร
  - 1.2 เติมผงซักฟอกปริมาณ 5 กรัม ลงในชั้นพลาสติกใบที่ 1 ตีให้ผงซักฟอกละลาย
  - 1.3 นำผ้าฝ้ายที่ได้จากการย้อมในชั้นที่เติมเกลือแกง เป็นสารช่วยย้อมจำนวน 1 ชิ้น จากตอนที่ 1 ลงซักเป็นเวลา 1 นาที บิดผ้าแล้วล้างฟองของผงซักฟอกในชั้นน้ำ 3 ใบที่เหลือสังเกตสีของผ้า เปรียบเทียบกับสีของผ้าก่อนซักจากตอนที่ 1 บันทึกผล
  - 1.4 ทำตามวิธีในข้อที่ 1.1 – 1.3 แต่เปลี่ยนเป็นผ้าฝ้ายที่ย้อมในสีที่เติมสารส้ม และ ปูนขาวเป็นสารช่วยย้อม

## 2. ทดสอบโดยการรีด มีวิธีการทดสอบดังนี้

2.1 ปรับอุณหภูมิของเตารีดให้คงที่ที่อุณหภูมิหนึ่ง

2.2 นำผ้าฝ้ายในสารช่วยย้อมแต่ละชนิด จากตอนที่ 1 มารีดเป็นเวลา 2 นาที เปรียบเทียบสีของผ้าที่ได้กับสีก่อนรีด แล้วบันทึกผล

### ● ผลการทดลอง

#### ตอนที่ 1

แสดงสีของผ้าฝ้ายที่ได้จากการย้อมสีจากพืชธรรมชาติ ที่เติมสารช่วยย้อมชนิดต่างๆ

| สีที่ได้จากขมิ้นผสมสารช่วยย้อม | ลักษณะสีที่ได้หลังจากเติมสารช่วยย้อม |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| สีเหลืองผสมกับเกลือแดง         | สีเหลือง                             |
| สีเหลืองผสมกับสารส้ม           | สีเหลืองเข้ม                         |
| สีเหลืองผสมกับปูนขาว           | สีส้มแดง                             |

### ● สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ปรากฏสามารถสรุปได้ว่า สีเหลืองของขมิ้นซึ่งเป็นสีจากพืชธรรมชาติที่ได้จากการผสมกับปูนขาวมีสีเข้มที่สุดจะได้สีส้มแดง รองลงมาคือสีของขมิ้นที่ได้จากการผสมกับสารส้ม จะได้สีเหลืองเข้ม ส่วนสีของขมิ้นที่ได้จากการผสมกับเกลือแดงจะได้สีเหลือง ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับสีของผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้นแต่ยังไม่ได้ผสมสารช่วยย้อม

#### ตอนที่ 2

แสดงการทดสอบประสิทธิภาพของสารช่วยย้อมที่ทำให้สีย้อมผ้าติดได้ทนนานด้วยการซักและรีด

| สารช่วยย้อม | สีที่ได้จากขมิ้นผสมสารช่วยย้อม | การทดสอบประสิทธิภาพ |              |            |            |               |            |
|-------------|--------------------------------|---------------------|--------------|------------|------------|---------------|------------|
|             |                                | การซัก              |              |            | การรีด     |               |            |
|             |                                | ครั้งที่ 1          | ครั้งที่ 2   | ครั้งที่ 3 | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2    | ครั้งที่ 3 |
| เกลือแดง    | สีเหลือง                       | สีตก                | สีตกเล็กน้อย | สีตกมาก    | สีจาง      | สีจางเล็กน้อย | สีจางมาก   |
| สารส้ม      | สีเหลืองเข้ม                   | สีตก                | สีตกมาก      | สีตกมาก    | สีจาง      | สีจางมาก      | สีจางมาก   |
| ปูนขาว      | สีส้มแดง                       | สีไม่ตก             | สีไม่ตก      | สีไม่ตก    | สีไม่จาง   | สีไม่จาง      | สีไม่จาง   |

### ● สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ปรากฏสามารถสรุปได้ว่า ปูนขาวเป็นสารช่วยย้อมที่ทำให้สีย้อมผ้าติดได้ทนนานที่สุด รองลงมาคือเกลือแดง และสารส้มตามลำดับ

## แนวการตอบคำถามท้ายการทดลองกิจกรรมย่อยที่ 2

☼ สีที่สกัดได้จากขมิ้น คือ สีเหลือง

เมื่อย้อมผ้าฝ้ายในน้ำมันที่เดิม

- เกลือแกง ได้สี เหลือง
- สารส้ม ได้สี เหลือง
- ปูนขาว ได้สี ส้มแดง

☼ ความรู้ที่ได้จากการคิดทำโครงการนี้ นักเรียนจะนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันอย่างไร

สามารถสกัดสีจากพืชธรรมชาติมาใช้ในการย้อมผ้าได้ และทำให้ทราบว่าถ้าต้องการให้สีที่ย้อมติดผ้าทนนานต้องใช้สารช่วยย้อมบางชนิดเติมลงไปเพื่อให้สีที่สกัดได้ ซึ่งช่วยให้เราไม่ต้องใช้สีสังเคราะห์ที่มีราคาแพง และก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมมาใช้

☼ ข้อเสนอแนะและแนวคิดในการปรับปรุงโครงการนี้

1. น่าจะมีสารช่วยย้อมผ้าชนิดอื่นอีก นอกจาก ปูนขาว เกลือแกง และสารส้ม ที่มีประสิทธิภาพดีกว่า สารช่วยย้อมที่น่าจะศึกษา เช่น น้ำมะนาว และยางกล้วย
2. ควรหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการเติมสารช่วยย้อม
3. ศึกษาการสกัดสีจากพืชชนิดอื่นๆ



**ตัวอย่างอนุทิน (reflect) ของผู้เรียน**

เขียนสะท้อนความคิดเห็นหลังจากเรียนจบแต่ละชุดกิจกรรม

# ପ୍ରତିନିଧିତ୍ବ ପଦବୀ 1

ମାମୁଁଙ୍କୁ ଯେଉଁଠି ଯେଉଁଠି ଯେଉଁଠି ଯେଉଁଠି ଯେଉଁଠି ଯେଉଁଠି

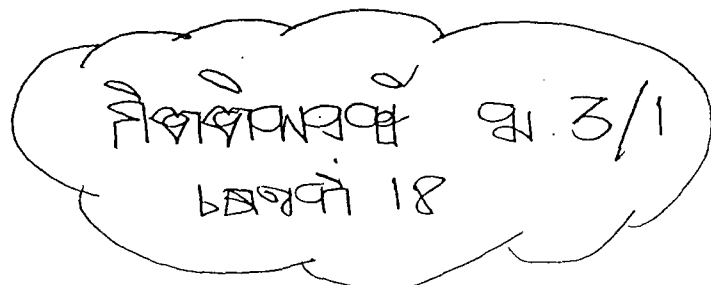
## ପ୍ରତିନିଧିତ୍ବ ପଦବୀ

1. ପ୍ରତିନିଧିତ୍ବ ପଦବୀ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ବ ପଦବୀ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ବ ପଦବୀ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ବ ପଦବୀ
2. ପ୍ରତିନିଧିତ୍ବ ପଦବୀ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ବ ପଦବୀ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ବ ପଦବୀ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ବ ପଦବୀ
3. ପ୍ରତିନିଧିତ୍ବ ପଦବୀ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ବ ପଦବୀ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ବ ପଦବୀ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ବ ପଦବୀ
4. ପ୍ରତିନିଧିତ୍ବ ପଦବୀ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ବ ପଦବୀ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ବ ପଦବୀ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ବ ପଦବୀ
5. ପ୍ରତିନିଧିତ୍ବ ପଦବୀ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ବ ପଦବୀ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ବ ପଦବୀ ପ୍ରତିନିଧିତ୍ବ ପଦବୀ



## ମୋହର ମୋହର

ମୋହର ମୋହର ମୋହର ମୋହର ମୋହର ମୋହର ମୋହର ମୋହର ମୋହର ମୋହର  
 ମୋହର ମୋହର ମୋହର ମୋହର ମୋହର ମୋହର ମୋହର ମୋହର ମୋହର ମୋହର  
 ମୋହର ମୋହର ମୋହର ମୋହର ମୋହର ମୋହର ମୋହର ମୋହର ମୋହର ମୋହର



# ชุดกิจกรรมที่ 2

194

๐๐เทคโนโลยีที่เหมาะสมประเภทวัสดุเหลือใช้ ๐๐

จากกิจกรรมทำให้เด็กเรียนรู้หลักการนำเศษวัสดุที่เหลือใช้ มาแปรรูป

ทำให้เกิดประโยชน์ในหลายด้าน เช่น ตั้งกิจกรรม การนำผักตบชวา

มาทำเป็นปุ๋ยขี้หมู ๖๖ หากท่าน ทำให้เป็นการลดการตัดไม้ทำลายป่าอีกด้วย

ทั้งนี้ยังทำให้เด็กเรียนรู้การทำงานร่วมกัน ทำให้เกิดความสัมพันธ์ในหมู่คณะ และ

ยังทำให้เด็กเรียนรู้ใช้เวลาว่างให้เกิดประโยชน์อีกด้วย



## ประวัติกิจกรรมที่ 3

### เรื่อง เทปโนโลยีที่เอามาใช้ประโยชน์จากวิทยาศาสตร์ในท้องถิ่น

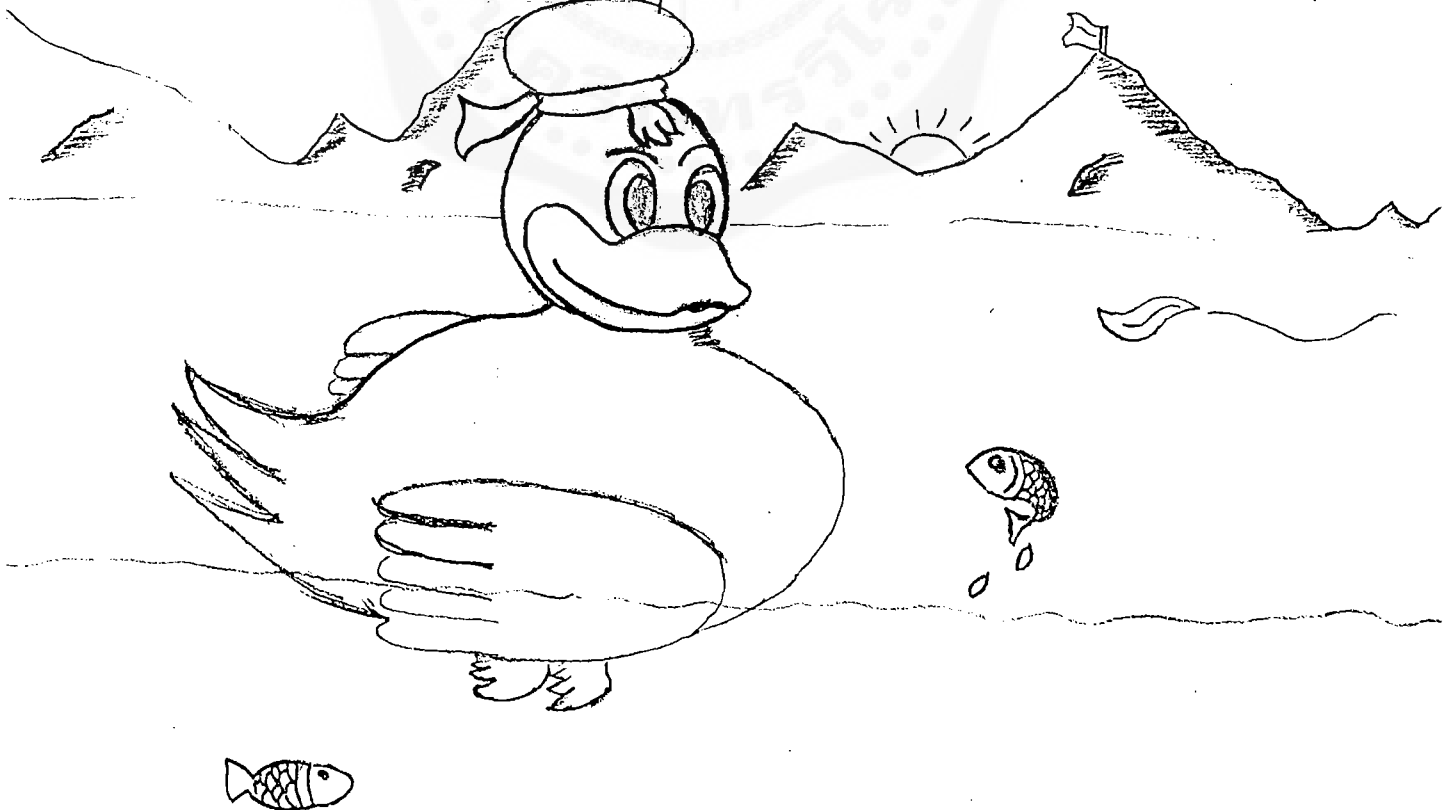
โครงการนี้เป็นโครงการที่ง่าย และมีประโยชน์อย่างมาก ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์

ได้ทั้งในเชิงวิชาการและในเชิงปฏิบัติ ซึ่งในทางวิชาการวิชาโครงการเกี่ยวกับความรู้ที่ได้จากชีวิต

และ การรู้เรื่องเทคโนโลยีที่ง่าย ซึ่งได้เรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ และ ประสิทธิภาพของเทคโนโลยี

กิจกรรมที่เห็น ได้รู้จากการทำงานกัน เป็นกลุ่มและ รู้จักนิสัยของคนในท้องถิ่น โครงการนี้เป็นโครงการ

งานที่ค่อนข้างง่าย และมีประโยชน์อย่างมากที่ได้สำหรับโครงการที่พอเหมาะพอควร



### ภาคผนวก

- ตารางสรุปความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ เกี่ยวกับชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการศึกษาโครงงานวิทยาศาสตร์
- ตารางสรุปความคิดเห็นของนักเรียน (กลุ่มตัวอย่าง 9 คน) เกี่ยวกับชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการศึกษาโครงงานวิทยาศาสตร์
- ตารางสรุปค่าดัชนีความสอดคล้อง ของแบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง
- ตารางสรุปความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับเกณฑ์ที่ใช้ในการให้คะแนน ของแบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง
- ตารางสรุปค่าดัชนีความสอดคล้อง ของแบบประเมินความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์
- ตารางสรุปค่าดัชนีความสอดคล้อง ของแบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี

ตาราง 13 สรุปความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ เกี่ยวกับชุดกิจกรรม

| รายการประเมิน                | ค่าเฉลี่ย | ระดับการประเมิน |
|------------------------------|-----------|-----------------|
| ชุดกิจกรรมที่ 1              |           |                 |
| 1. ไขความรู้ประกอบชุดกิจกรรม | 4.23      | ดีมาก           |
| 2. ไขงานประกอบชุดกิจกรรม     | 4.39      | ดีมาก           |
| ชุดกิจกรรมที่ 2              |           |                 |
| 1. ไขความรู้ประกอบชุดกิจกรรม | 4.40      | ดีมาก           |
| 2. ไขงานประกอบชุดกิจกรรม     | 4.47      | ดีมาก           |
| ชุดกิจกรรมที่ 3              |           |                 |
| 1. ไขความรู้ประกอบชุดกิจกรรม | 4.65      | ดีมาก           |
| 2. ไขงานประกอบชุดกิจกรรม     | 4.70      | ดีมาก           |

หมายเหตุ การแปลผลค่าเฉลี่ยของคะแนน แต่ละชุดกิจกรรมให้ความหมายดังต่อไปนี้

|             |             |                     |
|-------------|-------------|---------------------|
| คะแนนเฉลี่ย | 1.00 – 1.80 | หมายถึง ควรปรับปรุง |
| คะแนนเฉลี่ย | 1.81 – 2.60 | หมายถึง พอใช้       |
| คะแนนเฉลี่ย | 2.61 – 3.40 | หมายถึง ปานกลาง     |
| คะแนนเฉลี่ย | 3.41 – 4.20 | หมายถึง ดี          |
| คะแนนเฉลี่ย | 4.21 – 5.00 | หมายถึง ดีมาก       |

ตาราง 14 สรุปความคิดเห็นของนักเรียน (กลุ่มตัวอย่าง 9 คน) เกี่ยวกับชุดกิจกรรม

| รายการประเมิน                | ค่าเฉลี่ย | ระดับการประเมิน |
|------------------------------|-----------|-----------------|
| ชุดกิจกรรมที่ 1              |           |                 |
| 1. ไขความรู้ประกอบชุดกิจกรรม | 4.75      | ดีมาก           |
| 2. ไขงานประกอบชุดกิจกรรม     | 4.79      | ดีมาก           |
| ชุดกิจกรรมที่ 2              |           |                 |
| 1. ไขความรู้ประกอบชุดกิจกรรม | 4.88      | ดีมาก           |
| 2. ไขงานประกอบชุดกิจกรรม     | 4.65      | ดีมาก           |
| ชุดกิจกรรมที่ 3              |           |                 |
| 1. ไขความรู้ประกอบชุดกิจกรรม | 4.88      | ดีมาก           |
| 2. ไขงานประกอบชุดกิจกรรม     | 4.70      | ดีมาก           |

หมายเหตุ การแปลผลค่าเฉลี่ยของคะแนน แต่ละชุดกิจกรรมให้ความหมายดังต่อไปนี้

|             |             |                     |
|-------------|-------------|---------------------|
| คะแนนเฉลี่ย | 1.00 – 1.80 | หมายถึง ควรปรับปรุง |
| คะแนนเฉลี่ย | 1.81 – 2.60 | หมายถึง พอใช้       |
| คะแนนเฉลี่ย | 2.61 – 3.40 | หมายถึง ปานกลาง     |
| คะแนนเฉลี่ย | 3.41 – 4.20 | หมายถึง ดี          |
| คะแนนเฉลี่ย | 4.21 – 5.00 | หมายถึง ดีมาก       |

ตาราง 15 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับประเด็นที่ต้องการประเมินของแบบสังเกต  
ทักษะการปฏิบัติการทดลอง

| รายการประเมิน                                                               | ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ |            |            |            |            | รวม<br>คะแนน | IOC  | การแปลผล |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|--------------|------|----------|
|                                                                             | คนที่<br>1                  | คนที่<br>2 | คนที่<br>3 | คนที่<br>4 | คนที่<br>5 |              |      |          |
| 1. การวางแผนการทดลอง                                                        |                             |            |            |            |            |              |      |          |
| - ฝึกการปฎิภาหหรือ (กับผู้เกี่ยวข้อง)<br>เพื่อทำความเข้าใจในขั้นตอนการทดลอง | +1                          | +1         | +1         | 0          | +1         | 4            | 0.80 | ใช้ได้   |
| - มีการวางแผนการทดลองได้อย่างเหมาะสม                                        | +1                          | +1         | +1         | 0          | +1         | 4            | 0.80 | ใช้ได้   |
| - มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบให้กับ<br>ผู้ร่วมการทดลองอย่างเหมาะสมชัดเจน  | +1                          | +1         | +1         | 0          | +1         | 4            | 0.80 | ใช้ได้   |
| - มีการจัดเตรียมอุปกรณ์พร้อม และ<br>เหมาะสมก่อนปฏิบัติงาน                   | +1                          | +1         | +1         | 0          | +1         | 4            | 0.80 | ใช้ได้   |
| 2. การปฏิบัติการทดลอง                                                       |                             |            |            |            |            |              |      |          |
| 2.1 ด้านเทคนิคการทดลอง                                                      |                             |            |            |            |            |              |      |          |
| - ดำเนินการทดลองอย่างถูกวิธี<br>เป็นขั้นตอนไม่สับสน                         | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| - ใช้อุปกรณ์ต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง                                           | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| - อ่านค่าและตรวจสอบความถูกต้อง<br>ได้ถูกต้อง                                | +1                          | +1         | +1         | +1         | 0          | 4            | 0.80 | ใช้ได้   |
| - ทำการทดลองอย่างระมัดระวังและ<br>ปลอดภัย                                   | +1                          | +1         | +1         | +1         | 0          | 4            | 0.80 | ใช้ได้   |
| 2.2 ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง                                            |                             |            |            |            |            |              |      |          |
| - ปฏิบัติการทดลองอย่างคล่องแคล่วและ<br>ถูกต้องสมบูรณ์                       | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| - มีความเชื่อมั่นในขณะปฏิบัติ<br>การทดลอง                                   | +1                          | +1         | +1         | 0          | 0          | 3            | 0.60 | ใช้ได้   |
| - ขณะปฏิบัติการทดลองมีการให้<br>ความช่วยเหลือกัน                            | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| - ทำการทดลองได้ทันเวลาที่กำหนด                                              | 0                           | +1         | +1         | +1         | +1         | 4            | 0.80 | ใช้ได้   |
| 2.3 ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ                                         |                             |            |            |            |            |              |      |          |
| - จัดพื้นที่สำหรับการทดลอง เรียบร้อย<br>เหมาะสม และเพียงพอ                  | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| - จัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ให้ใช้ได้สะดวก<br>ขณะทดลอง                         | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |

ตาราง 15 (ต่อ)

| รายการประเมิน                                                                 | ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ |         |         |         |         | รวมคะแนน | IOC  | การแปลผล |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|----------|------|----------|
|                                                                               | คนที่ 1                     | คนที่ 2 | คนที่ 3 | คนที่ 4 | คนที่ 5 |          |      |          |
| - เก็บอุปกรณ์เครื่องใช้หลังการทดลอง<br>ได้ถูกวิธี                             | +1                          | +1      | +1      | +1      | +1      | 5        | 1.00 | ใช้ได้   |
| - ทำความสะอาดพื้นที่และอุปกรณ์<br>ได้อย่างสะอาด และเรียบร้อย<br>หลังปฏิบัติตน | +1                          | +1      | +1      | +1      | +1      | 5        | 1.00 | ใช้ได้   |

หมายเหตุ +1 หมายถึง ประเด็นที่ประเมินกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดมีความสอดคล้องกัน

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าประเด็นที่ประเมินกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดมีความสอดคล้องกัน

-1 หมายถึง ประเด็นที่ประเมินกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดไม่มีความสอดคล้องกัน

ตาราง 16 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของเกณฑ์ที่ใช้ในการให้คะแนนของแบบสังเกตทักษะปฏิบัติการทดลอง

| รายการประเมิน                         | ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ |            |            |            |            | รวม<br>คะแนน | IOC  | การแปลผล |
|---------------------------------------|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|--------------|------|----------|
|                                       | คนที่<br>1                  | คนที่<br>2 | คนที่<br>3 | คนที่<br>4 | คนที่<br>5 |              |      |          |
| 1. การวางแผนการทดลอง                  |                             |            |            |            |            |              |      |          |
| พฤติกรรมครบทั้ง 4 ข้อ ให้ 4 คะแนน     | +1                          | +1         | +1         | 0          | +1         | 4            | 0.80 | ใช้ได้   |
| มีพฤติกรรม 3 ข้อ ใน 4 ข้อ ให้ 3 คะแนน | +1                          | +1         | +1         | 0          | +1         | 4            | 0.80 | ใช้ได้   |
| มีพฤติกรรม 2 ข้อ ใน 4 ข้อ ให้ 2 คะแนน | +1                          | +1         | +1         | 0          | +1         | 4            | 0.80 | ใช้ได้   |
| มีพฤติกรรม 1 ข้อ ใน 4 ข้อ ให้ 1 คะแนน | +1                          | +1         | +1         | 0          | +1         | 4            | 0.80 | ใช้ได้   |
| 2. การปฏิบัติการทดลอง                 |                             |            |            |            |            |              |      |          |
| 2.1 ด้านเทคนิคการทดลอง                |                             |            |            |            |            |              |      |          |
| พฤติกรรมครบทั้ง 4 ข้อ ให้ 4 คะแนน     | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| มีพฤติกรรม 3 ข้อ ใน 4 ข้อ ให้ 3 คะแนน | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| มีพฤติกรรม 2 ข้อ ใน 4 ข้อ ให้ 2 คะแนน | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| มีพฤติกรรม 1 ข้อ ใน 4 ข้อ ให้ 1 คะแนน | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 2.2 ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง      |                             |            |            |            |            |              |      |          |
| พฤติกรรมครบทั้ง 4 ข้อ ให้ 4 คะแนน     | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| มีพฤติกรรม 3 ข้อ ใน 4 ข้อ ให้ 3 คะแนน | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| มีพฤติกรรม 2 ข้อ ใน 4 ข้อ ให้ 2 คะแนน | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| มีพฤติกรรม 1 ข้อ ใน 4 ข้อ ให้ 1 คะแนน | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 2.3 ด้านความสะอาดและเป็นระเบียบ       |                             |            |            |            |            |              |      |          |
| พฤติกรรมครบทั้ง 4 ข้อ ให้ 4 คะแนน     | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| มีพฤติกรรม 3 ข้อ ใน 4 ข้อ ให้ 3 คะแนน | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| มีพฤติกรรม 2 ข้อ ใน 4 ข้อ ให้ 2 คะแนน | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| มีพฤติกรรม 1 ข้อ ใน 4 ข้อ ให้ 1 คะแนน | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |

หมายเหตุ +1 หมายถึง ประเด็นที่ประเมินกับเกณฑ์ที่ใช้ในการให้คะแนน มีความสอดคล้องกัน

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าประเด็นที่ประเมินกับเกณฑ์ที่ใช้ในการให้คะแนนมีความสอดคล้องกัน

1 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าประเด็นที่ประเมินกับเกณฑ์ที่ใช้ในการให้คะแนนไม่มีความสอดคล้องกัน

ตาราง 17 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) รายการที่ใช้ประเมินการให้คะแนนความสามารถในการคิดทำ  
โครงการวิทยาศาสตร์

| รายการที่ประเมิน                                  | ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ |            |            |            |            | รวม<br>คะแนน | IOC  | การแปลผล |
|---------------------------------------------------|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|--------------|------|----------|
|                                                   | คนที่<br>1                  | คนที่<br>2 | คนที่<br>3 | คนที่<br>4 | คนที่<br>5 |              |      |          |
| 1. การกำหนดปัญหา หรือกำหนดหัวข้อ<br>เรื่องโครงการ | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 2. การเขียนสมมติฐานและกำหนดตัวแปร                 | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 3. การออกแบบการทดลอง                              | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 4. การดำเนินการทดลอง                              | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 5. การบันทึกผลการทดลอง                            | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 6. การสรุปผลการทดลอง                              | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |

หมายเหตุ +1 หมายถึง รายการที่ใช้ประเมินมีความสอดคล้องกับความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่ารายการที่ใช้ประเมินมีความสอดคล้องกับความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์

-1 หมายถึง รายการที่ใช้ประเมินไม่มีความสอดคล้องกับความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์

ตาราง 18 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างลักษณะและความเหมาะสมของข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด  
ของแบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี

| ลักษณะข้อคำถาม | ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ |            |            |            |            | รวม<br>คะแนน | IOC  | การแปลผล |
|----------------|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|--------------|------|----------|
|                | คนที่<br>1                  | คนที่<br>2 | คนที่<br>3 | คนที่<br>4 | คนที่<br>5 |              |      |          |
| 1              | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 2              | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 3              | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 4              | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 5              | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 6              | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 7              | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 8              | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 9              | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 10             | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 11             | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 12             | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 13             | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 14             | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 15             | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 16             | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 17             | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 18             | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 19             | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 20             | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 21             | +1                          | +1         | 0          | +1         | +1         | 4            | 0.80 | ใช้ได้   |
| 22             | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 23             | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 24             | +1                          | +1         | 0          | +1         | +1         | 4            | 0.80 | ใช้ได้   |
| 25             | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 26             | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 27             | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 28             | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 29             | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 30             | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |

ตาราง 18 (ต่อ)

| ความเหมาะสม | ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ |            |            |            |            | รวม<br>คะแนน | IOC  | การแปลผล |
|-------------|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|--------------|------|----------|
|             | คนที่<br>1                  | คนที่<br>2 | คนที่<br>3 | คนที่<br>4 | คนที่<br>5 |              |      |          |
| 1           | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 2           | -1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 3            | 0.60 | ใช้ได้   |
| 3           | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 4           | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 5           | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 6           | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 7           | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 8           | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 9           | -1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 3            | 0.60 | ใช้ได้   |
| 10          | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 11          | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 12          | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 13          | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 14          | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 15          | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 16          | +1                          | +1         | 0          | +1         | +1         | 4            | 0.80 | ใช้ได้   |
| 17          | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 18          | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 19          | -1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 3            | 0.60 | ใช้ได้   |
| 20          | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 21          | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 22          | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 23          | -1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 3            | 0.60 | ใช้ได้   |
| 24          | +1                          | +1         | 0          | +1         | +1         | 4            | 0.80 | ใช้ได้   |
| 25          | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 26          | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 27          | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 28          | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 29          | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |
| 30          | +1                          | +1         | +1         | +1         | +1         | 5            | 1.00 | ใช้ได้   |



ภาคผนวก จ

- แบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง
- แบบประเมินความสามารถในการจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์
- แบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี



| กลุ่ม<br>ที่ | ชื่อ - สกุล | พฤติกรรมที่แสดงออก *         |                             |                                           |                                              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | รวม | หมายเหตุ |
|--------------|-------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|----------|
|              |             | (1)<br>การวางแผน<br>การทดลอง | (2) การปฏิบัติการทดลอง      |                                           |                                              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |     |          |
|              |             |                              | (2.1)<br>เทคนิค<br>การทดลอง | (2.2)<br>ความคล่อง<br>แคล่วในการ<br>ทดลอง | (2.3)<br>ความสะอาด<br>และความ<br>เป็นระเบียบ |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |     |          |
|              |             |                              |                             |                                           |                                              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |     |          |
|              |             | 4                            | 3                           | 2                                         | 1                                            | 4 | 3 | 2 | 1 | 4 | 3 | 2 | 1 | 4 | 3 | 2 | 1 |     |          |
| 5            | 1           |                              |                             |                                           |                                              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |     |          |
|              | 2           |                              |                             |                                           |                                              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |     |          |
|              | 3           |                              |                             |                                           |                                              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |     |          |
|              | 4           |                              |                             |                                           |                                              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |     |          |
|              | 5           |                              |                             |                                           |                                              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |     |          |
| 6            | 1           |                              |                             |                                           |                                              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |     |          |
|              | 2           |                              |                             |                                           |                                              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |     |          |
|              | 3           |                              |                             |                                           |                                              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |     |          |
|              | 4           |                              |                             |                                           |                                              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |     |          |
|              | 5           |                              |                             |                                           |                                              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |     |          |

ลงชื่อ.....(ผู้สังเกตและบันทึก)

\* ดูเกณฑ์การให้คะแนน 4, 3, 2, 1 ในแผ่นหลัง

## เกณฑ์ที่ใช้ในการให้คะแนนแบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทดลอง

### 1. การวางแผนการทดลอง ประเด็นที่ประเมิน

- 1) มีการปรึกษาหารือ (กับผู้ที่เกี่ยวข้อง) เพื่อทำความเข้าใจในขั้นตอนการทดลอง
- 2) มีการวางแผนการทดลองได้อย่างเหมาะสม
- 3) มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบให้กับผู้ร่วมการทดลองอย่างเหมาะสมชัดเจน
- 4) มีการจัดเตรียมอุปกรณ์พร้อม และเหมาะสมก่อนปฏิบัติงาน

#### ระดับคะแนนที่ได้

มีพฤติกรรม.....ข้อ ได้แก่ ข้อที่.....ให้ 4 คะแนน  
 มีพฤติกรรม.....ข้อ ได้แก่ ข้อที่.....ให้ 3 คะแนน  
 มีพฤติกรรม.....ข้อ ได้แก่ ข้อที่.....ให้ 2 คะแนน  
 มีพฤติกรรม.....ข้อ ได้แก่ ข้อที่.....ให้ 1 คะแนน

### 2. การปฏิบัติการทดลอง

#### 2.1 ด้านเทคนิคการทดลอง ประเด็นที่ประเมิน

- 1) ดำเนินการทดลองอย่างถูกวิธี เป็นขั้นตอนไม่สับสน
- 2) ใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง
- 3) อ่านค่าและตรวจสอบความถูกต้องได้ถูกต้อง
- 4) ทำการทดลองอย่างระมัดระวัง และปลอดภัย

#### ระดับคะแนนที่ได้

มีพฤติกรรม.....ข้อ ได้แก่ ข้อที่.....ให้ 4 คะแนน  
 มีพฤติกรรม.....ข้อ ได้แก่ ข้อที่.....ให้ 3 คะแนน  
 มีพฤติกรรม.....ข้อ ได้แก่ ข้อที่.....ให้ 2 คะแนน  
 มีพฤติกรรม.....ข้อ ได้แก่ ข้อที่.....ให้ 1 คะแนน

#### 2.2 ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง ประเด็นที่ประเมิน

- 1) ปฏิบัติการทดลองอย่างคล่องแคล่ว และถูกต้องสมบูรณ์
- 2) มีความเชื่อมั่นในขณะปฏิบัติการทดลอง
- 3) ขณะปฏิบัติการทดลองมีการให้ความช่วยเหลือกัน
- 4) ทำการทดลองได้ทันเวลาที่กำหนด

#### ระดับคะแนนที่ได้

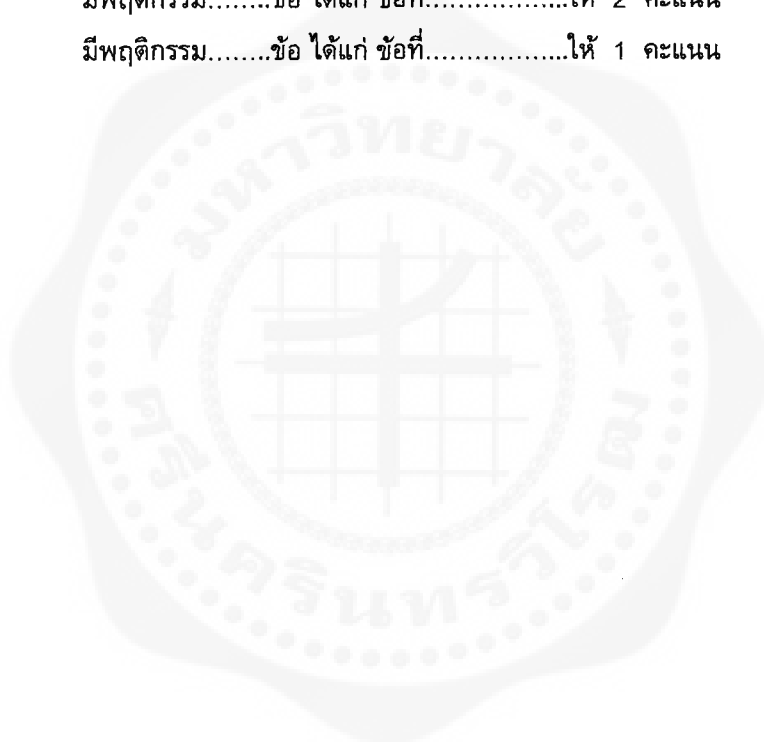
มีพฤติกรรม.....ข้อ ได้แก่ ข้อที่.....ให้ 4 คะแนน  
 มีพฤติกรรม.....ข้อ ได้แก่ ข้อที่.....ให้ 3 คะแนน  
 มีพฤติกรรม.....ข้อ ได้แก่ ข้อที่.....ให้ 2 คะแนน  
 มีพฤติกรรม.....ข้อ ได้แก่ ข้อที่.....ให้ 1 คะแนน

### 2.3 ด้านความสะอาดและเป็นระเบียบ ประเด็นที่ประเมิน

- 1) จัดพื้นที่สำหรับการทดลองเรียบร้อยเหมาะสมและเพียงพอ
- 2) จัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ให้ใช้ได้สะดวกขณะทดลอง
- 3) เก็บอุปกรณ์เครื่องใช้หลังทดลองได้ถูกวิธี
- 4) ทำความสะอาดพื้นที่และอุปกรณ์ได้อย่างสะอาดและเรียบร้อยหลังปฏิบัติงาน

#### ระดับคะแนนที่ได้

มีพฤติกรรม.....ข้อ ได้แก่ ข้อที่ .....ให้ 4 คะแนน  
 มีพฤติกรรม.....ข้อ ได้แก่ ข้อที่.....ให้ 3 คะแนน  
 มีพฤติกรรม.....ข้อ ได้แก่ ข้อที่.....ให้ 2 คะแนน  
 มีพฤติกรรม.....ข้อ ได้แก่ ข้อที่.....ให้ 1 คะแนน



[illegible]

| กลุ่มที่ | ชื่อ - สกุล | ประเด็นที่ประเมิน                             |   |   |                                    |   |   |                       |   |   |                       |   |   |                         |   |   |                       |   |   | รวม | หมายเหตุ |
|----------|-------------|-----------------------------------------------|---|---|------------------------------------|---|---|-----------------------|---|---|-----------------------|---|---|-------------------------|---|---|-----------------------|---|---|-----|----------|
|          |             | (1) การกำหนดปัญหาหรือกำหนดหัวข้อเรื่องโครงการ |   |   | (2) การเขียนสมมติฐานและกำหนดตัวแปร |   |   | (3) การออกแบบการทดลอง |   |   | (4) การดำเนินการทดลอง |   |   | (5) การบันทึกผลการทดลอง |   |   | (6) การสรุปผลการทดลอง |   |   |     |          |
|          |             | 3                                             | 2 | 1 | 3                                  | 2 | 1 | 3                     | 2 | 1 | 3                     | 2 | 1 | 3                       | 2 | 1 | 3                     | 2 | 1 |     |          |
| 5        | 1           |                                               |   |   |                                    |   |   |                       |   |   |                       |   |   |                         |   |   |                       |   |   |     |          |
|          | 2           |                                               |   |   |                                    |   |   |                       |   |   |                       |   |   |                         |   |   |                       |   |   |     |          |
|          | 3           |                                               |   |   |                                    |   |   |                       |   |   |                       |   |   |                         |   |   |                       |   |   |     |          |
|          | 4           |                                               |   |   |                                    |   |   |                       |   |   |                       |   |   |                         |   |   |                       |   |   |     |          |
|          | 5           |                                               |   |   |                                    |   |   |                       |   |   |                       |   |   |                         |   |   |                       |   |   |     |          |
| 6        | 1           |                                               |   |   |                                    |   |   |                       |   |   |                       |   |   |                         |   |   |                       |   |   |     |          |
|          | 2           |                                               |   |   |                                    |   |   |                       |   |   |                       |   |   |                         |   |   |                       |   |   |     |          |
|          | 3           |                                               |   |   |                                    |   |   |                       |   |   |                       |   |   |                         |   |   |                       |   |   |     |          |
|          | 4           |                                               |   |   |                                    |   |   |                       |   |   |                       |   |   |                         |   |   |                       |   |   |     |          |
|          | 5           |                                               |   |   |                                    |   |   |                       |   |   |                       |   |   |                         |   |   |                       |   |   |     |          |

ลงชื่อ ..... (ผู้ประเมิน)

\* ดูเกณฑ์การให้คะแนน 3 , 2 , 1 ในแผ่นหลัง

## เกณฑ์ที่ใช้ในการให้คะแนนแบบประเมินความสามารถ ในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์

1. การกำหนดปัญหาหรือกำหนดหัวข้อเรื่องโครงงาน
  - 3 คะแนน เขียนปัญหาหรือกำหนดหัวข้อเรื่องโครงงานได้ถูกต้องเฉพาะเจาะจงและชัดเจน
  - 2 คะแนน เขียนปัญหาหรือกำหนดหัวข้อเรื่องโครงงานได้ มีความเฉพาะเจาะจงและชัดเจนเล็กน้อย
  - 1 คะแนน เขียนปัญหาหรือกำหนดหัวข้อเรื่องโครงงานได้เล็กน้อย ไม่เฉพาะเจาะจงและไม่ชัดเจน
2. การเขียนสมมติฐานและกำหนดตัวแปร
  - 3 คะแนน เขียนสมมติฐานและกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้ถูกต้อง สมบูรณ์ ชัดเจน
  - 2 คะแนน เขียนสมมติฐานและกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้ มีความสมบูรณ์ และชัดเจนเล็กน้อย
  - 1 คะแนน เขียนสมมติฐานและกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้เล็กน้อยขาดความสมบูรณ์ และชัดเจน
3. การออกแบบการทดลอง
  - 3 คะแนน เขียนวิธีการทดลองได้ชัดเจน ละเอียดถี่ถ้วน ปฏิบัติตามได้ง่าย
  - 2 คะแนน เขียนวิธีการทดลองได้ไม่ละเอียด แต่อ่านแล้วเข้าใจ
  - 1 คะแนน เขียนวิธีการทดลองได้ไม่ละเอียด อ่านไม่เข้าใจ
4. การดำเนินการทดลอง
  - 3 คะแนน ดำเนินการทดลองได้ถูกต้องสมบูรณ์
  - 2 คะแนน ดำเนินการทดลองได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่
  - 1 คะแนน ดำเนินการทดลองไม่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่
5. การบันทึกผลการทดลอง
  - 3 คะแนน บันทึกผลการทดลองตรงจุดประสงค์ที่ต้องการศึกษารูปแบบที่อ่านเข้าใจง่าย เป็นระเบียบและถูกต้อง
  - 2 คะแนน บันทึกผลการทดลองตรงจุดประสงค์ที่ต้องการศึกษารูปแบบที่ขาดความเป็นระเบียบและถูกต้องเล็กน้อย
  - 1 คะแนน บันทึกผลการทดลองตรงจุดประสงค์ที่ต้องการศึกษารูปแบบที่อ่านเข้าใจยาก ขาดความเป็นระเบียบและไม่ถูกต้อง

#### 6. การสรุปผลการทดลอง

- 3 คะแนน เขียนสรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง สอดคล้องกับสมมติฐาน สมบูรณ์ และชัดเจน
- 2 คะแนน เขียนสรุปผลการทดลองได้ แต่ขาดความสอดคล้องกับสมมติฐาน สมบูรณ์และชัดเจนเล็กน้อย
- 1 คะแนน เขียนสรุปผลการทดลองได้เล็กน้อย ขาดความสอดคล้องกับสมมติฐาน ขาดความสมบูรณ์และชัดเจน



### แบบวัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี

#### คำชี้แจง

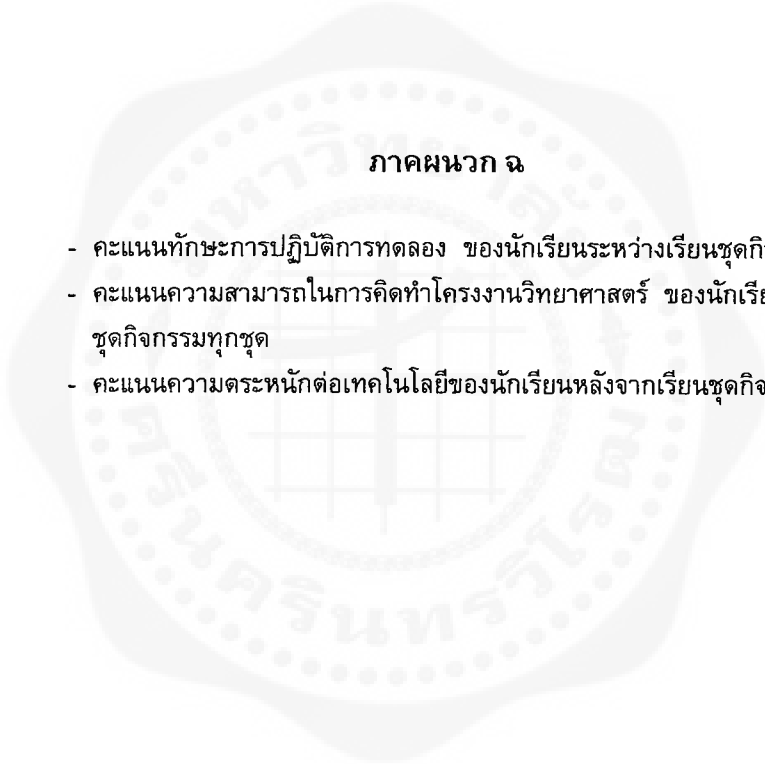
1. แบบวัดฉบับนี้สอบถามความคิดเห็นของนักเรียน เมื่อนักเรียนเรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมเรื่องเทคโนโลยีที่เหมาะสมจบแล้วว่านักเรียนมีความรู้สึกเห็นด้วยต่อข้อความนั้นเพียงใดมีทั้งหมด 30 ข้อ ในแต่ละข้อมีช่องว่างให้เลือกตอบ 5 ช่อง ใช้เวลา 50 นาที คำตอบของนักเรียนเป็นการแสดงความคิดเห็นไม่ถูกหรือผิด
2. ให้อ่านข้อความแต่ละข้อแล้วพิจารณาดูว่า ควรตอบช่องใด จึงจะตรงกับความคิดเห็น หรือความรู้สึกของนักเรียนมากที่สุด แล้วกาเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องนั้นเพียงช่องเดียว

| ข้อ<br>ที่ | ข้อความ                                                                                                                                                    | ระดับความคิดเห็น          |              |              |                     |                          |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------|--------------|---------------------|--------------------------|
|            |                                                                                                                                                            | เห็น<br>ด้วย<br>อย่างยิ่ง | เห็น<br>ด้วย | ไม่<br>แน่ใจ | ไม่<br>เห็น<br>ด้วย | ไม่เห็นด้วย<br>อย่างยิ่ง |
|            | <u>ด้านความเหมาะสมกับการดำรงชีวิต</u><br><u>ของมวลมนุษย</u>                                                                                                |                           |              |              |                     |                          |
| 1.         | นายดำนำขมิ้นมาโขลกแล้วคั้นเอาน้ำมาทาที่ผิว เพราะเขาคิดว่ารักษาโรคผิวหนังได้.....                                                                           | .....                     | .....        | .....        | .....               | .....                    |
| 2.         | โรงงานอุตสาหกรรมทอผ้าใช้สีย้อมจากการสังเคราะห์เพราะว่าสะดวก สีสวย และไม่มีโทษต่อผู้บริโภคแต่อย่างใด.....                                                   | .....                     | .....        | .....        | .....               | .....                    |
| 3.         | สีย้อมเคมีเป็นผลิตภัณฑ์ทางวิทยาศาสตร์จึงไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้.....                                                                                       | .....                     | .....        | .....        | .....               | .....                    |
| 4.         | นายบุญมาพบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีในการเพราะปลูกมีส่วนทำให้ดินเสีย ดังนั้น เขาจึงใช้วิธีปลูกพืชตระกูลถั่วแล้วไถกลบเมื่อต้นถั่วเจริญเติบโตแทนการใช้ปุ๋ยเคมี ..... | .....                     | .....        | .....        | .....               | .....                    |
| 5.         | เป็นการฉลาดที่แม่ค้าแช่ส้มมะขามด้วยซันทาสแทนน้ำตาล เพื่อลดค่าใช้จ่ายและประหยัดเวลาในการทำแช่อิ่ม.....                                                      | .....                     | .....        | .....        | .....               | .....                    |
| 6.         | ป้าสมศรีมักจะแกงซี่เหล็กให้ลูกๆ กินเสมอ เพราะว่าทำให้ลูกๆ มีระบบขับถ่ายดี.....                                                                             | .....                     | .....        | .....        | .....               | .....                    |
| 7.         | นายแดง มีอาชีพดองผักขาย เขามักใส่สารบอแรกซ์เพื่อให้ผักดองกรอบ เพราะคิดว่าสะดวก และให้ผลเร็วกว่าวิธีอื่น.....                                               | .....                     | .....        | .....        | .....               | .....                    |

| ข้อ<br>ที่ | ข้อความ                                                                                                                                                                                              | ระดับความคิดเห็น          |              |              |                     |                          |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------|--------------|---------------------|--------------------------|
|            |                                                                                                                                                                                                      | เห็น<br>ด้วย<br>อย่างยิ่ง | เห็น<br>ด้วย | ไม่<br>แน่ใจ | ไม่<br>เห็น<br>ด้วย | ไม่เห็นด้วย<br>อย่างยิ่ง |
| 8.         | ปัญหาในการสกัดสมุนไพรด้วยน้ำคือ จะต้องใช้<br>ทันที ดังนั้น นายคำมีจึงคิดว่า ถ้าสกัดสารออกมา<br>ในรูปของผงจะทำให้สามารถเก็บไว้ได้นานๆ ได้....                                                         | .....                     | .....        | .....        | .....               | .....                    |
| 9.         | ฟอร์มาลีนเป็นยาที่ช่วยรักษาเซลล์ไม่ให้เน่าเสียเร็ว<br>กว่ากำหนด และรักษาสภาพให้สดเหมือนเดิม<br>ดังนั้น แม่คำจึงนำมาชุบผักเพื่อให้ผักเขียวสด<br>อยู่ได้นาน .....                                      | .....                     | .....        | .....        | .....               | .....                    |
| 10.        | ดาสุขได้สร้างกังหันลมแบบผ้าขนาดใหญ่ที่กลางนา<br>เพื่อใช้วิดน้ำเข้านาแทนการสูบน้ำ เพราะเป็นวิธีที่<br>เสียค่าใช้จ่ายน้อยและประหยัดพลังงานด้วย.....                                                    | .....                     | .....        | .....        | .....               | .....                    |
| 11.        | นายทองมีได้คิดวิธีถนอมหน่อไม้ โดยการนำ<br>หน่อไม้มาผ่านเป็นแผ่นบางๆ แล้วนำไปตากแห้ง<br>เพราะเป็นวิธีประหยัดค่าใช้จ่ายในการถนอม<br>การบรรจุหีบห่อได้ง่าย เก็บรักษาได้นาน และ<br>สะดวกต่อการขนส่ง..... | .....                     | .....        | .....        | .....               | .....                    |
| 12.        | นายมงคลนำเครื่องสูบน้ำมาต่อเติมสายพาน<br>และเพลลา เป็นเครื่องนวดข้าวแทนการใช้ควาย<br>ย่ำข้าว เพราะสะดวกและไม่ต้องซื้อใหม่.....                                                                       | .....                     | .....        | .....        | .....               | .....                    |
| 13.        | นางละเอียดใช้สีผึ้งที่ผลิตได้ในครัวเรือนมาทาปาก<br>กันแดดแทนลิปมัน เพราะผลิตง่ายหาได้ในท้องถิ่น<br>ราคาถูก ไม่มีอันตราย.....                                                                         | .....                     | .....        | .....        | .....               | .....                    |
| 14.        | การใช้ผลมะกรูดรักษาผมให้ดกดำจะให้ผลดีกว่า<br>การใช้สารเคมี เพราะมะกรูดเป็นสมุนไพร<br>ที่สามารถรักษาเส้นผมและไม่เป็นอันตราย.....                                                                      | .....                     | .....        | .....        | .....               | .....                    |
| 15.        | ตะไคร้หอมเป็นสมุนไพรที่ใช้ป้องกันยุงและ<br>แมลงได้ ดังนั้นการสกัดสารออกมาทาผิวจะให้<br>ผลดีกว่าเอาต้นมาตำน้ำแล้วเอามาทา.....                                                                         | .....                     | .....        | .....        | .....               | .....                    |
| 16.        | ความเจริญทางด้านเทคโนโลยีมีผลต่อ<br>การดำรงชีวิตของชาวบ้านมาก.....                                                                                                                                   | .....                     | .....        | .....        | .....               | .....                    |

| ข้อ<br>ที่ | ข้อความ                                                                                                                                                                                                           | ระดับความคิดเห็น          |              |              |                     |                          |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------|--------------|---------------------|--------------------------|
|            |                                                                                                                                                                                                                   | เห็น<br>ด้วย<br>อย่างยิ่ง | เห็น<br>ด้วย | ไม่<br>แน่ใจ | ไม่<br>เห็น<br>ด้วย | ไม่เห็นด้วย<br>อย่างยิ่ง |
| 17.        | เทคโนโลยีสมัยใหม่มีผลอย่างยิ่งต่อเทคโนโลยี<br>พื้นบ้าน เพราะจะทำให้ชาวบ้านคิดดัดแปลง<br>เทคโนโลยีให้เหมาะสมยิ่งขึ้น.....                                                                                          | .....                     | .....        | .....        | .....               | .....                    |
| 18.        | เทคโนโลยีสมัยใหม่ทำให้มนุษย์มีสุขภาพดีขึ้น<br>สะดวกสบายมากขึ้น และไม่มีผลกระทบกระเทือน<br>ต่อสิ่งแวดล้อมด้วย.....                                                                                                 | .....                     | .....        | .....        | .....               | .....                    |
|            | <u>ด้านความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม</u>                                                                                                                                                                              |                           |              |              |                     |                          |
| 19.        | การเลือกใช้สารเคมีควรเลือกใช้ชนิดที่มีฤทธิ์<br>ตกค้างนานเพื่อที่จะได้ทำลายศัตรูพืชได้อย่าง<br>มีประสิทธิภาพ.....                                                                                                  | .....                     | .....        | .....        | .....               | .....                    |
| 20.        | การอนุรักษ์ดินในที่ลาดเอียง ลาดชันไม่ให้<br>พังทลาย ชาวบ้านหันมาใช้หญ้าแฝกในการ<br>อนุรักษ์ดินและน้ำ เพราะเป็นการใช้เทคโนโลยี<br>แบบง่ายๆ ไม่ต้องดูแลรักษาหลังการปลูกและ<br>ประหยัดค่าใช้จ่ายมากกว่าวิธีอื่น..... | .....                     | .....        | .....        | .....               | .....                    |
| 21.        | การนำของเก่ามาใช้ (recycle) เป็นเรื่องที่<br>ไม่ควรทำเพราะไม่คุ้มกับพลังงานในการผลิต<br>.....                                                                                                                     | .....                     | .....        | .....        | .....               | .....                    |
| 22.        | การปรับปรุงสมดุธรรมชาติจะนิยมใช้สมุนไพร<br>ป้องกันกำจัดศัตรูพืช เพราะสมุนไพรไม่มีพิษต่อ<br>มนุษย์ สัตว์ และ สิ่งแวดล้อม ไม่มีพิษตกค้างในดิน<br>.....                                                              | .....                     | .....        | .....        | .....               | .....                    |
| 23.        | การใช้ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ และสารเคมีปราบศัตรูพืช<br>เป็นวิธีที่เหมาะสมกับการเกษตรพืชมาก เพราะ<br>เป็นวิธีที่ให้ผลเร็ว และสะดวกมากที่สุด .....                                                                         | .....                     | .....        | .....        | .....               | .....                    |
| 24.        | การนำวัสดุเหลือทิ้งมาผลิตเป็นก๊าซชีวภาพที่จะนำ<br>มาใช้ในครัวเรือน เป็นเทคโนโลยีที่ยั่งยืน<br>ไม่สะดวก และมีพลังงานอื่นอีกมากมาย .....                                                                            | .....                     | .....        | .....        | .....               | .....                    |
| 25.        | การอบแห้งใบยาสูบที่ใช้พลังงานความร้อนใต้พิภพ<br>ของแหล่งน้ำพุร้อนเป็นวิธีที่ดีวิธีหนึ่งเพราะเป็น<br>การใช้พลังงานทดแทน และไม่เกิดก๊าซพิษเหมือน<br>แบบรมควัน .....                                                 | .....                     | .....        | .....        | .....               | .....                    |

| ข้อ<br>ที่ | ข้อความ                                                                                                                                                                                                     | ระดับความคิดเห็น          |              |              |                     |                          |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------|--------------|---------------------|--------------------------|
|            |                                                                                                                                                                                                             | เห็น<br>ด้วย<br>อย่างยิ่ง | เห็น<br>ด้วย | ไม่<br>แน่ใจ | ไม่<br>เห็น<br>ด้วย | ไม่เห็นด้วย<br>อย่างยิ่ง |
| 26.        | การปลูกไม้ประดับไว้ที่บ้านมากๆ แต่มีปัญหาในเรื่องการรดน้ำต้นไม้ เนื่องจากมีน้ำใช้น้อยมากสามารถแก้ปัญหาได้โดยการใช้ถุงน้ำเกลือที่เหลือทิ้งมาใส่น้ำแขวนที่ต้นไม้ ปลอ่ยให้หยดสู่ต้นแทนการรดน้ำครั้งละมากๆ..... | .....                     | .....        | .....        | .....               | .....                    |
| 27.        | การนำกะลามะพร้าว ชั่งข้าวโพดมาเผาเป็นถ่าน เป็นวิธีที่เหมาะสมกับชาวบ้าน เพราะ เป็นการนำวัสดุเหลือใช้มาทดแทนและให้พลังงานความร้อนสูงกว่าถ่านไม้.....                                                          | .....                     | .....        | .....        | .....               | .....                    |
| 28.        | ไฟฟ้าให้ประโยชน์แก่มนุษย์อย่างมากมายมหาศาล ดังนั้น การเร่งผลิตเพื่อนำพลังงานไฟฟ้าไปใช้ จึงมีความสำคัญมากกว่าการรักษาระบบนิเวศ .....                                                                         | .....                     | .....        | .....        | .....               | .....                    |
| 29.        | การนำเขตนอุทยานแห่งชาติ หรือเขตป่าสงวน เป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยให้สภาพแวดล้อมธรรมชาติกลับสู่ภาวะสมดุลได้ .....                                                                                               | .....                     | .....        | .....        | .....               | .....                    |
| 30.        | ในปัจจุบันสามารถผลิตวัสดุที่ใช้แทนผลผลิตจากป่าไม้และแร่ธาตุได้อย่างเพียงพอ ดังนั้น การอนุรักษ์ป่าไม้ และแร่ธาตุจึงเป็นสิ่งที่ไม่จำเป็น.....                                                                 | .....                     | .....        | .....        | .....               | .....                    |



#### ภาคผนวก จ

- คะแนนทักษะการปฏิบัติการทดลอง ของนักเรียนระหว่างเรียนชุดกิจกรรมทุกชุด
- คะแนนความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระหว่างเรียนชุดกิจกรรมทุกชุด
- คะแนนความตระหนักต่อเทคโนโลยีของนักเรียนหลังจากเรียนชุดกิจกรรมทุกชุด

ตาราง 19 คะแนนทักษะการปฏิบัติการทดลองของนักเรียนที่เรียน ชุดกิจกรรมที่ 1

| กลุ่มที่ | นักเรียน | 1   | 2   |     |     | รวม |
|----------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|
|          |          |     | 2.1 | 2.2 | 2.3 |     |
| 1        | 1        | 3   | 3   | 4   | 4   | 14  |
|          | 2        | 3   | 3   | 4   | 4   | 14  |
|          | 3        | 3   | 3   | 4   | 4   | 14  |
|          | 4        | 3   | 3   | 4   | 4   | 14  |
|          | 5        | 3   | 3   | 4   | 4   | 14  |
| 2        | 6        | 4   | 4   | 4   | 4   | 16  |
|          | 7        | 4   | 4   | 4   | 4   | 16  |
|          | 8        | 4   | 4   | 4   | 4   | 16  |
|          | 9        | 4   | 4   | 4   | 4   | 16  |
|          | 10       | 4   | 4   | 4   | 4   | 16  |
| 3        | 11       | 3   | 4   | 3   | 4   | 14  |
|          | 12       | 3   | 4   | 3   | 4   | 14  |
|          | 13       | 3   | 4   | 3   | 4   | 14  |
|          | 14       | 3   | 4   | 3   | 4   | 14  |
|          | 15       | 3   | 4   | 3   | 4   | 14  |
| 4        | 16       | 4   | 4   | 3   | 4   | 15  |
|          | 17       | 4   | 4   | 3   | 4   | 15  |
|          | 18       | 4   | 4   | 3   | 4   | 15  |
|          | 19       | 4   | 4   | 3   | 4   | 15  |
|          | 20       | 4   | 4   | 3   | 4   | 15  |
| 5        | 21       | 3   | 4   | 3   | 4   | 14  |
|          | 22       | 3   | 4   | 3   | 4   | 14  |
|          | 23       | 3   | 4   | 3   | 4   | 14  |
|          | 24       | 3   | 4   | 3   | 4   | 14  |
|          | 25       | 3   | 4   | 3   | 4   | 14  |
| 6        | 26       | 3   | 4   | 4   | 4   | 15  |
|          | 27       | 3   | 4   | 4   | 4   | 15  |
|          | 28       | 3   | 4   | 4   | 4   | 15  |
|          | 29       | 3   | 4   | 4   | 4   | 15  |
|          | 30       | 3   | 4   | 4   | 4   | 15  |
| รวม      |          | 100 | 115 | 105 | 120 | 440 |

เฉลี่ย  
3.666666

ตาราง 19 (ต่อ) ชุดกิจกรรมที่ 2

| กลุ่มที่ | นักเรียน | 1   | 2   |     |     | รวม |
|----------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|
|          |          |     | 2.1 | 2.2 | 2.3 |     |
| 1        | 1        | 4   | 4   | 4   | 4   | 16  |
|          | 2        | 4   | 4   | 4   | 4   | 16  |
|          | 3        | 4   | 4   | 4   | 4   | 16  |
|          | 4        | 4   | 4   | 4   | 4   | 16  |
|          | 5        | 4   | 4   | 4   | 4   | 16  |
| 2        | 6        | 4   | 4   | 4   | 4   | 16  |
|          | 7        | 4   | 4   | 4   | 4   | 16  |
|          | 8        | 4   | 4   | 4   | 4   | 16  |
|          | 9        | 4   | 4   | 4   | 4   | 16  |
|          | 10       | 4   | 4   | 4   | 4   | 16  |
| 3        | 11       | 4   | 4   | 3   | 4   | 15  |
|          | 12       | 4   | 4   | 3   | 4   | 15  |
|          | 13       | 4   | 4   | 3   | 4   | 15  |
|          | 14       | 4   | 4   | 3   | 4   | 15  |
|          | 15       | 4   | 4   | 3   | 4   | 15  |
| 4        | 16       | 4   | 4   | 4   | 3   | 15  |
|          | 17       | 4   | 4   | 4   | 3   | 15  |
|          | 18       | 4   | 4   | 4   | 3   | 15  |
|          | 19       | 4   | 4   | 4   | 3   | 15  |
|          | 20       | 4   | 4   | 4   | 3   | 15  |
| 5        | 21       | 3   | 4   | 4   | 4   | 15  |
|          | 22       | 3   | 4   | 4   | 4   | 15  |
|          | 23       | 3   | 4   | 4   | 4   | 15  |
|          | 24       | 3   | 4   | 4   | 4   | 15  |
|          | 25       | 3   | 4   | 4   | 4   | 15  |
| 6        | 26       | 4   | 4   | 4   | 3   | 15  |
|          | 27       | 4   | 4   | 4   | 3   | 15  |
|          | 28       | 4   | 4   | 4   | 3   | 15  |
|          | 29       | 4   | 4   | 4   | 3   | 15  |
|          | 30       | 4   | 4   | 4   | 3   | 15  |
| รวม      |          | 115 | 120 | 115 | 110 | 460 |

เฉลี่ย

3.833333

ตาราง 19 (ต่อ) ชุดกิจกรรมที่ 3

| กลุ่มที่ | นักเรียน | 1   | 2   |     |     | รวม |
|----------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|
|          |          |     | 2.1 | 2.2 | 2.3 |     |
| 1        | 1        | 4   | 4   | 4   | 4   | 16  |
|          | 2        | 4   | 4   | 4   | 4   | 16  |
|          | 3        | 4   | 4   | 4   | 4   | 16  |
|          | 4        | 4   | 4   | 4   | 4   | 16  |
|          | 5        | 4   | 4   | 4   | 4   | 16  |
| 2        | 6        | 4   | 4   | 4   | 4   | 16  |
|          | 7        | 4   | 4   | 4   | 4   | 16  |
|          | 8        | 4   | 4   | 4   | 4   | 16  |
|          | 9        | 4   | 4   | 4   | 4   | 16  |
|          | 10       | 4   | 4   | 4   | 4   | 16  |
| 3        | 11       | 3   | 4   | 3   | 4   | 14  |
|          | 12       | 3   | 4   | 3   | 4   | 14  |
|          | 13       | 3   | 4   | 3   | 4   | 14  |
|          | 14       | 3   | 4   | 3   | 4   | 14  |
|          | 15       | 3   | 4   | 3   | 4   | 14  |
| 4        | 16       | 4   | 4   | 3   | 4   | 15  |
|          | 17       | 4   | 4   | 3   | 4   | 15  |
|          | 18       | 4   | 4   | 3   | 4   | 15  |
|          | 19       | 4   | 4   | 3   | 4   | 15  |
|          | 20       | 4   | 4   | 3   | 4   | 15  |
| 5        | 21       | 4   | 4   | 3   | 4   | 15  |
|          | 22       | 4   | 4   | 3   | 4   | 15  |
|          | 23       | 4   | 4   | 3   | 4   | 15  |
|          | 24       | 4   | 4   | 3   | 4   | 15  |
|          | 25       | 4   | 4   | 3   | 4   | 15  |
| 6        | 26       | 4   | 4   | 4   | 4   | 16  |
|          | 27       | 4   | 4   | 4   | 4   | 16  |
|          | 28       | 4   | 4   | 4   | 4   | 16  |
|          | 29       | 4   | 4   | 4   | 4   | 16  |
|          | 30       | 4   | 4   | 4   | 4   | 16  |
| รวม      |          | 115 | 120 | 105 | 120 | 460 |

เฉลี่ย

3.833333

ตาราง 20 คะแนนความสามารถในการคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์

สรุปผู้ประเมิน 3 คน ชุดที่ 1

| กลุ่มที่ | นักเรียน | ประเด็นที่ประเมิน |      |      |      |    |       | รวม   |
|----------|----------|-------------------|------|------|------|----|-------|-------|
|          |          | 1                 | 2    | 3    | 4    | 5  | 6     |       |
| 1        | 1        | 3                 | 3    | 2.67 | 3    | 3  | 3     | 17.67 |
|          | 2        | 3                 | 3    | 2.67 | 3    | 3  | 3     | 17.67 |
|          | 3        | 3                 | 3    | 2.67 | 3    | 3  | 3     | 17.67 |
|          | 4        | 3                 | 3    | 2.67 | 3    | 3  | 3     | 17.67 |
|          | 5        | 3                 | 3    | 2.67 | 3    | 3  | 3     | 17.67 |
| 2        | 6        | 3                 | 3    | 3    | 3    | 3  | 3     | 18    |
|          | 7        | 3                 | 3    | 3    | 3    | 3  | 3     | 18    |
|          | 8        | 3                 | 3    | 3    | 3    | 3  | 3     | 18    |
|          | 9        | 3                 | 3    | 3    | 3    | 3  | 3     | 18    |
|          | 10       | 3                 | 3    | 3    | 3    | 3  | 3     | 18    |
| 3        | 11       | 3                 | 2.67 | 2.33 | 3    | 3  | 3     | 17    |
|          | 12       | 3                 | 2.67 | 2.33 | 3    | 3  | 3     | 17    |
|          | 13       | 3                 | 2.67 | 2.33 | 3    | 3  | 3     | 17    |
|          | 14       | 3                 | 2.67 | 2.33 | 3    | 3  | 3     | 17    |
|          | 15       | 3                 | 2.67 | 2.33 | 3    | 3  | 3     | 17    |
| 4        | 16       | 3                 | 3    | 2    | 3    | 2  | 3     | 16    |
|          | 17       | 3                 | 3    | 2    | 3    | 2  | 3     | 16    |
|          | 18       | 3                 | 3    | 2    | 3    | 2  | 3     | 16    |
|          | 19       | 3                 | 3    | 2    | 3    | 2  | 3     | 16    |
|          | 20       | 3                 | 3    | 2    | 3    | 2  | 3     | 16    |
| 5        | 21       | 3                 | 3    | 2    | 3    | 3  | 3     | 17    |
|          | 22       | 3                 | 3    | 2    | 3    | 3  | 3     | 17    |
|          | 23       | 3                 | 3    | 2    | 3    | 3  | 3     | 17    |
|          | 24       | 3                 | 3    | 2    | 3    | 3  | 3     | 17    |
|          | 25       | 3                 | 3    | 2    | 3    | 3  | 3     | 17    |
| 6        | 26       | 3                 | 2.33 | 2    | 2.33 | 2  | 2.67  | 14.33 |
|          | 27       | 3                 | 2.33 | 2    | 2.33 | 2  | 2.67  | 14.33 |
|          | 28       | 3                 | 2.33 | 2    | 2.33 | 2  | 2.67  | 14.33 |
|          | 29       | 3                 | 2.33 | 2    | 2.33 | 2  | 2.67  | 14.33 |
|          | 30       | 3                 | 2.33 | 2    | 2.33 | 2  | 2.67  | 14.33 |
| รวม      |          | 90                | 85   | 70   | 86.5 | 80 | 88.35 | 500   |

เฉลี่ย  
2.777777

ตาราง 20 (ต่อ) ชุดที่ 2

| กลุ่มที่ | นักเรียน | ประเด็นที่ประเมิน |    |    |    |    |    | รวม |
|----------|----------|-------------------|----|----|----|----|----|-----|
|          |          | 1                 | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  |     |
| 1        | 1        | 3                 | 3  | 2  | 3  | 3  | 3  | 17  |
|          | 2        | 3                 | 3  | 2  | 3  | 3  | 3  | 17  |
|          | 3        | 3                 | 3  | 2  | 3  | 3  | 3  | 17  |
|          | 4        | 3                 | 3  | 2  | 3  | 3  | 3  | 17  |
|          | 5        | 3                 | 3  | 2  | 3  | 3  | 3  | 17  |
| 2        | 6        | 3                 | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 18  |
|          | 7        | 3                 | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 18  |
|          | 8        | 3                 | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 18  |
|          | 9        | 3                 | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 18  |
|          | 10       | 3                 | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 18  |
| 3        | 11       | 3                 | 3  | 2  | 3  | 3  | 3  | 17  |
|          | 12       | 3                 | 3  | 2  | 3  | 3  | 3  | 17  |
|          | 13       | 3                 | 3  | 2  | 3  | 3  | 3  | 17  |
|          | 14       | 3                 | 3  | 2  | 3  | 3  | 3  | 17  |
|          | 15       | 3                 | 3  | 2  | 3  | 3  | 3  | 17  |
| 4        | 16       | 3                 | 2  | 3  | 3  | 3  | 3  | 17  |
|          | 17       | 3                 | 2  | 3  | 3  | 3  | 3  | 17  |
|          | 18       | 3                 | 2  | 3  | 3  | 3  | 3  | 17  |
|          | 19       | 3                 | 2  | 3  | 3  | 3  | 3  | 17  |
|          | 20       | 3                 | 2  | 3  | 3  | 3  | 3  | 17  |
| 5        | 21       | 3                 | 2  | 3  | 3  | 3  | 3  | 17  |
|          | 22       | 3                 | 2  | 3  | 3  | 3  | 3  | 17  |
|          | 23       | 3                 | 2  | 3  | 3  | 3  | 3  | 17  |
|          | 24       | 3                 | 2  | 3  | 3  | 3  | 3  | 17  |
|          | 25       | 3                 | 2  | 3  | 3  | 3  | 3  | 17  |
| 6        | 26       | 3                 | 2  | 2  | 3  | 3  | 3  | 16  |
|          | 27       | 3                 | 2  | 2  | 3  | 3  | 3  | 16  |
|          | 28       | 3                 | 2  | 2  | 3  | 3  | 3  | 16  |
|          | 29       | 3                 | 2  | 2  | 3  | 3  | 3  | 16  |
|          | 30       | 3                 | 2  | 2  | 3  | 3  | 3  | 16  |
| รวม      |          | 90                | 75 | 75 | 90 | 90 | 90 | 510 |

เฉลี่ย

2.833333

ตาราง 20 (ต่อ) ชุดที่ 3

| กลุ่มที่ | นักเรียน | ประเด็นที่ประเมิน |    |       |       |    |    | รวม |
|----------|----------|-------------------|----|-------|-------|----|----|-----|
|          |          | 1                 | 2  | 3     | 4     | 5  | 6  |     |
| 1        | 1        | 3                 | 3  | 3     | 3     | 3  | 3  | 18  |
|          | 2        | 3                 | 3  | 3     | 3     | 3  | 3  | 18  |
|          | 3        | 3                 | 3  | 3     | 3     | 3  | 3  | 18  |
|          | 4        | 3                 | 3  | 3     | 3     | 3  | 3  | 18  |
|          | 5        | 3                 | 3  | 3     | 3     | 3  | 3  | 18  |
| 2        | 6        | 3                 | 3  | 3     | 3     | 3  | 3  | 18  |
|          | 7        | 3                 | 3  | 3     | 3     | 3  | 3  | 18  |
|          | 8        | 3                 | 3  | 3     | 3     | 3  | 3  | 18  |
|          | 9        | 3                 | 3  | 3     | 3     | 3  | 3  | 18  |
|          | 10       | 3                 | 3  | 3     | 3     | 3  | 3  | 18  |
| 3        | 11       | 3                 | 3  | 3     | 2     | 3  | 3  | 17  |
|          | 12       | 3                 | 3  | 3     | 2     | 3  | 3  | 17  |
|          | 13       | 3                 | 3  | 3     | 2     | 3  | 3  | 17  |
|          | 14       | 3                 | 3  | 3     | 2     | 3  | 3  | 17  |
|          | 15       | 3                 | 3  | 3     | 2     | 3  | 3  | 17  |
| 4        | 16       | 3                 | 3  | 3     | 3     | 3  | 3  | 18  |
|          | 17       | 3                 | 3  | 3     | 3     | 3  | 3  | 18  |
|          | 18       | 3                 | 3  | 3     | 3     | 3  | 3  | 18  |
|          | 19       | 3                 | 3  | 3     | 3     | 3  | 3  | 18  |
|          | 20       | 3                 | 3  | 3     | 3     | 3  | 3  | 18  |
| 5        | 21       | 3                 | 3  | 3     | 3     | 3  | 3  | 18  |
|          | 22       | 3                 | 3  | 3     | 3     | 3  | 3  | 18  |
|          | 23       | 3                 | 3  | 3     | 3     | 3  | 3  | 18  |
|          | 24       | 3                 | 3  | 3     | 3     | 3  | 3  | 18  |
|          | 25       | 3                 | 3  | 3     | 3     | 3  | 3  | 18  |
| 6        | 26       | 3                 | 3  | 2.67  | 2.33  | 3  | 3  | 17  |
|          | 27       | 3                 | 3  | 2.67  | 2.33  | 3  | 3  | 17  |
|          | 28       | 3                 | 3  | 2.67  | 2.33  | 3  | 3  | 17  |
|          | 29       | 3                 | 3  | 2.67  | 2.33  | 3  | 3  | 17  |
|          | 30       | 3                 | 3  | 2.67  | 2.33  | 3  | 3  | 17  |
| รวม      |          | 90                | 90 | 88.35 | 81.65 | 90 | 90 | 530 |

เฉลี่ย

2.944444

ตาราง 21 คะแนนความตระหนักต่อเทคโนโลยีของนักเรียนกลุ่มทดลอง

| นักเรียน | 1   | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8   | 9    | 10  | 11  | 12   | 13   | 14   | 15   |
|----------|-----|------|------|------|------|------|------|-----|------|-----|-----|------|------|------|------|
| 1        | 3   | 4    | 3    | 4    | 4    | 5    | 5    | 3   | 5    | 5   | 4   | 4    | 4    | 3    | 3    |
| 2        | 3   | 4    | 4    | 5    | 3    | 4    | 5    | 4   | 5    | 5   | 4   | 4    | 5    | 5    | 5    |
| 3        | 4   | 5    | 4    | 3    | 5    | 4    | 5    | 3   | 4    | 5   | 4   | 4    | 5    | 5    | 5    |
| 4        | 3   | 4    | 3    | 5    | 5    | 4    | 5    | 4   | 5    | 5   | 3   | 4    | 5    | 5    | 4    |
| 5        | 4   | 4    | 4    | 3    | 3    | 2    | 4    | 5   | 4    | 4   | 3   | 3    | 2    | 5    | 3    |
| 6        | 3   | 4    | 4    | 5    | 5    | 5    | 5    | 4   | 5    | 5   | 4   | 3    | 4    | 5    | 4    |
| 7        | 4   | 4    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5   | 5    | 5   | 3   | 5    | 4    | 5    | 3    |
| 8        | 3   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5   | 5    | 5   | 1   | 5    | 5    | 5    | 3    |
| 9        | 5   | 3    | 3    | 5    | 4    | 5    | 5    | 5   | 5    | 5   | 4   | 4    | 5    | 5    | 4    |
| 10       | 3   | 4    | 4    | 5    | 3    | 4    | 5    | 4   | 5    | 5   | 4   | 5    | 4    | 5    | 4    |
| 11       | 4   | 1    | 3    | 5    | 5    | 4    | 5    | 3   | 5    | 5   | 5   | 5    | 5    | 5    | 3    |
| 12       | 4   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 4   | 5    | 4   | 4   | 3    | 5    | 5    | 5    |
| 13       | 4   | 3    | 3    | 5    | 5    | 4    | 5    | 4   | 5    | 5   | 4   | 3    | 4    | 5    | 4    |
| 14       | 5   | 5    | 3    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5   | 5    | 5   | 5   | 1    | 5    | 5    | 5    |
| 15       | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5   | 5    | 5   | 5   | 4    | 5    | 5    | 5    |
| 16       | 4   | 4    | 3    | 5    | 5    | 4    | 4    | 4   | 4    | 4   | 4   | 4    | 5    | 4    | 4    |
| 17       | 5   | 4    | 4    | 5    | 4    | 5    | 5    | 5   | 5    | 5   | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    |
| 18       | 3   | 4    | 3    | 5    | 4    | 4    | 5    | 3   | 4    | 4   | 4   | 4    | 4    | 5    | 4    |
| 19       | 4   | 3    | 3    | 5    | 5    | 5    | 5    | 4   | 5    | 4   | 5   | 4    | 5    | 5    | 5    |
| 20       | 4   | 3    | 4    | 4    | 3    | 4    | 4    | 3   | 4    | 5   | 3   | 4    | 3    | 4    | 4    |
| 21       | 4   | 3    | 3    | 5    | 5    | 4    | 4    | 4   | 5    | 4   | 4   | 4    | 4    | 5    | 4    |
| 22       | 5   | 2    | 5    | 3    | 5    | 5    | 5    | 4   | 5    | 4   | 4   | 4    | 4    | 5    | 4    |
| 23       | 3   | 5    | 2    | 5    | 5    | 5    | 5    | 4   | 5    | 5   | 4   | 3    | 4    | 4    | 4    |
| 24       | 4   | 1    | 4    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5   | 5    | 5   | 5   | 5    | 5    | 5    | 3    |
| 25       | 2   | 4    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 4   | 5    | 5   | 4   | 4    | 4    | 5    | 4    |
| 26       | 5   | 2    | 3    | 5    | 4    | 3    | 5    | 4   | 5    | 5   | 5   | 4    | 5    | 5    | 4    |
| 27       | 5   | 2    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5   | 5    | 5   | 4   | 4    | 4    | 5    | 4    |
| 28       | 3   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 4   | 5    | 5   | 4   | 4    | 5    | 5    | 4    |
| 29       | 2   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 4   | 5    | 4   | 4   | 4    | 4    | 4    | 5    |
| 30       | 4   | 5    | 4    | 5    | 4    | 4    | 5    | 3   | 5    | 4   | 4   | 2    | 5    | 4    | 3    |
| ผลรวม    | 114 | 112  | 116  | 142  | 136  | 134  | 146  | 123 | 145  | 141 | 120 | 116  | 133  | 143  | 121  |
| เฉลี่ย   | 3.8 | 3.73 | 3.87 | 4.73 | 4.53 | 4.47 | 4.87 | 4.1 | 4.83 | 4.7 | 4   | 3.87 | 4.43 | 4.77 | 4.03 |

ตาราง 21 (ต่อ)

| 16   | 17   | 18  | 19   | 20  | 21  | 22  | 23   | 24   | 25   | 26  | 27  | 28  | 29   | 30   | ผลรวม |
|------|------|-----|------|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|-------|
| 5    | 5    | 3   | 3    | 3   | 5   | 5   | 3    | 1    | 3    | 3   | 4   | 1   | 4    | 3    | 110   |
| 5    | 4    | 3   | 5    | 5   | 5   | 5   | 1    | 4    | 4    | 5   | 5   | 4   | 5    | 5    | 130   |
| 4    | 4    | 3   | 4    | 5   | 3   | 4   | 3    | 4    | 3    | 2   | 3   | 2   | 3    | 2    | 114   |
| 5    | 4    | 4   | 5    | 4   | 4   | 3   | 3    | 3    | 3    | 3   | 3   | 3   | 3    | 3    | 117   |
| 4    | 3    | 3   | 4    | 4   | 5   | 5   | 4    | 3    | 3    | 3   | 4   | 4   | 5    | 5    | 112   |
| 4    | 5    | 4   | 5    | 5   | 3   | 4   | 3    | 2    | 3    | 2   | 4   | 2   | 3    | 3    | 117   |
| 5    | 4    | 4   | 5    | 4   | 1   | 4   | 5    | 1    | 3    | 3   | 4   | 5   | 5    | 5    | 126   |
| 5    | 5    | 5   | 5    | 5   | 5   | 5   | 5    | 3    | 5    | 5   | 5   | 5   | 5    | 5    | 140   |
| 5    | 5    | 4   | 5    | 3   | 5   | 5   | 2    | 3    | 4    | 5   | 5   | 3   | 5    | 5    | 131   |
| 4    | 5    | 2   | 5    | 5   | 5   | 5   | 5    | 5    | 5    | 5   | 4   | 4   | 5    | 5    | 133   |
| 5    | 5    | 3   | 5    | 5   | 2   | 5   | 4    | 3    | 5    | 5   | 5   | 5   | 5    | 5    | 130   |
| 4    | 3    | 3   | 5    | 5   | 5   | 5   | 4    | 3    | 4    | 3   | 3   | 2   | 5    | 5    | 128   |
| 3    | 3    | 4   | 5    | 5   | 4   | 5   | 3    | 4    | 4    | 5   | 4   | 3   | 5    | 5    | 125   |
| 5    | 5    | 5   | 5    | 3   | 5   | 5   | 5    | 5    | 5    | 5   | 5   | 5   | 5    | 5    | 142   |
| 3    | 4    | 3   | 5    | 5   | 4   | 3   | 3    | 4    | 4    | 5   | 4   | 2   | 4    | 5    | 132   |
| 3    | 3    | 3   | 5    | 5   | 4   | 4   | 4    | 4    | 3    | 4   | 3   | 5   | 4    | 5    | 121   |
| 5    | 5    | 4   | 4    | 5   | 4   | 5   | 1    | 4    | 5    | 2   | 5   | 1   | 5    | 5    | 132   |
| 4    | 4    | 3   | 5    | 4   | 5   | 4   | 4    | 4    | 4    | 3   | 4   | 4   | 5    | 5    | 122   |
| 3    | 3    | 3   | 4    | 5   | 5   | 2   | 3    | 4    | 3    | 3   | 4   | 3   | 4    | 5    | 121   |
| 3    | 4    | 2   | 4    | 3   | 4   | 3   | 3    | 4    | 3    | 3   | 4   | 3   | 5    | 5    | 109   |
| 5    | 4    | 3   | 5    | 4   | 4   | 4   | 3    | 3    | 3    | 3   | 3   | 1   | 4    | 5    | 116   |
| 4    | 5    | 3   | 3    | 4   | 5   | 5   | 3    | 5    | 5    | 1   | 5   | 5   | 3    | 5    | 125   |
| 4    | 3    | 3   | 4    | 4   | 4   | 5   | 4    | 3    | 4    | 3   | 4   | 3   | 5    | 5    | 121   |
| 5    | 5    | 4   | 5    | 5   | 5   | 5   | 5    | 4    | 3    | 5   | 4   | 5   | 5    | 5    | 137   |
| 4    | 4    | 5   | 5    | 3   | 4   | 4   | 4    | 3    | 3    | 4   | 4   | 4   | 5    | 5    | 127   |
| 4    | 4    | 4   | 4    | 4   | 5   | 5   | 4    | 4    | 4    | 3   | 4   | 4   | 5    | 4    | 126   |
| 5    | 4    | 4   | 5    | 5   | 4   | 5   | 4    | 4    | 4    | 5   | 5   | 5   | 5    | 5    | 137   |
| 5    | 4    | 4   | 5    | 5   | 5   | 5   | 5    | 1    | 5    | 3   | 5   | 5   | 5    | 5    | 136   |
| 4    | 5    | 4   | 5    | 5   | 5   | 5   | 4    | 4    | 4    | 5   | 5   | 2   | 5    | 5    | 133   |
| 4    | 4    | 3   | 5    | 5   | 5   | 3   | 3    | 4    | 4    | 5   | 5   | 2   | 4    | 5    | 122   |
| 128  | 125  | 105 | 139  | 132 | 129 | 132 | 107  | 103  | 115  | 111 | 126 | 102 | 136  | 140  | 3772  |
| 4.27 | 4.17 | 3.5 | 4.63 | 4.4 | 4.3 | 4.4 | 3.57 | 3.43 | 3.83 | 3.7 | 4.2 | 3.4 | 4.53 | 4.67 | 4.19  |



ภาคผนวก ข

ประมวลภาพประกอบการวิจัย



ภาพประกอบ 1 ผู้วิจัยชี้แจงการเรียนรู้ชุดกิจกรรม กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง



ภาพประกอบ 2 ทดลองใช้ชุดกิจกรรมกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 9 คน



ภาพประกอบ 3 นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 9 คน แสดงความคิดเห็นต่อชุดกิจกรรม



ภาพประกอบ 4 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างเรียนชุดกิจกรรม เรื่อง การผลิตก๊าซชีวภาพ



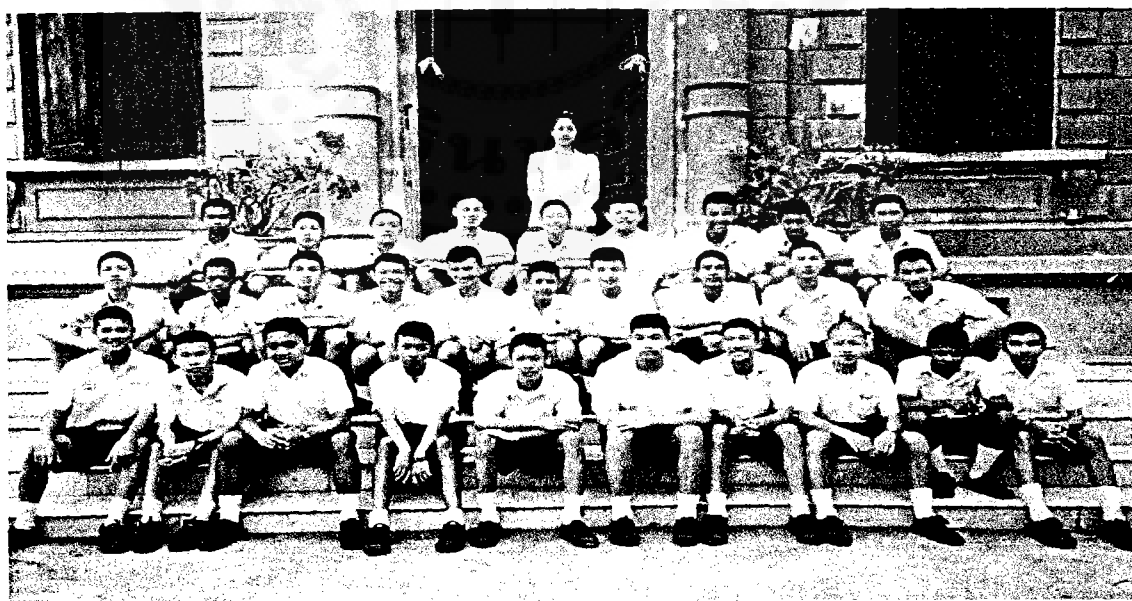
ภาพประกอบ 5 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างเรียนชุดกิจกรรม เรื่อง การผลิตเชื้อเพลิงชีว



ภาพประกอบ 6 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างเรียนชุดกิจกรรม เรื่อง การสกัดสีจากธรรมชาติ



ภาพประกอบ 7 วัดความตระหนักต่อเทคโนโลยี ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างหลังเรียน



ภาพประกอบ 8 ผู้วิจัยถ่ายภาพร่วมกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

ประวัติย่อผู้วิจัย



## ประวัติย่อผู้วิจัย

|                      |                                                                  |
|----------------------|------------------------------------------------------------------|
| ชื่อ                 | นางเพชรรัตดา เทพพิทักษ์                                          |
| วันเดือนปีเกิด       | 20 กันยายน 2510                                                  |
| สถานที่เกิด          | อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี                                         |
| สถานที่อยู่ปัจจุบัน  | 483/3 หมู่ที่ 6 แขวงบางปะกอก เขตราชบุรีบูรณะ กรุงเทพมหานคร 10140 |
| ตำแหน่งหน้าที่การงาน | อาจารย์ 1 ระดับ 5                                                |
| สถานที่ทำงานปัจจุบัน | โรงเรียนมัธยมวัดเบญจมบพิตร เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300          |
| ประวัติการศึกษา      |                                                                  |
| พ.ศ. 2523            | ประถมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนเมืองใหม่ จังหวัดลพบุรี             |
| พ.ศ. 2526            | มัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนพระนารายณ์ จังหวัดลพบุรี            |
| พ.ศ. 2529            | มัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนพินุลวิทยาลัย จังหวัดลพบุรี         |
| พ.ศ. 2533            | ค.บ. (วิทยาศาสตร์ทั่วไป) จากสถาบันราชภัฏเทพสตรี ลพบุรี           |
| พ.ศ. 2545            | กศ.ม.(วิทยาศาสตร์ศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ            |