บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการศึกษามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมจากการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรของชุมชนชาวกะเหรี่ยง

1. รวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่และจัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ถูกรวบรวมไว้เพื่อนำมาสร้างชั้นข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ประกอบด้วย 5 ข้อมูล ได้แก่ 1) ปัจจัยเกี่ยวกับฝนและน้ำที่ไหลบ่าตามผิวดิน 2) ปัจจัยเกี่ยวกับความยากง่ายในการเกิดการพังทลายของดิน 3) ปัจจัยเกี่ยวกับสภาพภูมิประเทศ 4) ปัจจัยเกี่ยวกับการจัดการพืช และ 5) ปัจจัยเกี่ยวกับการปฏิบัติการอนุรักษ์ดิน โดยรายละเอียดของแต่ละข้อมูลมี ดังนี้

1.1 ปัจจัยเกี่บวกับฝนและน้ำไหลบ่าตามผิวดิน (R)

ค่าปัจจัยเกี่ยวกับฝนและน้ำไหลบ่าตามผิวดิน (R) ของพื้นที่หมู่บ้านตะเพินคี่ในครั้งนี้ ใช้วิธีการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 30 ปีของสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนในสถานีใกล้เคียง และใช้สมการภาคตะวันตกและภาคกลาง เพื่อทำการวิเคราะห์หาค่าปัจจัยเกี่ยวกับฝนและน้ำไหลบ่าตามผิวดิน (R) ดังสมการ

$$R = 0.868Ra - 323$$

เมื่อ R = ดัชนีการพังทลายของดินที่เกิดจากฝนและน้ำไหลบ่าตามผิวดิน (R)

Ra = ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือน (นิ้ว)

นำค่าปัจจัยเกี่ยวกับฝนและน้ำไหลบ่าตามผิวดิน (R) มาสร้างเป็นชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยโปรแกรม ArcGIS 9.1

1.2 ปัจจัยเกี่ยวกับความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K)

ปัจจัยเกี่ยวกับความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน หรือ Soil Erodibility ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของดินแต่ละชนิด โดยการหาวิเคราะห์หาเนื้อดินด้วยวิธี mechanical analysis โดยใช้สัดส่วนของเปอร์เซ็นต์ทราย ซิลท์ และดินเหนียว การประมาณหาค่าเปอร์เซ็นต์ทรายละเอียด (ขนาด 0.1 – 0.05 มม.) ทำได้โดยเปอร์เซ็นต์ทรายและซิลท์ ตามสมการ

$$M = 100 \text{ \%ซิลท์ (ขนาด 0.1 – 0.002 มม.)} \times \text{\% ดินเหนียว}$$

สำหรับดินที่มีปริมาณซิลท์รวมกับปริมาณทรายละเอียดมาก น้อยกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ และแผนภาพ (nomograph) ของ Wischmeier และคณะ (1971) และ ของ Wischmeier และ Mannering (1969) จะประเมินได้จากสมการ

$$100K = 2.1^{M1.14}(10^{-4})(12 - a) + 3.25\,(b - 2) + 2.5\,(C - 3)$$

เมื่อ M = พารามิเตอร์ขนาดอนุภาคดินทราย (ขนาด 0.1 – 0.05 มม.)

a = เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุในดิน (percent organic matter)

b = รหัส (Code) ที่ใช้แทนค่าลักษณะโครงสร้างของดิน

c = ระดับของอัตราการซึมซาบน้ำในชั้นของดิน (profile permeability class)

นำค่า K ของจุดเก็บตัวอย่างดินต่าง ๆ ไปสร้างเป็นชั้นข้อมูลแสดงค่าปัจจัยเกี่ยวกับความยากง่ายในการเกิดการพังทลายของดินด้วยโปรแกรม ArcGIS 9.1

1.3 ปัจจัยเกี่ยวกับสภาพภูมิประเทศ

ปัจจัยเกี่ยวกับสภาพภูมิประเทศ ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ความยาวความลาดเท (L) และความชัน (S) โดยที่ L คือ ระยะทางในแนวราบจากจุดที่เริ่มมีน้ำไหลเอ่อผิวดินจนถึงจุดใดจุดหนึ่ง คือ จุดที่ความชันลดลงจนกระทั่งเกิดการสะสมของตะกอน หรือจุดที่มีการรวมตัวของน้ำไหลบ่า ส่วนค่า S คือ ความลาดชันที่วัดได้หรือความลาดชัน (contour) ที่มีเส้นความสูงห่างกันชั้นละ 2 ฟุต ที่ได้จากแผนที่ความสูงเท่า โดย Wischmeier และ Smith (1997) ได้คิดสมการสำหรับหาค่า LS ดังนี้

$$LS = (\lambda/22.13)^{m}\ (0.065 + 0.045S + 0.0065S^{2})$$

เมื่อ L = Slope length factor (m.)

λ = Slope length (m.)

m = dimensionless exponent

0.5 เมื่อ Slope ≥ 5%

0.4 เมื่อ Slope = 3.5 – 4.5 %

0.3 เมื่อ Slope = 1 – 3 %

0.2 เมื่อ Slope ≤ 1 %

λ = cell size/cosθ

θ = Slope (degree)

S = Slope (degree)

1.4. ปัจจัยเกี่ยวกับการจัดการพืช (C)

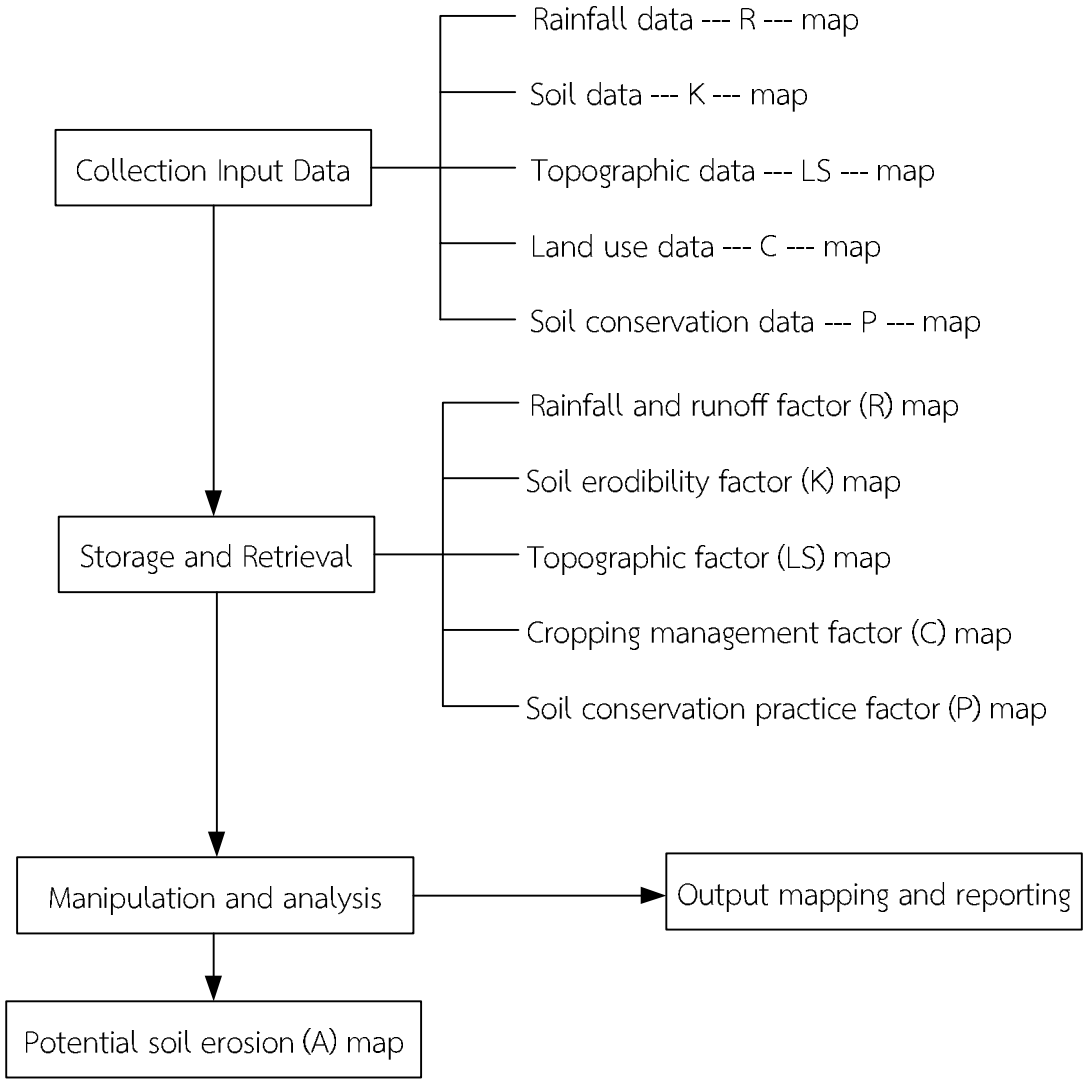
ปัจจัยเกี่ยวกับการจัดการพืชเป็นดัชนีที่ได้จากการกำหนดค่าปัจจัยเกี่ยวกับการจัดการพืช (C) ของ กรมพัฒนาที่ดิน (2543) นำมาสร้างชั้นข้อมูลแสดงค่าปัจจัยเกี่ยวกับการจัดการพืชด้วยโปรแกรม ArcGIS 9.1

1.5. ปัจจัยเกี่ยวกับการปฏิบัติการป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน (P)

การกำหนดค่าปัจจัยเกี่ยวกับการปฏิบัติการป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน ใช้ข้อมูลที่ศึกษาโดย กรมพัฒนาที่ดิน (2543) นำมาสร้างชั้นข้อมูลแสดงค่าปัจจัยเกี่ยวกับการปฏิบัติการป้องกันการชะล้างพังทลายของดินด้วยโปรแกรม ArcGIS 9.1

2. การวิเคราะห์ปริมาณการชะล้างพังทลายของดินด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

การประเมินปริมาณการชะล้างพังทลายของดินเฉลี่ยต่อปี (A) หาได้จากผลคูณของปัจจัยต่าง ๆ ในสมการสูญเสียดินสากล (USLE) ตามวิธีของ วิชไมเออร์ และสมิธ (Wischmeier and Smith,1978) สมการ A = RKLSCP ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ArcGIS 9.1 จากการสร้างชั้นข้อมูลดิจิตอลทั้งหมด 5 ปัจจัย คือ R, K, LS, C และ P ซึ่งโปรแกรมจะวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่และทำการซ้อนทับ (overlay) ชั้นข้อมูลทั้ง 5 ปัจจัย เพื่อคำนวณค่าปริมาณการสูญเสีย (A) ที่เกิดจากการชะล้างพังทลายของดิน และจัดกลุ่มค่าปริมาณการชะล้างพังทลายของดินเป็นชั้นต่าง ๆ ตามระดับความรุนแรงและสร้างแผนที่แสดงปริมาณการชะล้างพังทลายของดินเพื่อนำไปสู่การสร้างมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่หมู่บ้านตะเพินคี่อย่างเหมาะสมต่อไป ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลในโปรแกรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ แสดงในภาพที่ 3.1 ดังนี้



ภาพที่ 3.1 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS)

วิธีการประเมินความเสี่ยงจากการกิจกรรมต่าง ๆ ด้านการเกษตร

1. การรวบรวมปัญหาและจำแนกอันตราย (Hazard Identification) จากการใช้สารเคมีทางการเกษตร

ในขั้นตอนนี้ จะเป็นขั้นตอนในการรวบรวมปัญหา โดยทำการศึกษาข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารเคมีทางการเกษตรบนพื้นที่ชุมชนชาวกะเหรี่ยง หมู่บ้านตะเพินคี่ จังหวัดสุพรรณบุรี ตลอดจนศึกษาข้อมูลอื่น ๆ ที่ใช้เป็นองค์ประกอบในการประเมินความเสี่ยงต่อไป เช่น พฤติกรรมการใช้สารเคมี สถิติความเจ็บป่วยจากการใช้สารเคมีทางการเกษตร เป็นต้น และทำการจำแนกอันตรายจากการใช้สารเคมีทางการเกษตร ออกเป็นประเด็นต่าง ๆ ที่เป็นปัจจัยเสี่ยงที่อาจก่อให้เกิดอันตรายจากการใช้สารเคมีทางการเกษตร โดยมุ่งเน้นกิจกรรม กระบวนการ ตลอดจนปัจจัยอื่น ๆ ที่มีอิทธิพลหรือส่งผลกระทบในด้านความปลอดภัยและสุขภาพของมนุษย์ ทรัพย์สิน และสิ่งแวดล้อม จากการใช้สารเคมีทางการเกษตรของพื้นที่ศึกษา

2. การศึกษาเครื่องมือ (Tools) และออกแบบแบบประเมินความเสี่ยง

เป็นขั้นตอนการศึกษาและออกแบบสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินระดับโอกาส และความรุนแรงจากกิจกรรมต่าง ๆ ในการใช้สารเคมีทางการเกษตรของชาวกะเหรี่ยง หมู่บ้านตะเพินคี่ จังหวัดสุพรรณบุรีนี้ โดยทำการศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินความเสี่ยงต่าง ๆ และทำการคัดเลือกเครื่องมือที่เหมาะสม เช่น วิธี Hazard and Operability Studies (HAZOP), วิธี Checklist, วิธี What if เป็นต้น และออกแบบแบบประเมินความเสี่ยง โดยการรวบรวมปัจจัยความเสี่ยงในด้านต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้สารเคมีทางการเกษตรของชุมชนกะเหรี่ยงนี้ทั้งหมด ทั้งนี้จะต้องออกแบบการศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นให้ครอบคลุมปัจจัย 3 ด้าน ได้แก่ ความปลอดภัยและสุขภาพของมนุษย์ ทรัพย์สิน และสิ่งแวดล้อม

3. การวิเคราะห์อันตราย (Hazard Analysis) และวิเคราะห์ความเสี่ยง (Risk Analysis)

เป็นการวิเคราะห์ผลกระทบออกมาในรูปแบบเชิงปริมาณ โดยการลงสำรวจในพื้นที่ศึกษา และทำการประเมินความเสี่ยงโดยใช้แบบประเมินความเสี่ยงที่ออกแบบไว้ ซึ่งประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ

1) การวิเคราะห์อันตราย (Hazard Analysis)

เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์โอกาสในการเกิดเหตุการณ์ความเสี่ยง (Likelihood) หรือการวิเคราะห์ความถี่ (Frequency Analysis) ของการเกิดอุบัติภัย อันตรายจากการใช้สารเคมีทางการเกษตร และการวิเคราะห์ผลหรือความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้นตามมา (Consequence Analysis) ทั้งนี้ได้กำหนดเกณฑ์ประเมินมาตรฐาน ดังนี้

1.1 เกณฑ์การพิจารณาระดับโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ (Likelihood) ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.1 แสดงการกำหนดระดับโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ จากมาตรการที่มีอยู่

ระดับ	โอกาสที่จะเกิด	ข้อมูลพิจารณา
5	สูงมาก	มีโอกาสในการเกิดสูงมาก
4	สูง	มีโอกาสในการเกิดสูง เพราะไม่มีมาตรการ
3	ปานกลาง	มีโอกาสในการเกิดปานกลาง เพราะมีมาตรการที่เป็น WI แบบไม่มีตัวช่วย
2	น้อย	มีโอกาสในการเกิดน้อย เพราะมีมาตรการที่เป็น WI แบบมีตัวช่วย เช่น ฉลาก ป้ายเตือน
1	น้อยมาก	มีโอกาสในการเกิดน้อยมาก เพราะมีมาตรการที่เป็นวัสดุอุปกรณ์ PM

ตารางที่ 3.2 แสดงการกำหนดระดับโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ จากสถิติการเกิดที่ผ่านมา

ระดับ	โอกาสที่จะเกิด	ข้อมูลพิจารณา
5	สูงมาก	ความถี่ในการเกิด เกิดมากกว่า 1 ครั้งต่อเดือน
4	สูง	ความถี่ในการเกิด 1 – 6 เดือนต่อครั้ง
3	ปานกลาง	ความถี่ในการเกิด 1 ปีต่อครั้ง
2	น้อย	ความถี่ในการเกิด 2 – 4 ปีต่อครั้ง
1	น้อยมาก	ความถี่ในการเกิด 5 ปีต่อครั้ง

1.2 เกณฑ์การพิจารณาความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้นตามมา (Consequence Analysis) ซึ่งจะทำการพิจารณาครอบคลุมปัจจัย 3 ด้าน ได้แก่ ความปลอดภัยและสุขภาพของมนุษย์ ทรัพย์สิน และสิ่งแวดล้อม ดังแสดงในตารางที่ 3.3 - 3.5 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.3 แสดงการจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยและสุขภาพมนุษย์

ระดับ	ความรุนแรง	รายละเอียด
5	สูงมาก	มีผลกระทบรุนแรงมาก ถึงขั้นทุพลภาพหรือเสียชีวิต
4	สูง	มีผลกระทบรุนแรง มีการบาดเจ็บหรือเจ็บป่วยที่รุนแรง
3	ปานกลาง	มีผลกระทบปานกลาง มีการบาดเจ็บที่ต้องได้รับการรักษาทางการแพทย์
2	น้อย	มีผลกระทบเล็กน้อย ในระดับปฐมพยาบาล
1	น้อยมาก	มีผลกระทบน้อยมาก อยู่ในภาวะที่ปกติ

ตารางที่ 3.4 แสดงการจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อทรัพย์สิน

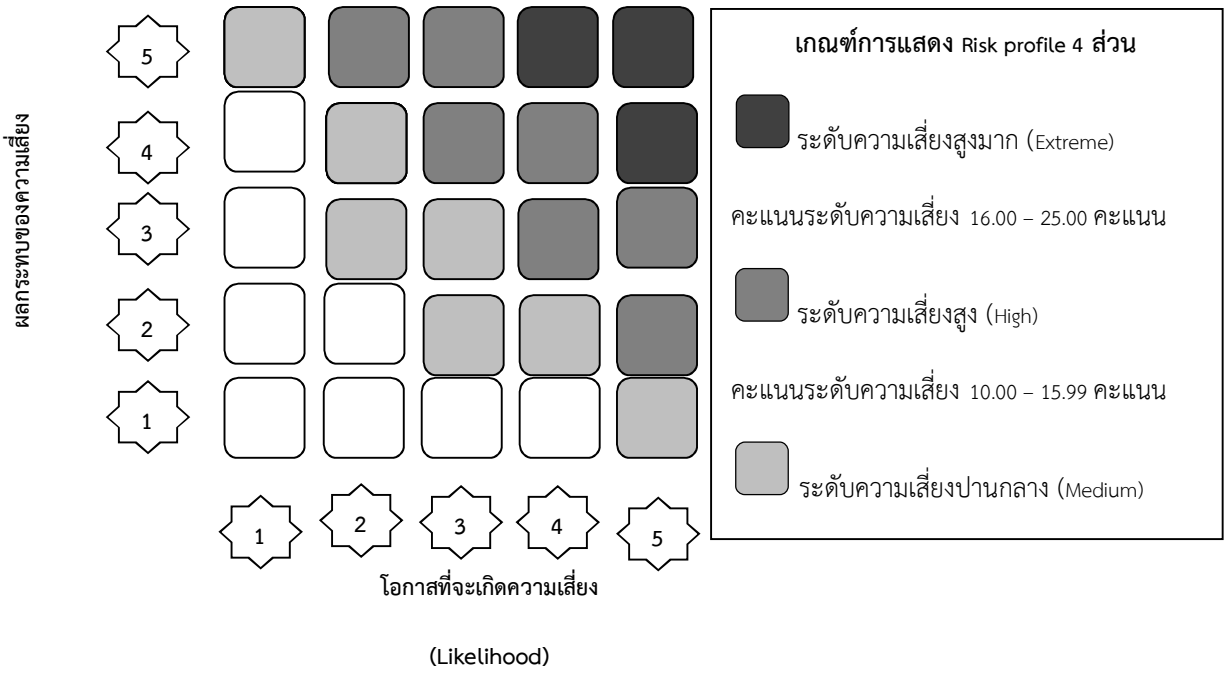
ระดับ	โอกาสที่จะเกิด	ข้อมูลพิจารณา
5	สูงมาก	ทรัพย์สินเสียหายมาก และต้องหยุดการผลิตทันที
4	สูง	ทรัพย์สินเสียหาย และต้องมีมาตรการควบคุม แก้ไข
3	ปานกลาง	ทรัพย์สินเสียหายปานกลาง และอาจต้องหยุดการผลิตบางส่วน
2	น้อย	ทรัพย์สินเสียหายเล็กน้อย และสามารถผลิตต่อไปได้
1	น้อยมาก	ทรัพย์สินเสียหายน้อยมากหรือไม่เสียหายเลย

ตารางที่ 3.5 แสดงการจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ระดับ	โอกาสที่จะเกิด	ข้อมูลพิจารณา
5	สูงมาก	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรุนแรงมาก ต้องใช้ทรัพยากรและเวลานานมากในการแก้ไข
4	สูง	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรุนแรง ต้องใช้เวลานานในการแก้ไข
3	ปานกลาง	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมปานกลาง สามารถแก้ไขได้ในระยะเวลาสั้น
2	น้อย	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเล็กน้อย สามารถควบคุมหรือแก้ไขได้
1	น้อยมาก	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยมากหรือไม่มีผลกระทบเลย

2) การวิเคราะห์ความเสี่ยง (Risk Analysis)

การวิเคราะห์หาความเสี่ยง เป็นขั้นตอนการหาระดับความเสียหายของอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้น และหาโอกาสในการเกิดของอุบัติภัยนั้น ๆ ครอบคลุมทั้งในด้านความปลอดภัยและสุขภาพของมนุษย์ ทรัพย์สิน และสิ่งแวดล้อม โดยเป็นการคาดคะเนความเสี่ยงเชิงปริมาณบนพื้นฐานของการประเมินด้านวิศวกรรมและเทคนิคด้านคณิตศาสตร์ ที่รวมเอาโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ คูณกับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นตามมา (Risk = Likelihood x Consequences) และทำการจัดระดับความเสี่ยง (Degree of risk) จากผลลัพธ์ดังกล่าว โดยแบ่งออกเป็น 4 ระดับ และแสดงเป็น Risk profile ของพื้นที่ 4 ส่วน ดังแสดงในภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 แสดงการวิเคราะห์ค่าระดับความเสี่ยง (Degree of risk)

4. การประเมินมาตรการ และแนวทางการลดความเสี่ยง

เป็นขั้นตอนการประเมินหามาตรการ และแนวทางในการลดความเสี่ยงจากการใช้สารเคมีทางการเกษตรของชุมชนชาวกะเหรี่ยง หมู่บ้านตะเพินคี่ จังหวัดสุพรรณบุรี โดยเป็นการนำข้อมูลระดับความเสี่ยงจากปัจจัยต่าง ๆ ที่อาจเกิดอุบัติเหตุ หรืออันตราย ซึ่งส่งผลกระทบทั้งในด้านความปลอดภัยและสุขภาพของมนุษย์ ทรัพย์สิน และสิ่งแวดล้อม นำมาวิเคราะห์หามาตรการ และแนวทางการลดความเสี่ยง โดยกำหนดมาตรการตามความเหมาะสมของค่าระดับความเสี่ยงที่ทำการประเมินของแต่ละปัจจัย ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 มาตรการ ได้แก่ 1) ยอมรับได้ (ไม่มีมาตรการ) 2) มาตรการหลีกเลี่ยง 3) มาตรการควบคุม และ 4) มาตรการถ่ายโอน เพื่อเป็นแนวทางในการจัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยงในการใช้สารเคมีทางการเกษตรของชุมชนกะเหรี่ยง ตำบลตะเพินคี่ จังหวัดสุพรรณบุรีต่อไปในอนาคต

วิธีการวิเคราะห์หาจุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค (SWOT) ในการส่งเสริมและพัฒนาพื้นที่ชุมชนกระเหรี่ยงให้เป็นพื้นที่เกษตรอินทรีย์

1. ประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

1) ประชากรเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย

(1) เกษตรกรชาวกะเหรี่ยงตะเพินคี่ จำนวน 57 ครัวเรือน โดยการสุ่มแบบบังเอิญ (Accidental random Sampling) โดยกำหนดสุ่มตัวแทน 1 คน ต่อ 1 ครัวเรือน

(2) เจ้าหน้าที่อุทยานแห่งชาติพุเตยหรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำเกษตรของชาวกะเหรี่ยงตะเพินคี่ จำนวน 1 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling)

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวบข้อมูลจากประชากรเป้าหมาย โดยการลงพื้นที่เก็บข้อมูลภาคสนามด้วยตนเอง ณ อุทยานแห่งชาติพุเตย จังหวัดสุพรรณบุรี โดยการสัมภาษณ์ แบบสำรวจ และแบบสอบถามที่สร้างขึ้น ไปทำการเก็บรวบรวมข้อมูลกับประชากรเป้าหมายในการศึกษาประกอบด้วย

(1) เกษตรกรชาวกะเหรี่ยงตะเพินคี่ จำนวน 57 ชุด

(2) เจ้าหน้าที่อุทยานแห่งชาติพุเตยหรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำเกษตรของชาวกะเหรี่ยงตะเพินคี่ จำนวน 1 คน

3. เครื่องมือในการวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือสำหรับการศึกษาค้นคว้า เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์คือ แบบสำรวจ และแบบสอบถาม ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการศึกษา แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งเป็น

1) แบบสำรวจสภาพพื้นที่ทำการเกษตร

เป็นแบบสำรวจ ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งเนื้อหาการสำรวจตามหลักการผลิตพืชเกษตรอินทรีย์ (กรมวิชาการเกษตร: http://www.thaikasetsart.com)

2) แบบสอบถาม

สำหรับแบบสอบถามเกษตรกรชาวกะเหรี่ยงตะเพินคี่ ข้อคำถามในส่วนของความรู้ความเข้าใจผู้วิจัยได้ดัดแปลงมาจากหลักการเกษตรอินทรีย์ของสหพันธ์เกษตรอินทรีย์นานาชาติ (International Organic Agriculture Movements – IFOAM) ซึ่งประกอบด้วยหลักการ 4 ข้อสำคัญ คือ สุขภาพ, นิเวศวิทยา, ความเป็นธรรม, และการดูแลเอาใจใส่ (อ้างถึงในสหกรณ์กรีนเนท จำกัด: http://www.greennet.or.th/article/1007) แบบสอบถามมีโครงสร้างแบ่งออกเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการทำการเกษตร

ตอนที่ 3 ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์

ตอนที่ 4 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

สำหรับแบบสอบถามตอนที่ 3 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์มีลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบเลือกตอบ คือ ใช่ ไม่ใช่ จำนวน 20 ข้อ โดยมีข้อคำถามที่มีลักษณะทางบวกและข้อคำถามทางลบ ลักษณะคำตอบเป็น 2 ระดับ โดยกำหนดเกณฑ์ให้คะแนน คือ

ลักษณะคำตอบ	คะแนนข้อความที่มีลักษณะทางบวก	คะแนนข้อความที่มีลักษณะทางลบ
ใช่	1	0
ไม่ใช่	0	1

การแปลผลความรู้ความเข้าใจ ช่วงคะแนนอยู่ระหว่าง 0 - 20 คะแนน แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ค่าสูงสุด - ค่าต่ำสุด / จำนวนชั้น (ชัชวาล เรืองประพันธ์, 2542 อ้างถึงใน นภาภรณ์ อ่อนดี, 2546 หน้า 39)

ระดับสูง	คะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง	13.34-20.00
ระดับปานกลาง	คะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง	6.67-13.33
ระดับต่ำ	คะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง	0 - 6.66

4. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1. ตรวจสอบความเที่ยงตรง (Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน และผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้แบบสอบถามที่มีคุณภาพ โดยมีค่า IOC ทั้งฉบับเท่ากับ 0.89

2. ตรวจสอบค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยนำแบบสอบถามที่ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้ (Try Out) กับประชากรที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่จะทำการศึกษา โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟ่าของครอนบาค (Cronbach' s alpha coefficient) ได้ 0.7478

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1) ข้อมูลเชิงปริมาณ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปคอมพิวเตอร์โดยใช้สถิติร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

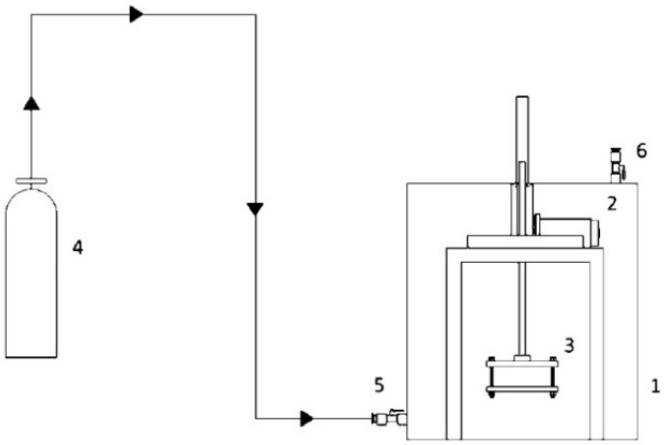
2) ข้อมูลเชิงคุณภาพ ที่ได้จากการสำรวจ การสัมภาษณ์ และข้อคำถามปลายเปิด วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Swot analysis และการวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis)

3) นำเสนอผลงานวิจัย โดยอธิบายผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ

วิธีการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสารพาราควอทโดยกระบวนการโฟโตคะตะไลติก

1. อุปกรณ์ Dip Coating

อุปกรณ์ฯ ดังกล่าวถูกออกแบบให้มีลักษณะการเป็นอุปกรณ์สำหรับชุบเคลือบตัวเร่งปฏิกิริยาผิวตัวกลางหรือวัสดุ โดยเป็นอุปกรณ์ที่เป็นลักษณะตู้ปิดสามารถปล่อยแก๊สไนโตรเจนเข้าสู่อุปกรณ์ฯ เพื่อไล่แก๊สออกซิเจนขณะใช้ อุปกรณ์ฯ ดังกล่าวมีมอเตอร์ที่สามารถปรับความเร็วในการชุบเคลือบตัวกลาง สำหรับการวิจัยศึกษานี้ใช้ความเร็วในการชุบเคลือบตัวเร่งปฏิกิริยาไทเทเนียมไดออกไซด์บนผิวของถ่านกัมมันต์ที่ความเร็ว 9 mm/min สำหรับรายละเอียดของอุปกรณ์ Dip Coating แสดงดังภาพที่ 3.3



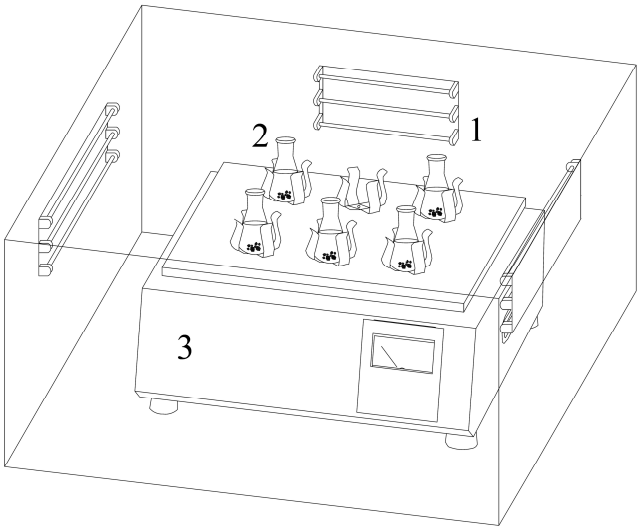
1. อุปกรณ์ชุบเคลือบตัวเร่งปฏิกิริยาไทเทเนียมไดออกไซด์
2. มอเตอร์ไฟฟ้า
3. กล่องบรรจุถ่านกัมมันต์
4. ถังแก๊สไนโตรเจน
5. วาล์วทางเข้า
6. วาล์วทางออก

ภาพที่ 3.3 อุปกรณ์ชุบเคลือบตัวเร่งปฏิกิริยาไทเทเนียมไดออกไซด์

ที่มา : Rojviroon *et al*. (2012)

2. ชุดทดลองสำหรับกระบวนการโฟโตคะตะไลติก

ชุดทดลองที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นชุดทดลองที่ใช้ติดตามผลการปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติก ซึ่งประกอบไปด้วย ขวดรูปชมพู่ เครื่องเขย่า และอุปกรณ์ให้แสงจากหลอดรังสีอัลตราไวโอเลตติดตั้งในกล่องปิดที่มีความเข้มแสงรวมเท่ากับ 35 $\mu W/cm^2$ แสดงดังภาพที่ 3.4



1. หลอดรังสีอัลตราไวโอเลต

2. ขวดรูปชมพู่

3. เครื่องเขย่า

ภาพที่ 3.4 ชุดทดลองสำหรับกระบวนการโฟโตคะตะไลติก

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1 ขวดวัดปริมาตร ขนาด 50 mL, 100 mL, 250 mL, 500 mLและ 1000 mL
3.2 บีกเกอร์ขนาด 25 mL, 50 mL, 125 mL, 600 mLและ 1000 mL
3.3 ปิเปตต์ขนาด 1.0 mL, 2.0 mL, 5.0 mL, 10.0 mL, 25.0 mLและ 50.0 mL
3.4 เครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า (magnetic stirrer)
3.5 เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
3.6 ตู้เผาไฟฟ้า
3.7 แท่งกวนแม่เหล็กไฟฟ้า (magnetic bar)
3.8 หลอดหยด
3.9 ขวดยา PE ขนาด 60mL
3.10 กระดาษพีเอช (pH paper)
3.11 นาฬิกาจับเวลา
3.12 X-ray diffraction (XRD) ยี่ห้อ SiEMENS รุ่น D5000 X-ray Diffractometer (ติดตั้งอยู่ที่ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)
3.13 Scanning Electron Microscopy ยี่ห้อ Hitashi รุ่น S3400N SEM (ติดตั้งอยู่ที่ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)
3.14 BET Surface Analyzer (ติดตั้งอยู่ที่ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง)

4. สารเคมี

4.1 กรดไฮโดรคลอริก (HCl,37%, Merck) AR grade
4.2 กรดไนตริก (HNO_3, 65%, Merck) AR grade
4.3 แก๊สไนโตรเจน (N_2, 99.95%)
4.4 ไทเทเนียมเตตระไอโซโพรพอกไซด์ ($Ti[OCH(CH_3)_2]_4$, TTIP, > 99.999%, Sigma-Aldrich) AR grade
4.5 ไอโซโพรพานอล (C_2H_7O, > 99.5%, Sigma-Aldrich) AR grade

5. วิธีการทดลอง

5.1 การเตรียมถ่านกัมมันต์

ถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวเชิงพาณิชย์ มีลักษณะเป็นเกล็ดถูกนำมาร่อนด้วยตะแกรงขนาด 10 เมช (2.00 มิลลิเมตร) ล้างถ่านกัมมันต์ที่ได้ด้วยน้ำกลั่นเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกออก จากนั้นนำมาอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ข้ามคืนเพื่อไล่ความชื้นและเก็บในภาชนะที่ปิดสนิท

5.2 การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา AC /TiO_2

การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาไทเทเนียมไดออกไซด์ใช้เทคนิคโซล-เจล เคลือบสารตั้งต้น คือ ไทเทเนียมเตตระไอโซโพรพอกไซด์ มีขั้นตอนการเตรียมดังนี้

(1) ผสมสารตั้งต้นไทเทเนียมเตตระไอโซโพรพอกไซด์กับตัวทำละลายไอโซโพรพานอล ในอัตราส่วน 1:15 โดยปริมาตร แล้วกวนผสมที่อุณหภูมิห้อง

(2) ปรับ pH สารละลายเป็น 2-3 ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น กวนผสมต่อเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนนำไปเคลือบ

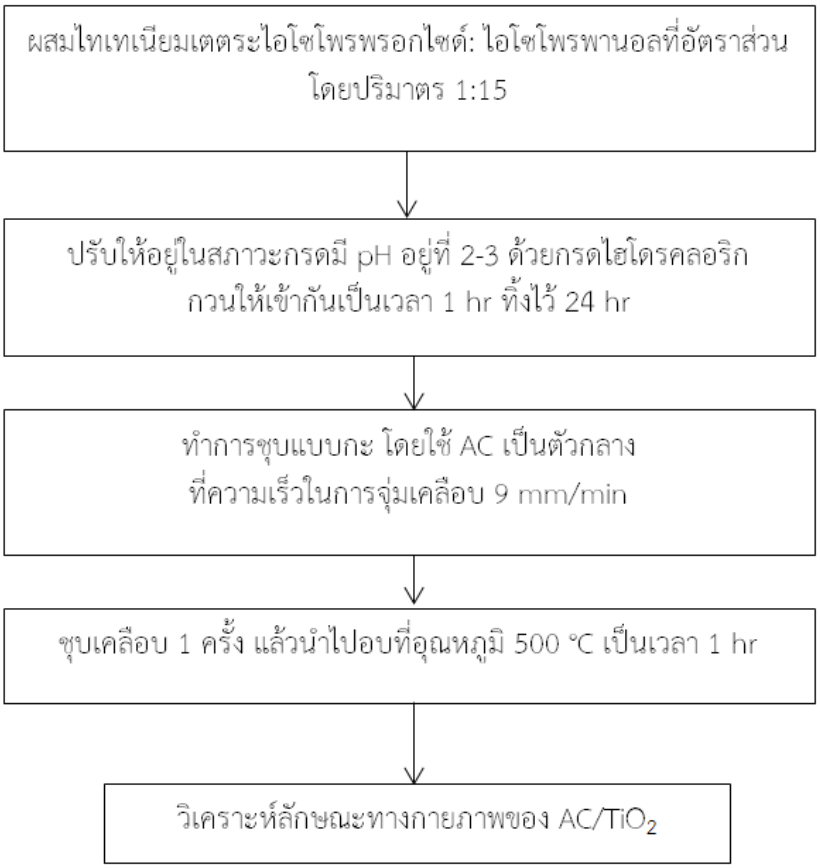
(3)นำถ่านกัมมันต์ที่จะใช้มาเคลือบด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมไว้ด้วยวิธีการจุ่มเคลือบแบบกะในขณะที่ทำการจุ่มเคลือบต้องทำการเป่าไล่อากาศด้วยแก๊สไนโตรเจนตลอดเวลา

(4)นำถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการจุ่มเคลือบแบบกะ แล้วไปอบที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

5.3 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา AC /TiO_2

ทำได้โดยวิเคราะห์โครงสร้าง ลักษณะทางกายภาพ ค่า Iodine Number และวิเคราะห์หาค่าพื้นผิวเฉพาะ ปริมาตร ขนาดรูพรุน ของตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 โดยวิธี Branuer-Emmett-Teller Method (BET Surface Area) ซึ่งจะวิเคราะห์พื้นที่ผิวและขนาดของอนุภาครูพรุนของถ่านกัมมันต์ชุบไทเทเนียมไดออกไซด์ที่อบที่อุณหภูมิ 500 ºC โดยใช้อุปกรณ์ Surface Area Analyzer ในหน่วยพื้นที่ต่อน้ำหนัก (m^2/g)

สำหรับในขั้นตอนที่ 2 และ 3 แสดงแผนการเตรียม AC/TiO_2 ดังภาพที่ 3.3 นอกจากนี้ในส่วนของพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ รวมทั้งวิธีการวิเคราะห์ในการศึกษานี้แสดงดังตารางที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2

5.4 ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดพาราควอทโดยกระบวนการโฟโตคะตะไลติก

เพื่อหาประสิทธิภาพการกำจัดพาราควอทโดยกระบวนการโฟโตคะตะไลติก ซึ่งทำการทดลองโดยการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 ที่เตรียมได้ในข้อที่ 2 ร่วมกับการให้แสงอัลตราไวโอเลต และทำการทดลองซ้ำในชุดควบคุมซึ่งใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 ในที่มืดซึ่งไม่มีการให้แสงอัลตราไวโอเลต

ชั่งถ่านกัมมันต์ปริมาณ 2 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่แต่ละขวด เติมน้ำเสียสังเคราะห์เข้มข้นทำทั้งหมด 4 ความเข้มข้นคือ 10, 50, 100, 150 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 0, 0.5, 1, 1.5, 24 และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ

(1) นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที จากนั้นกรองด้วย syringe filter เพื่อแยกถ่านกัมมันต์ออกจากน้ำตัวอย่าง

(2) แบลงค์ได้จากการเติมน้ำเสียสังเคราะห์ปนเปื้อนพาราคอทลงในขวดรูปชมพู่ โดยไม่ต้องใส่ถ่านกัมมันต์ ความเข้มข้นละ 1 ขวด ทำทั้งหมด 4 ความเข้มข้น จากนั้นฉายแสงอัลตราไวโอเลต ตัวอย่างทั้งหมดจะถูกนำมาวิเคราะห์หาความเข้มข้นของพาราควอทที่เหลืออยู่

(3) ทำการวิเคราะห์ปริมาณพาราควอทที่เปลี่ยนแปลงหลังจากเกิดปฏิกิริยาโดยกระบวนการโฟโตคะตะไลติกที่เวลา 0, 0.5, 1, 1.5, 24 และ 48 ชั่วโมง

(4) นำข้อมูลที่ได้จากข้อ 5.4 มาประมวลผลเพื่อหาประสิทธิภาพและจลนพลศาสตร์ของกระบวนการโฟโตคะตะไลติกที่มีตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 ในการกำจัดพาราควอท

ตารางที่ 3.6 วิธีการตรวจวิเคราะห์พารามิเตอร์

การทดลอง	พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์
การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2	โครงสร้าง	X-ray Diffraction (XRD)
	ลักษณะทางกายภาพ	Scanning Electron Microscopy (SEM)
	การดูดซับไอโอดีน	Iodine Number
	พื้นผิวเฉพาะ, ปริมาตร และ ขนาดรูพรุน	Branuer-Emmett-Teller Method (BET Surface Area)
ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดพาราควอทโดยกระบวนการโฟโตคะตะไลติก	ปริมาณพาราควอท	HPLC Analyser

วิธีการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการติดเชื้อก่อโรคจากแบคทีเรียดื้อยา และกระจายตัวสู่บริเวณใกล้เคียง

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาต่อเนื่องจากงานวิจัยก่อนหน้า เรื่อง “พฤติกรรมของเกษตรกรในการใช้สารเคมีกำจัดแมลง และศัตรูพืชที่มีผลกระทบต่อคุณภาพดิน และน้ำของชุมชนโดยรอบอุทยานแห่งชาติพุเตย จังหวัดสุพรรณบุรี” ซึ่งผลการศึกษาในงานวิจัยดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าชุมชนที่ทำการศึกษาประกอบอาชีพเกษตรกรรม มีการเพาะปลูกพืชไร่บริเวณพื้นที่สูง และยังมีการใช้สารเคมีทางการเกษตรอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ประกอบกับบริเวณดังกล่าว เป็นแหล่งต้นน้ำ อีกทั้งยังมีระบบนิเวศที่มีความสมบูรณ์ ด้วยความตระหนักถึงปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม และสาธารณสุข

อันน่าจะเกิดจากกิจกรรมต่างๆของผู้คนในชุมชน ดังนั้น การศึกษาในส่วนนี้จึงดำเนินการภายใต้สมมุติฐานที่ว่า การใช้สารเคมีทางการเกษตรติดต่อกันเป็นเวลานาน น่าจะส่งผลต่อกระทบต่อการพัฒนาแบคทีเรียดื้อยาขึ้น เพราะสารเคมีต่างๆ โดยเฉพาะโลหะหนักซึ่งอาจพบสะสมอยู่ในบริเวณนั้น มีอิทธิพลต่อการเหนี่ยวนำให้แบคทีเรียพัฒนาคุณสมบัติการดื้อยาขึ้นได้ และถ้าเกิดการแพร่กระจายสู่ชุมชนใกล้เคียง โดยเฉพาะตามแหล่งน้ำที่ใช้อุปโภคบริโภค อาจจะส่งผลให้ผู้คนในชุมชนได้รับแบคทีเรียดื้อยาเข้าสู่ร่างกาย ก่อให้เกิดปัญหาทางด้านสาธารณสุขตามมาก็เป็นไปได้

สำหรับการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 การศึกษาข้อมูลของแบคทีเรียก่อโรคที่พบในดินเพาะปลูก และบริเวณชุมชนที่อยู่ใกล้เคียง รวมทั้งคุณสมบัติการดื้อยาปฏิชีวนะของแบคทีเรียเหล่านั้น ส่วนที่ 2 การศึกษาถึงการปรากฏลักษณะการดื้อต่อยาปฏิชีวนะและการทนทานต่อโลหะหนักร่วมกัน (Co-selection) ในแบคทีเรียก่อโรคที่คัดแยกจากดินเพาะปลูก และชุมชนบริเวณใกล้เคียง และ ส่วนที่ 3 ศึกษาการกระจายตัวของเชื้อแบคทีเรียดื้อยาในสิ่งแวดล้อมบริเวณใกล้เคียง โดยรายละเอียดการดำเนินงานแต่ละส่วนมีดังต่อไปนี้

<u>ส่วนที่ 1:</u> การศึกษาข้อมูลของแบคทีเรียก่อโรคที่พบในดินเพาะปลูก และบริเวณชุมชนที่อยู่ใกล้เคียง รวมทั้งคุณสมบัติการดื้อยาปฏิชีวนะของแบคทีเรียเหล่านั้น

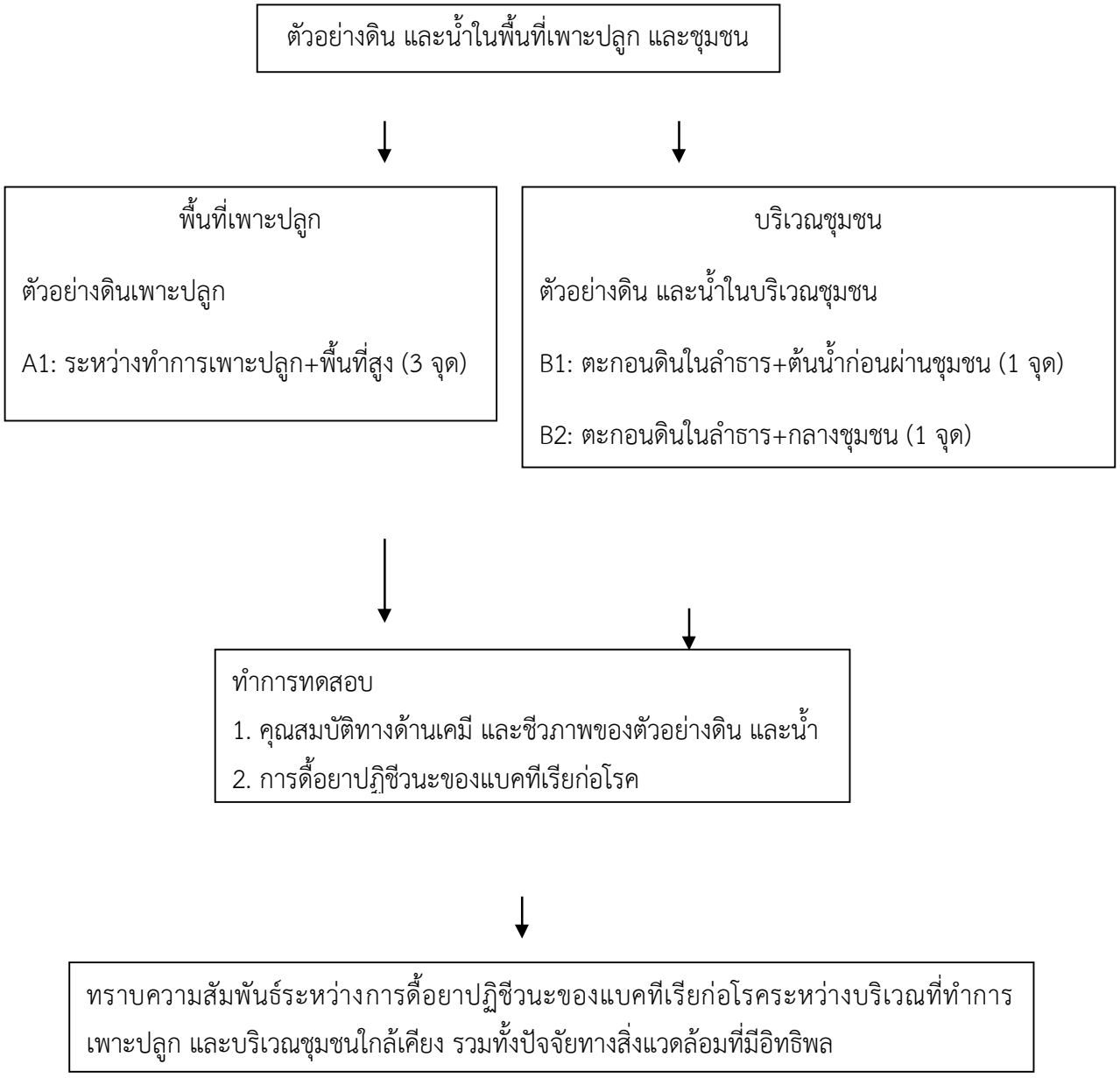
โดยการศึกษาในส่วนนี้มีรูปแบบการเก็บข้อมูลในแต่ละจุด และการดำเนินการทดลอง มีรายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 7

1. การเก็บข้อมูลสำหรับการศึกษา

ตัวอย่างดินที่ทำการเพาะปลูกนั้น ในที่นี้จะทำการเก็บข้อมูลจากบริเวณที่ทำการเพาะปลูกจำนวน 3 แปลง โดยบริเวณพื้นที่สูงซึ่งมีการทำการเกษตรกันอย่างแพร่หลาย จะทำการเก็บข้อมูลจากแปลงเพาะปลูกพืชไร่จำนวน 2 แปลง ซึ่งแบ่งออกเป็นแปลงที่อยู่ระหว่างช่วงที่มีการเพาะปลูก (A1) และแปลงที่อยู่ในช่วงพักแปลง หลังจากการเก็บเกี่ยว (A2) ส่วนแปลงสุดท้ายจะทำการเก็บข้อมูลจากแปลงเพาะปลูกที่อยู่ใกล้ชุมชนที่ต้องการศึกษา โดยแปลงดังกล่าวจัดเป็นแปลงที่ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว (A3) สำหรับการเก็บข้อมูลตัวอย่างดินในแต่ละแปลง จะทำการเก็บข้อมูลจำนวน 3 จุด (ที่ทำการเลือกเก็บข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกจำนวน 3 จุด เนื่องจากพื้นที่ในแต่ละแปลงเพาะปลูกมีบริเวณกว้าง จึงทำการสุ่มเก็บตัวอย่างเพื่อใช้เป็นตัวแทน) โดยทำการเก็บดินที่ระดับความลึก 5-10 เซนติเมตร เมื่อวัดจากผิวหน้าดิน

ตัวอย่างตะกอนดิน และน้ำจากชุมชนบริเวณใกล้เคียง ซึ่งในการศึกษานี้จะเก็บข้อมูลจากลำธารขนาดเล็กที่ไหลผ่านชุมชน โดยแบ่งการเก็บข้อมูลออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงแรกต้นน้ำก่อนที่น้ำในลำธารจะไหลผ่านชุมชน (B1), ช่วงที่ 2 ระหว่างน้ำในลำธารไหลผ่านชุมชน (B2),

และช่วงที่ 3 ปลายน้ำหลังจากน้ำในลำธารได้ไหลผ่านชุมชน (B3) ส่วนการเก็บข้อมูลจากลำธารทั้ง 3 ช่วง จะเก็บตะกอนดินจากลำธาร ทั้งนี้น้ำในลำธารค่อนข้างไหลเร็ว เนื่องจากเป็นการไหลจากพื้นที่สูงลงสู่พื้นที่ต่ำ ดังนั้น ตะกอนดินจึงน่าจะเป็นตัวแทนข้อมูลที่มีความเหมาะสมกว่าการเก็บข้อมูลจากตัวอย่างน้ำ ซึ่งสำหรับตัวอย่างน้ำนั้นจะทำการเก็บข้อมูลเฉพาะบริเวณกลางชุมชนเท่านั้น (B4)



ภาพที่ 3.6 แสดงรายละเอียดการเก็บข้อมูล และการทดสอบสำหรับการศึกษาในส่วนที่ 1

2. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเคมี และชีวภาพจากตัวอย่างดิน

คุณสมบัติทางด้านเคมีของดินเพาะปลูก และตะกอนดิน (A1-A3 และ B1-B3) จะทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่สำคัญทางด้านเคมี สำหรับการวิเคราะห์โลหะหนักนั้น จะทำการศึกษาจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ สังกะสี (Zinc, Zn), นิเกิล (Nickel, Ni), แคดเมียม (Cadmium, Cd), ทองแดง (Copper, Cu), โครเมี่ยม (Chromium, Cr) (APHA, 2005) โดยโลหะหนักทั้ง 5 ชนิด ที่ทำการวิเคราะห์ คัดเลือกมาจากชนิดของโลหะหนักที่มีรายงานการวิจัยพบว่ามีอิทธิพลต่อการเหนี่ยวนำให้แบคทีเรียปรากฏลักษณะการดื้อยาปฏิชีวนะร่วมกับการทนทานต่อโลหะหนัก อีกทั้งบางชนิดยังเป็นแหล่งธาตุอาหารรอง (Trace elements) ที่จำเป็นสำหรับกระบวนการเมตาบอลิซึมของเซลล์ (Ji et al., 2012)

ในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านชีวภาพของตัวอย่างดิน ตะกอนดิน (A1-A3 และ B1-B3) และน้ำ (B4) จะทำการวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียก่อโรค โดยในที่นี้จะใช้แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม (Coliform bacteria) เป็นดัชนีชี้วัด ซึ่งแบคทีเรียกลุ่มนี้จัดเป็นแบคทีเรียแกรมลบ (Gram negative bacteria) อยู่ในวงศ์ (Family) *Enterobacteriaceae* มีถิ่นอาศัยประจำอยู่ที่บริเวณลำไส้ (Gastrointestinal tract) ของคน และสัตว์เลือดอุ่น โดยทั่วไปนิยมใช้เป็นแบคทีเรียตัวแทนในการศึกษาการปนเปื้อนของสิ่งขับถ่ายจากสิ่งมีชีวิตดังกล่าวสู่สิ่งแวดล้อม เนื่องจากมีช่วงกว้างในการเจริญเติบโต สามารถอยู่รอดได้ภายใต้สภาวะกดดัน (Ishii and Sadowsky, 2008; Łuczkiewicz et al., 2010) การศึกษานี้ทำการทดสอบเพื่อหาปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมด และฟีคอลโคลิฟอร์มโดยใช้วิธีการ Most probable number (MPN) (APHA, 2005)

3. การทดสอบความไวต่อยาปฏิชีวนะ (Antibiotic susceptibility testing)

การศึกษาในส่วนนี้จะใช้อีโคไล (*Escherichia coli*) เป็นตัวแทนของแบคทีเรียก่อโรค โดยอีโคไลนั้นจัดเป็นแบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์ม (Łuczkiewicz et al., 2010) และยังเป็นแบคทีเรียที่ส่วนใหญ่นิยมใช้ศึกษาเรื่องการดื้อยาปฏิชีวนะโดยเฉพาะในสิ่งแวดล้อม (Baum and Marre, 2005; Dolejská et al., 2008) รวมถึงในปัจจุบันอีโคไลจัดเป็นแบคทีเรียที่มีปัญหาการดื้อสูง และดื้อยาหลายชนิดซึ่งถือเป็นปัญหาสำคัญทางด้านสาธารณสุข (นิยดา, 2554) เริ่มแรกจะทำการคัดแยกอีโคไลก่อน โดยใช้เทคนิคการกรองผ่านกระดาษกรองฆ่าเชื้อที่มีขนาดรูพรุน (Pore size) 0.45 ไมครอน (Sartorius) ถ้าเป็นตัวอย่างน้ำ (B4) จะใช้น้ำปริมาณ 5-10 มิลลิลิตร ในการกรอง ส่วนตัวอย่างดินและตะกอนดิน (A1-A3 และ B1-B3) จะทำการเจือจางกับน้ำเกลือ (NaCl) 0.85 เปอร์เซ็นต์ ก่อนที่จะทำการกรอง ส่วนกระดาษกรองที่ผ่านการกรองนั้น จะนำไปบ่มบนอาหาร Chromocult Coliform agar ES® (Merck Microbiology) ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ภายหลังการบ่มจะทำการตรวจสอบโคโลนีที่ปรากฏ โดยโคโลนีสีน้ำเงิน คือ อีโคไล และโคโลนีสีชมพู คือ แบคทีเรีย

กลุ่มโคลิฟอร์มสายพันธุ์อื่น สำหรับโคโลนีของอีโคไลจะทำการตรวจสอบซ้ำ โดยการเขี่ยตัวอย่างเชื้อลงบนอาหาร Methylene Blue agar (EMB, Biomark Laboratory) และทำการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งถ้าปรากฏโคโลนีที่มีลักษณะเลื่อมเงา สีเขียวโลหะ (Metallic sheen) แสดงว่าตัวอย่างดังกล่าวจัดเป็นอีโคไล นอกจากนี้ในแต่ละจุดที่ทำการเก็บข้อมูล จะทำการคัดเลือกอีโคไลจำนวน 20 โคโลนี สำหรับการทดสอบความไวต่อยา

การตรวจสอบความไวต่อยาปฏิชีวนะของอีโคไลจะใช้วิธีการ Disk diffusion method โดยใช้แผ่นยา (Kirby–Bauer, KB, BBL) ที่มีความเข้มข้นมาตรฐานตามวิธีการของ Clinical and Laboratory Standards Institute, CLSI (2012) ซึ่งการศึกษานี้จะใช้ยาในการทดสอบจำนวน 12 ชนิด แบ่งออกเป็นยาจำนวน 8 กลุ่ม โดยรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2 ส่วนการทดสอบเริ่มจากนำโคโลนีเดี่ยวๆของอีโคไลที่คัดแยกได้มาเลี้ยงในอาหาร Tryptic Soy broth (HIMEDIA) และบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส จนระดับความขุ่นของอาหารมีค่าเท่ากับ McFarland Standard เบอร์ 0.5 ซึ่งคิดเป็นปริมาณเชื้อเทียบเท่า $1.5x10^8$ CFU/ml จากนั้นทำการ Swap อีโคไลที่เตรียมไว้ให้ทั่วอาหารสำหรับทดสอบความไวต่อยา Muller Hinton agar (BBL) ด้วยไม้พันสำลี ทิ้งไว้ให้อาหารแห้งประมาณ 10-15 นาที และทำการวางแผ่นยาปฏิชีวนะลงบนอาหารดังกล่าว นำไปบ่มที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16-18 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาอ่านผลการทดสอบ โดยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของ Clear zone ที่เกิดรอบบริเวณแผ่นยาแต่ละชนิดในหน่วยมิลลิเมตร จากนั้นทำการแปรผลเป็นค่า S, I และ R จากการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (CLSI, 2012) และมีการคำนวนแบ่งกลุ่มความไว และการดื้อยาดังสมการที่ 1-3

โดย S = Sensitive เชื้อแบคทีเรียไม่ดื้อต่อยาปฏิชีวนะชนิดนั้นๆ

I = Intermediate เชื้อแบคทีเรียอาจมีการพัฒนาจนดื้อต่อยาปฏิชีวนะชนิดนั้นๆ

R = Resistance เชื้อแบคทีเรียดื้อต่อยาปฏิชีวนะชนิดนั้นๆ

การคำนวณการดื้อยา

$$\%\ \text{การดื้อยา (\% Resistance)} = \frac{\text{จำนวนอีโคไลที่ดื้อยา}}{\text{จำนวนอีโคไลทั้งหมดที่ทดสอบ}} \times 100 \quad (1)$$

$$\%\ \text{การเริ่มพัฒนาการดื้อยา (\% Intermediate)} = \frac{\text{จำนวนอีโคไลที่เริ่มการพัฒนาการดื้อยา}}{\text{จำนวนอีโคไลทั้งหมดที่ทดสอบ}} \times 100 \quad (2)$$

$$\%\ \text{ความไวต่อการต้านการดื้อยา (\% Sensitive)} = \frac{\text{จำนวนอีโคไลที่ไวต่อการต้านการดื้อยา}}{\text{จำนวนอีโคไลทั้งหมดที่ทดสอบ}} \times 100 \quad (3)$$

หมายเหตุ คำว่า “สายพันธุ์อีโคไล” ในที่นี้ คณะผู้วิจัยต้องการสื่อความหมายถึงอีโคไลแต่ละโคโลนีที่ทำการคัดแยก นอกจากนี้ยังมีการหาค่า MAR index (multiple antibiotic resistance index) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกระดับการดื้อยาในภาพรวมของแต่ละตัวอย่าง โดยคำนวณจากสูตร “*a/b*” โดยที่ “*a*” แทนจำนวนแผ่นยาทดสอบทั้งหมดที่แสดงผลว่าอีโคไลดื้อต่อยานั้นๆ และ “*b*” แทนจำนวนแผ่นยาทดสอบทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบ (Krumperman 1983) เมื่อค่า *“a/b”* ของตัวอย่างใดเข้าใกล้ 1 แสดงว่าอีโคไลในตัวอย่างนั้นมีระดับการดื้อยารุนแรง คือเป็นอีโคไลที่ดื้อยาหลายชนิดนั่นเอง และการศึกษานี้ยังมีการวิเคราะห์ผลเพิ่มเติม โดยการจัดกลุ่มตามลักษณะความเหมือน ซึ่งจัดแบ่งได้ตาม 2 วิธีการหลัก ดังต่อไปนี้

1) การจัดแบ่งตามจุดเก็บข้อมูลทั้ง 6 จุด

การจัดกลุ่มการดื้อยาปฏิชีวนะของอีโคไลตามแต่ละบริเวณที่ทำการศึกษา (6 จุด) เพื่อศึกษาความคล้ายคลึงของอีโคไลในแต่ละบริเวณ โดยใช้ค่าร้อยละของการดื้อยา (%R) ในการแบ่งกลุ่มด้วยวิธีการ Hierarchical cluster ซึ่งภายใต้วิธีการนี้ใช้การจับคู่ความเหมือนของชุดข้อมูลด้วย Squared Euclidean Distance (SED) และ Ward’s method ควบคู่กัน (SPSS program) (Berge et al., 2003)

2) การจัดแบ่งกลุ่มอีโคไลทั้ง 260 สายพันธุ์

ในที่นี้ทำการจัดแบ่งอีโคไลทั้ง 260 สายพันธุ์ ตามลักษณะความคล้ายกันของรูปแบบการดื้อยาปฏิชีวนะที่ปรากฏ โดยใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ Clear zone รอบแผ่นยา ของยาทั้ง 12 ชนิด เป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดกลุ่ม และใช้วิธีการ k-means cluster ในการประมวลผล (SPSS program) (ที่ใช้วิธีการนี้เนื่องจากเป็นวิธีการที่ใช้กับกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 200 ตัวอย่างขึ้นไป) โดยทำการคัดเลือกจำนวน cluster ที่เหมาะสม (ค่า k) ด้วยการใช้แผนภูมิ Dendrogram ของ Hierarchical cluster จากนั้นเมื่อได้ค่า k ที่เหมาะสมแล้วจึงทำการจัดแบ่ง cluster ด้วนวิธีการ k-means ต่อไป (Berge et al., 2003; Sarstedt and Mooi, 2011)

ตารางที่ 3.7 แสดงรายละเอียดของยาปฏิชีวนะที่ใช้ในการทดสอบความไวต่อยาของอีโคไล

ยาปฏิชีวนะ	ตัวย่อ	ความเข้มข้นในแผ่นยา (μg)	ค่ามาตรฐาน (CLSI, 2012)		
			S	I	R
Aminoglycoside					
- Gentamicin	GM	10	≥15	13-14	≤12
- Streptomycin	S	10	≥15	12-14	≤11
Tetracycline					
- Tetracycline	TC	30	≥15	12-14	≤11
Phenicol					
- Chloramphenicol	CP	5	≥18	13-17	≤12
Fluoroquinolone					
- Norfloxacin	NOR	10	≥17	13-16	≤12
- Ciprofloxacin	CIP	5	≥21	16-20	≤15
Folate pathway inhibitors					
- Trimethoprim/Sulfamethoxazole	ST	1.25/23.75	≥16	11-15	≤10
- Trimethoprim	TMP	5	≥16	11-15	≤10
Cephem					
- Cefotaxime	CTX	30	≥26	23-25	≤22
- Cetazidime	CAZ	30	≥21	18-20	≤17
Penicillin					
- Ampicillin	AMP	10	≥17	14-16	≤13
Beta-lactamase inhibitor combination					
- Amoxicillin/clavulanic acid	AMC	20/10	≥18	14-17	≤13

หมายเหตุ ยา Cephem, Penicillin, และ Beta-lactamase inhibitor combination จัดอยู่ในกลุ่ม beta-lactam เช่นเดียวกัน

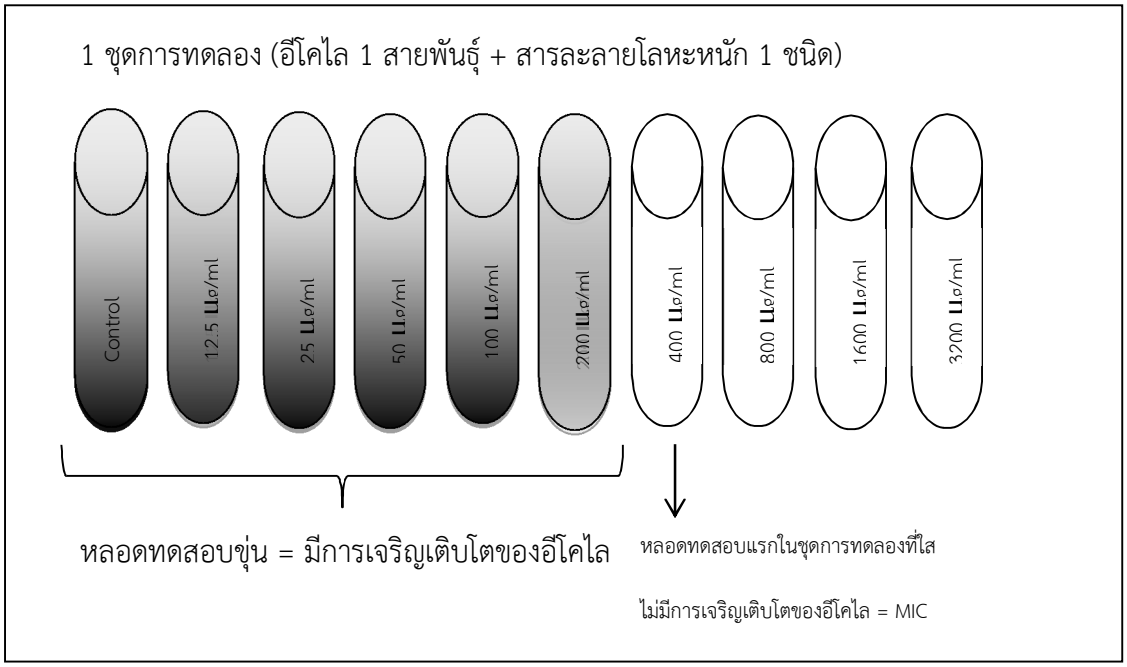
4. การทดสอบการผลิตเอนไซม์เบต้าแลคตาเมสชนิด Extended spectrum beta-lactamase (ESBL) ในอีโคไลที่คัดแยก

อีโคไลที่ทำการคัดแยกทั้งหมดจำนวน 260 โคโลนี เพื่อใช้ทดสอบความไวต่อยาปฏิชีวนะในหัวข้อก่อนหน้า (1.3) จะนำมาทดสอบการผลิตเอนไซม์ Extended spectrum beta-lactamase (ESBL) ควบคู่กันไป โดยเอนไซม์ดังกล่าวจะพบมากในแบคทีเรียวงศ์ *Enterobacteriaceae* และ

สามารถยับยั้งการออกฤทธิ์ของยากลุ่ม beta-lactam เช่น penicillin, cephalosporin และ aztreonam โดยการย่อยสลายวงแหวนของยา (Mesa et al., 2006; Rupp and Fey, 2003) ในการทดสอบนั้น วิธีการเตรียมอีโคไลก่อนการ Swap ลงบนอาหาร Muller Hinton agar ใช้วิธีการเช่นเดียวกันกับหัวข้อ 1.3 ส่วนแผ่นยาปฏิชีวนะที่ใช้ในการทดสอบ ประกอบด้วยแผ่นยา AMC (20/10 µg), CTX (30 µg) และ CAZ (30 µg) โดยแผ่นยา AMC จะวางตำแหน่งตรงกลางจานเพาะเชื้อ ส่วนแผ่นยา CTX และ CAZ วางห่างจากจุดศูนย์กลางของยา AMC ประมาณ 15-20 เซนติเมตร ทำการบ่มที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16-18 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาอ่านผลการทดสอบจาก Clear zone รอบแผ่นยา AMC กับแผ่นยา CTX หรือ CAZ ที่ออกฤทธิ์เสริมกัน ซึ่งถ้าพบปรากฏการณ์ดังกล่าว แสดงว่าเกิดการผลิตเอนไซม์ ESBL ขึ้น (Jarlier et al., 1988)

<u>ส่วนที่ 2</u> การศึกษาถึงการปรากฏลักษณะการดื้อต่อยาปฏิชีวนะและการทนทานต่อโลหะหนักร่วมกันในแบคทีเรียก่อโรคที่คัดแยกจากดินเพาะปลูก และชุมชนบริเวณใกล้เคียง

จากผลการศึกษาในส่วนที่ 1 จะทำการคัดเลือกอีโคไลมาทดสอบการทนทานต่อโลหะหนักเพิ่มเติม โดยคัดเลือกอีโคไลจากดินเพาะปลูกบนพื้นที่สูงทั้งช่วงระหว่างการเพาะปลูก และหลังการเก็บเกี่ยว (A1 และ A2) รวมทั้งอีโคไลจากตะกอนดินแหล่งน้ำกลางชุมชนใกล้เคียง (B2) จำนวนจุดละ 10 สายพันธุ์ โดยพิจารณาจากรูปแบบการดื้อยาปฏิชีวนะที่ปรากฏ ซึ่งในที่นี้สนใจศึกษาอีโคไลสายพันธุ์ที่มีการดื้อยาหลายกลุ่ม สำหรับเกลือของโลหะในการทดสอบประกอบไปด้วยสังกะสี (Zn^{2+}, $Zn(O_2CCH_3)_2$), นิเกิล (Ni^{2+}, $NiCl_2.6H_2O$), แคดเมียม (Cd^{2+}, $CdCl_2.5H_2O$), ทองแดง (Cu^{2+}, $CuSO_4$), โครเมี่ยม (Cr^{3+}, $K_2Cr_2O_7$) ทำการทดสอบหาระดับความเข้มข้นต่ำสุดของโลหะที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของอีโคไล (MIC, Minimum inhibitory concentration) ด้วยวิธีการ Double dilution ในอาหารเหลว โดยความเข้มข้นของโลหะที่ทดสอบอยู่ในช่วงระหว่าง 12.5-3,200 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร (Matyar et al., 2008) วิธีการเริ่มจากนำอีโคไลสายพันธุ์ที่ต้องการศึกษามาเลี้ยงในอาหาร Tryptic Soy broth และบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส ค้างคืน จากนั้นนำมาใช้เป็นแหล่งอีโคไลเริ่มต้นในการทดสอบหาค่า MIC โดยเติมอีโคไลเริ่มต้นลงในอาหาร Luria-bertani broth พร้อมทั้งปรับให้มีปริมาณอีโคไลเริ่มต้นเทียบเท่าค่า McFarland Standard เบอร์ 0.5 หรือเทียบเท่าค่าจากการวัดค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างในช่วง 600 นาโนเมตร ซึ่งต้องอยู่ระหว่างค่า 0.05-0.10 บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นทำการเติมสารละลายเกลือของโลหะที่ความเข้มข้นต่างๆลงไป แล้วบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาอ่านผลการทดสอบเพื่อหาค่า MIC โดยการสังเกตจากความขุ่นของหลอดทดสอบเมื่อมองด้วยตาเปล่า ซึ่งหลอดทดสอบแรกจากทั้งชุดการทดลองที่ไม่ปรากฏการเจริญเติบโตของอีโคไล (ตัวอย่างมีลักษณะใส) แล้วนั้น ถือว่าเป็นค่า MIC ของชุดการทดลองนั้นๆ (ภาพที่ 8) ส่วนในภาพรวมการศึกษามีชุดการทดลองหาค่า MIC จำนวน 150 ชุด (อีโคไลจำนวน 30 สายพันธุ์ x เกลือของโลหะจำนวน 5 ชนิด)



ภาพที่ 3.7 แสดงชุดการทดสอบหาค่า Minimum inhibitory concentration (MIC)

<u>ส่วนที่ 3</u> ศึกษาการกระจายตัวของเชื้อแบคทีเรียดื้อยาในสิ่งแวดล้อมบริเวณใกล้เคียง

เมื่อเสร็จสิ้นการดำเนินงานทั้ง 2 ส่วน จะมีการวิเคราะห์ข้อมูลในภาพรวมเพื่อประเมินสถานการณ์การดื้อยาจากแหล่งกำเนิดประเภทพื้นที่เพาะปลูกที่มีการใช้สารเคมีติดต่อกันเป็นเวลานาน ซึ่งจะทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างการดื้อยาของเชื้อแบคทีเรียในดินกับคุณสมบัติความต้านทานโลหะหนักว่าจะเป็นจริงตามข้อสมมติฐานหรือไม่ โดยข้อสมมติฐานประกอบด้วย 1) แบคทีเรียในดินเพาะปลูกที่มีความต้านทานต่อโลหะหนัก จะมีคุณสมบัติในการดื้อต่อยาปฏิชีวนะด้วยหรือไม่, 2) มีโอกาสที่จะพบเชื้อแบคทีเรียก่อโรคที่ดื้อต่อยาปฏิชีวนะในดินเพาะปลูกหรือไม่, และ 3) มีโอกาสหรือไม่ที่เชื้อแบคทีเรียดื้อยาปฏิชีวนะจากบริเวณที่ทำการเพาะปลูกจะแพร่กระจาย ไปยังบริเวณใกล้เคียง

ซึ่งผลการศึกษาคาดว่าพื้นที่ที่ศึกษาน่าจะเป็นอีกแหล่งหนึ่งที่ส่งเสริมให้เกิดการดื้อยาปฏิชีวนะเพิ่มมากขึ้น รวมถึงน่าจะก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการปนเปื้อนของเชื้อดื้อยาดังกล่าวออกสู่ชุมชนใกล้เคียง และแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อม รวมทั้งหาแนวทางที่เหมาะสมในการลดปัญหาดังกล่าว เนื่องจากบริเวณดังกล่าวถือเป็นบริเวณที่ระบบนิเวศมีความอุดมสมบูรณ์และเป็นแหล่งต้นน้ำที่สำคัญ พร้อมทั้งมีการเผยแพร่ผลงานสู่สาธารณชนในรูปผลงานทางวิชาการ เอกสารเผยแพร่แก่ผู้ที่ได้รับผลกระทบ หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และผู้ที่สนใจทั่วไป

วิธีการศึกษาแหล่งพลังงานทดแทนสำหรับผลิตเชื้อเพลิงเขียวเพื่อใช้ในครัวเรือนและชุมชน และแหล่งเรียนรู้ด้านเชื้อเพลิงเขียว

การศึกษาวิจัย เรื่อง การศึกษาแหล่งเรียนรู้พลังงานทดแทน กรณีศึกษา การผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ชุมชนชาวกะเหรี่ยง หมู่บ้านตะเพินคี่ จังหวัดสุพรรณบุรี เป็นการศึกษาแหล่งพลังงานทดแทนสำหรับการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เพื่อใช้ในครัวเรือนและชุมชน รวมทั้งเผยแพร่การเรียนรู้เรื่องการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้ในครัวเรือนและชุมชน โดยมีวิธีดำเนินการและระเบียบวิธีวิจัย ดังนี้

1. การสำรวจ และสุ่มเก็บตัวอย่างวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร
2. การพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่ง (ใช้แรงงานคน)
3. การผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร
4. การทดสอบคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของผงถ่านและถ่านอัดแท่ง
5. การเผยแพร่การเรียนรู้เรื่องการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

1. การสำรวจ และสุ่มเก็บตัวอย่างวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

1.1 สำรวจข้อมูลสภาพแวดล้อมทั่วไปของพื้นที่ทำการเกษตร บริเวณหมู่บ้านตะเพินคี่ หมู่ที่ 5 ตำบลวังยาว อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี โดยวิธีการสังเกต การบันทึก การถ่ายภาพ ภาคสนาม การสัมภาษณ์ชาวบ้านและผู้นำชุมชนในพื้นที่

1.2 เก็บตัวอย่างจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ เหง้ามันสำปะหลัง และต้นข้าวโพด ในช่วงเดือนตุลาคม - พฤศจิกายน 2557 ดังภาพที่ 3.8

ภาพที่ 3.8 แสดงการเก็บตัวอย่างต้นข้าวโพด และเหง้ามันสำปะหลัง บริเวณหมู่บ้านตะเพินคี่ หมู่ที่ 5 ตำบลวังยาว อำเภอ ด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี

2. การพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่ง (ใช้แรงงานคน)

เนื่องจากบริเวณหมู่บ้านตะเพินคี่ หมู่ที่ 5 ตำบลวังยาว อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรียังขาดระบบสาธารณูปโภคพื้นฐานทางด้านไฟฟ้าจากสายส่ง ซึ่งในปัจจุบันใช้ไฟฟ้าจากระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีอัตรากำลังการผลิตประมาณ 100 วัตต์ต่อครัวเรือนสำหรับโทรทัศน์สีและแสงสว่าง ทางคณะผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงปัญหาดังกล่าว จึงได้พัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งโดยใช้แรงงานคนเป็นต้นกำลังในการกดน้ำหนัก แทนเครื่องอัดถ่านแท่งที่ใช้ระบบมอเตอร์หรือเครื่องยนต์ในการส่งแรงอัด

เครื่องอัดถ่านแท่ง (ใช้แรงงานคน) เป็นเครื่องอัดที่ใช้แรงจากคนเป็นต้นกำลังในการกดน้ำหนัก ตัวเครื่องผลิตจากเหล็กแข็งมีกระบอกอัดสำหรับอัดขึ้นรูป 5 กระบอก เหมาะสำหรับผลิตถ่านแท่งจากวัตถุดิบเหลือใช้ทางการเกษตรหรือเศษถ่าน ที่ผสมตัวประสานในอัตราส่วนที่เหมาะสมแล้วนำมาอัดขึ้นรูปให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 นิ้วยาว 5 เซนติเมตร ดังภาพที่ 3.9

ภาพที่ 3.9 แสดงเครื่องอัดถ่านแท่ง (ใช้แรงงานคน) พัฒนาโดยคณะผู้วิจัยโครงการ

ส่วนประกอบของเครื่องอัดถ่านแท่ง (ใช้แรงงานคน)

1. กระบอกอัด

กระบอกอัด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 3.5 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 3เซนติเมตร ความยาวของกระบอกอัด 8 เซนติเมตร ฐานจับเป็นเหล็กแผ่นหนา ความยาวดังภาพที่ 3.10

ภาพที่ 3.10 แสดงส่วนประกอบกระบอกอัด พัฒนาโดยคณะผู้วิจัยโครงการ

2. แท่นเครื่อง

ผลิตจากเหล็กแข็ง โครงสร้างทำด้วยเหล็กฉาก และเหล็กแผ่นหนา 2 มม. ขนาดกว้าง 16 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตร ดังภาพที่ 3.11

ภาพที่ 3.11 แสดงส่วนประกอบแท่นเครื่อง พัฒนาโดยคณะผู้วิจัยโครงการ

3. การผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

3.1 การเตรียมเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

นำเหง้ามันสำปะหลัง และต้นข้าวโพดที่ตัดให้มีความยาวประมาณ 65 เซนติเมตร ไปตากแดด เป็นเวลา 2 สัปดาห์ เพื่อลดความชื้น ก่อนนำไปเผาถ่าน ดังภาพที่ 3.12

ภาพที่ 3.12 แสดงการเตรียมเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

3.2 การเผาถ่านด้วยเตาเผาผลิตถ่านแบบถัง 200 ลิตร

นำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตที่มาผ่านการเตรียมในข้อ 1. มาเผาด้วยเตาเผาผลิตถ่านแบบถัง 200 ลิตร โดยมีขั้นตอนการเผาดังนี้ (สำนักถ่ายทอดและเผยแพร่เทคโนโลยี กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2555)

(1) การเรียงไม้ เรียงโดยนำไม้ที่เล็กบรรจุลงก่อนที่ส่วนท้ายของเตาโดย ให้ปลายไม้ชี้ลงเนื่องมาจากด้านบนเตาจะมีความร้อนสูงกว่าด้านล่าง การเรียงไม้ลักษณะนี้จะทำให้ไม้เป็นถ่านพร้อมกัน แล้วนำไม้ที่ใหญ่กว่า ไว้บริเวณกลางและไม้ที่ท่อนใหญ่สุดจะไว้ใกล้กับปากเตาเพราะเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงที่สุด หากมีพื้นที่ด้านบนเหลือให้นำฟืนท่อนสั้นมา ใส่ให้เต็ม เมื่อไม้เต็มเตาแล้วให้นำฝาถังมาปิดและรัดฝาถังให้แน่น ดังภาพที่ 3.13

ภาพที่ 3.13 แสดงการบรรจุและเรียงไม้ภายในเตา

(2) เริ่มกระบวนการเผาถ่านโดยการใช้เชื้อเพลิงแห้งเช่น เศษหญ้า ฟาง กิ่งไม้เล็กๆ จุดไฟที่หน้าเตาบริเวณปากเตาโดยใช้เชื้อเพลิงทีละน้อย ปล่อยให้ไอความร้อนค่อยๆ สะสมในตัวเตาดังภาพที่ 3.14

ภาพที่ 3.14 แสดงการจุดไฟหน้าเตา

(3) ช่วงไล่ความชื้นออกจากเนื้อไม้โดยใช้ความร้อนจากเชื้อเพลิงที่ค่อยๆ ใส่บริเวณหน้าเตา ซึ่งจะใช้เชื้อเพลิงไม่มาก จะใช้เวลาประมาณ 1 - 2 ชั่วโมง เชื้อเพลิงอาจมากหรือน้อยกว่านั้นขึ้นอยู่กับว่าไม้ฟืน ตัวเตา มีความชื้นมากหรือน้อยเพียงใด ดังภาพที่ 3.15

ภาพที่ 3.15 แสดงลักษณะควันในช่วงการไล่ความชื้น

(4) ช่วงเตาติด ช่วงแรกควันจะมีสีขาวปนเทาเมื่อใส่เชื้อเพลิงไปเรื่อยๆ จนความชื้นใกล้หมด ไม้ในตัวเตาเริ่มลุกติดไฟทั้งหมด ควันจะเริ่มมาก ขึ้นพุ่งออกมาจากปลายปล่องอย่างแรงจนเห็นได้ชัด ภาษาคนเผาถ่าน เรียกว่า “ควันบ้า” ดังภาพที่ 3.16 ซึ่งแสดงว่าเตาติดแล้วให้หยุดใส่เชื้อเพลิงหน้าเตาหรือ ป้อนเชื้อเพลิงที่ยังคงค้างอยู่ที่หน้าเตาให้หมดอีกประมาณ 10 - 20 นาที และหยุดใส่เชื้อเพลิงหน้าเตา เปลี่ยนมาเป็นควบคุมอากาศบริเวณช่อง ใส่เชื้อเพลิง หน้าเตาแทนโดยใช้ฝา

ปิดประตูหน้าเตาลักษณะเลื่อนขึ้นลง ให้เหลือพื้นที่ 1 ใน 4 ของพื้นที่หน้าเตาดังภาพที่ 3.17 ช่วงนี้ไม้จะคายสารต่างๆ ที่มี ประโยชน์ออกมา ซึ่งเป็นช่วงที่สามารถเก็บน้ำส้มควันไม้ได้แล้ว

ภาพที่ 3.16 แสดงลักษณะควันบ้า

ภาพที่ 3.17 แสดงการหรี่หน้าเตาให้เหลือ 1 ใน 4

(5) การเก็บน้าส้มควันไม้ทำได้โดยการเทน้ำลงในท่อควบแน่น เพื่อให้น้ำส้มควันไม้กลั่นตัว แล้วใช้ภาชนะรองใต้ปล่องควันเมื่อน้ำส้มควันไม้เริ่มหนืดและมีสีเข้มขึ้นจึงเลิกเก็บ หลังจากนั้นควันปากปล่องจะมีสีน้ำเงิน ออกมา แสดงว่าไม้ในเตากลายเป็นถ่านหมดแล้ว

(6) กระบวนการทำถ่านให้บริสุทธิ์เมื่อควันเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน ให้เปิดหน้าเตาออกประมาณครึ่งหนึ่งของหน้าเตาดังภาพที่ 3.18 จนควันเปลี่ยนเป็นสีฟ้าอ่อนหรือทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที เมื่อควันเริ่มจางลงจนเป็นควันใส โดยสังเกตที่ระยะ 10 เซนติเมตร เหนือปากปล่อง ถ้าสามารถ

มองควันทะลุเห็นปากปล่องด้านในได้ ให้ค่อยๆ ไล่ปิดปล่องควันทีละปล่อง โดยเริ่มจากปล่องเร่งด้านบนและปล่องควันด้านข้างอีก 2 ปล่อง ด้วยกระป๋องที่ตัดครึ่งกับดินเหนียวหรือใช้ดินเหนียวอย่างเดียว และปิดช่องใส่เชื้อเพลิงหน้าเตาโดยใช้ดินเหนียวอุดจากนั้นรอปล่องควันที่ปล่องที่ 3 ใสใช้เวลาประมาณ 30 - 45 นาที แล้วจึงปิดปิดปล่องควันที่ 3 จากนั้น ดังภาพที่ 3.19 ทิ้งไว้หนึ่งคืน หรืออย่างน้อย 6 – 8 ชั่วโมง เพื่อให้ถ่านดับสนิทและเย็นลง

ภาพที่ 3.18 แสดงการเปิดหน้าเตาออกประมาณครึ่งหนึ่งของหน้าเตา เพื่อทำให้ถ่านบริสุทธิ์

ภาพที่ 3.19 แสดงการการปิดเตา

(7) การเปิดเตา ให้เริ่มจากการเปิดที่ปากปล่องหรือฝาด้านบนก่อน เพื่อไล่อากาศที่ค้างอยู่ในเตา ค่อยๆ นำถ่านออกมาวางตากไว้ในที่โล่งประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อป้องกันไม่ให้ถ่านลุกติดไฟ แล้วจึงเก็บใส่ภาชนะบรรจุ ดังภาพที่ 3.19

ภาพที่ 3.20 แสดงการนำถ่านที่ได้จากการเปิดเตาวางตากไว้ในที่โล่ง

4. การผลิตถ่านอัดแท่ง

4.1 เตรียมผงถ่านเหง้ามันสำปะหลัง และต้นข้าวโพด โดยวิธีการนำถ่านที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาผลิตถ่านแบบถัง 200 ลิตร มาบดหรือตำให้เป็นผง หรือเป็นเม็ดละเอียด และร่อนด้วยตะแกรงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 มิลิเมตร ดังภาพที่ 3.21

ภาพที่ 3.21 แสดงขั้นตอนการเตรียมผงถ่านเหง้ามันสำปะหลัง และต้นข้าวโพด

4.2 นำผงถ่านที่ได้จากการบดหรือตำมาผสมกับแป้งมันสำปะหลัง โดยใช้แป้ง ร้อยละ 5-7 ของน้ำหนักถ่าน แล้วค่อยๆ เติมน้ำผสมเข้าให้ทั่ว (ทดสอบปริมาณน้ำ โดยการนำถ่านมากำในมือแล้วอยู่เป็นก้อนได้) ดังภาพที่ 3.22

ภาพที่ 3.22 แสดงขั้นตอนการผสมผงถ่านกับแป้งมันสำปะหลัง

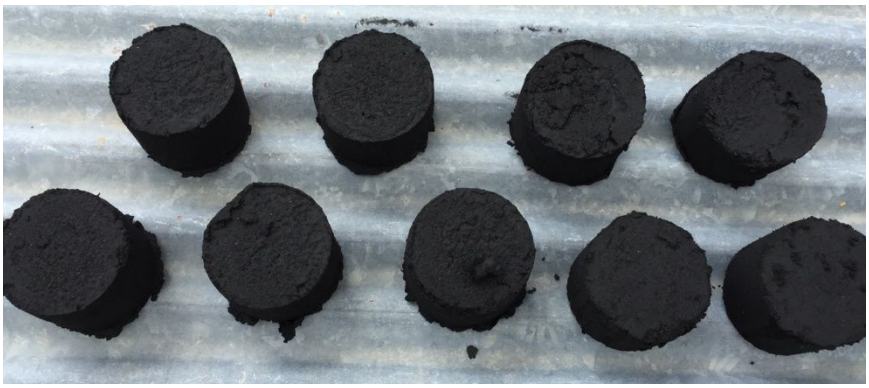
4.3 นำผงถ่านที่ผสมแล้วใส่ในกระบอกอัดสำหรับขึ้นรูปทั้ง 5 กระบอก ดังภาพที่ 3.23

ภาพที่ 3.23 แสดงการอัดขึ้นรูปถ่านอัดแท่ง

4.4 นำตัวอัดกดในกระบอกอัดสำหรับขึ้นรูป ออกแรงกดประมาณ 4-5 ครั้ง หลังจากนั้นเคาะแผ่นรองรับถ่านออก แล้วค่อยกดตัวอัดลงเบาๆ เพื่อให้ถ่านหลุดออกจากกระบอกอัดลงในถาดรองรับ ดังภาพที่ 3.24

ภาพที่ 3.24 แสดงถ่านอัดแท่งที่ผ่านกระบวนการอัด

4.5 นำถ่านอัดแท่งที่ได้ไปตากแดดประมาณ 2-3 วัน เพื่อกำจัดความชื้นและให้ถ่านแห้ง ดังภาพที่ 3.25



ภาพที่ 3.25 แสดงการกำจัดความชื้นถ่านอัดแท่งโดยการตากแดด

4.6 เก็บถ่านอัดแท่งที่แห้งแล้วใส่ภาชนะ และเอาไปใช้หุงต้มในครัวเรือนได้ตามต้องการ ดังภาพที่ 3.26

ภาพที่ 3.26 แสดงอัดแท่งที่ผ่านการกำจัดความชื้น

5. การทดสอบคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของผงถ่านและถ่านอัดแท่ง

การทดสอบคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของผงถ่านและถ่านอัดแท่ง เป็นขั้นตอนการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและค่าความร้อนของผงถ่านเหง้ามันสำปะหลัง ผงถ่านต้นข้าวโพด และถ่านอัดแท่งเหง้ามันสำปะหลัง ถ่านอัดแท่งต้นข้าวโพด และถ่านอัดแท่งรวมโดยแบ่งเป็นอัตราส่วนผสมของผงถ่านเหง้ามันสำปะหลังต่อต้นข้าวโพดร้อยละ 50 : 50 และร้อยละ 75 : 25 โดยทำการทดสอบหาค่าปริมาณความชื้น (moisture content) ปริมาณเถ้า (ash content) ปริมาณสารระเหย (volatile matter) ปริมาณคาร์บอนคงตัว (fixed carbon) ปริมาณกำมะถันรวม (total sulfur) และค่าความร้อน (heating value) จากห้องปฏิบัติการศูนย์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต โดยมีหลักการวิเคราะห์ และขั้นตอนการทดสอบในแต่ละพารามิเตอร์ดังนี้

5.1. ปริมาณความชื้น (moisture content) ทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐานของ ASTM D3173 โดยนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ให้ความร้อนคงที่ใต้อบ (Dying Oven) ที่อุณหภูมิประมาณ 104-110 องศาเซลเซียส เพื่อให้ไอน้ำระเหยออกจากตัวอย่าง ค่าความชื้นที่ได้สามารถนำมาคำนวณได้จากน้ำหนักของตัวอย่างที่ลดลง

วิธีการทดลอง

(1) นำถ้วย (Crucible) ที่สะอาดไปอบ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส แล้วนำไปทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccators) ประมาณ15 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนัก

(2) ชั่งน้ำหนักถ้วย (Crucible) และตัวอย่างผงถ่านหรือถ่านอัดแท่งที่ได้จากเหง้ามันสำปะหลัง หรือต้นข้าวโพด ประมาณ 1 กรัม (W1)

(3) นำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 2-3 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccators) ประมาณ 20 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนัก (W2)

วิธีการคำนวณ

$$M = (W1 - W2) / W * 100$$

กำหนดให้ M = ร้อยละของปริมาณความชื้น

W1 = น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W2 = น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

5.2 ปริมาณเถ้า (ash content) ทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3174 โดยนำตัวอย่างไปเผาให้ความร้อนในเตาเผาที่อุณหภูมิระหว่าง 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และค่อยๆ เพิ่มความร้อนเป็น 700-750 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้น้ำหนักที่คงของถ้วยทนไฟรวมทั้งน้ำหนักของเถ้าที่เหลือพร้อมฝาปิด จำนวนร้อยละของปริมาณเถ้าสามารถคำนวณได้จากน้ำหนักที่เหลืออยู่ภายหลังการเผาแล้ว

วิธีการทดลอง

(1) นำถ้วย (Crucible) ที่สะอาดไปอบ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซ็นเซียน

(2)ชั่งน้ำหนักถ้วย (Crucible) และตัวอย่างผงถ่านหรือถ่านอัดแท่งที่ได้จากเหง้ามันสำปะหลัง หรือต้นข้าวโพด ประมาณ 1 กรัม (W1)

(3) นำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส ประมาณ 4 ชั่วโมง แล้ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccators) 20 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนัก (W2)

วิธีการคำนวณ

$$M = (W1 - W2) / W * 100$$

กำหนดให้ M = ร้อยละของปริมาณเถ้า
W1 = น้ำหนักถ้วยและเถ้าของตัวอย่างหลังเผา (กรัม)
W2 = น้ำหนักถ้วย (กรัม)
W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

5.3 ปริมาณสารระเหย (volatile matter) ทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3175 โดยนำตัวอย่างมาเผาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 950 ± 20 องศาเซลเซียส ในเตาเผาเป็นเวลา 7 นาที แล้วคำนวณหาปริมาณสาระเหยจากการสูญเสียน้ำหนักตัวอย่าง

วิธีการทดลอง

(1)เผา crucible พร้อมฝาที่ อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียสประมาณ 30 นาทีแล้วนำไปทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น (Desiccators) ประมาณ 15 นาที

(2) ชั่งน้ำหนักถ้วย (Crucible) และตัวอย่างผงถ่านหรือถ่านอัดแท่งที่ได้จากเหง้ามันสำปะหลัง หรือต้นข้าวโพด ประมาณ 1 กรัม ใส่ลงไปใน crucible แล้วปิดฝา (W1)

(3) นำไปเผาในเตาเผาประมาณ 7-10 นาที แล้วปล่อยทิ้งไว้ในเตาอีก 7 นาที

(4) นำ crucible ออกจากเตาเผา แล้วนำไปทำเย็นในโถดูดความชื้น (Desiccators) ประมาณ 30 นาทีแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก (W2)

วิธีการคำนวณ

$$V = (W1 - W2) / W * 100 - M$$

กำหนดให้ V = ร้อยละของปริมาณสารระเหย

M = ร้อยละของปริมาณความชื้น

W1 = น้ำหนักของ Crucible พร้อมฝา และตัวอย่างก่อนเผา

W2 = น้ำหนักของ Crucible พร้อมฝา และตัวอย่างหลังเผา

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

5.4 ปริมาณคาร์บอนคงตัว (fixed carbon) ทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 3172 โดยวิธีการคำนวณ

ปริมาณคาร์บอนคงตัว (เปอร์เซ็นต์) = 100 – (เปอร์เซ็นต์ของค่าความชื้น + เปอร์เซ็นต์ของค่าปริมาณสารระเหย)

5.5 ปริมาณกำมะถันรวม (total sulfur) ทำการวิเคราะโดยหาในรูปซัลเฟต (Sulfate) ซึ่งหลักการหาปริมาณกำมะถันรวมของวิธีนี้คือ วัดความขุ่นของ $BaSO_4$ ที่เกิดขึ้นเมื่อเติม $BaCl_2$ Crystal วิธีนี้ใช้หาซัลเฟต (sulfate) ในลักษณะของ SO_4 ที่มีในตัวอย่างไม่เกิน 40 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความแม่นยำจะลดลง ตัวอย่างที่มี Organic Matter มากจะหาซัลเฟต(sulfate) โดยวิธีนี้ไม่ได้ เพราะจะไม่เกิดตะกอน $BaSO_4$ สำหรับตัวอย่างที่มีสีและมีสารแขวนลอยมาก ควรกำจำจัดสารแขวนลอยออกเสียบ้างโดยการกรอง ตัวอย่างส่วนมากไม่ใสจึงต้องวัดความขุ่นเมื่อเติม Conditioning Solution เสียครั้งหนึ่งก่อนแล้วเอาไปลบกับความขุ่นที่เกิดขึ้นเมื่อเติม BaCL2 จะเป็นความขุ่นที่เกิดจาก $BaSO_4$ ที่แท้จริง

5.6 ค่าความร้อน (heating value) ทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐานของ ASTM D3286 โดยนำตัวอย่างของสารเผาอย่างสมบูรณ์ในตัวบอมบ์ ที่มีออกซิเจนอยู่ปริมาณที่เกินพอ ความร้อนของการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นเป็นผลให้อุณหภูมิของ Jacket สูงขึ้น และสามารถคำนวณความร้อนที่เกิดขึ้นได้

วิธีการทดลอง

(1) ตัดลวด (Fuse Wire) ยาวประมาณ 10 เซนติเมตร ผูกที่ปลายทั้งสองของแท่งเหล็กด้านล่างของฝาบอมบ์

(2) อัดตัวอย่างเม็ดผงถ่าน หรือถ่านอัดแท่งที่ได้จากเหง้ามันสำปะหลัง หรือต้นข้าวโพด ให้มีน้ำหนักประมาณ 1.0 กรัม จากนั้นนำไปวางในถ้วย และวางถ้วยบนช่วงปลายเหล็กด้านฝาบอมบ์ จัดลวดให้สัมผัสตัวอย่าง

(3) ประกอบฝาบอมบ์กับตัวบอมบ์ นำไปอัดออกซิเจนให้ได้ความดันประมาณ 30 บรรยากาศ

(4) ใส่น้ำกลั่นที่มีอุณหภูมิประมาณ 24 องศาเซลเซียส ปริมาณ 2 ลิตร ลงในถัง (Bucker) เสียบสายไฟที่ใช้ในการจุดระเบิด 2 เส้น เข้ากับตัวบอมบ์ แล้วปิดฝาเครื่อง

(5) เปิดสวิตช์ อ่านอุณหภูมิของน้ำในถังบรรจุบอมบ์ (Bucket) กับน้ำที่อยู่ในตัวหุ้ม (Jacket) เมื่ออุณหภูมิทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน กดปุ่มจุดระเบิด บันทึกค่าอุณหภูมิเริ่มต้นและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนกระทั่งคงที่ จึงยุติการทดลอง

(6) วัดความยาวลวดที่เหลือ แล้วป้อนค่าเข้าสู่เครื่อง เพื่อคำนวณค่าความร้อนของตัวอย่าง

วิธีการศึกษาศักยภาพและความเป็นไปได้ในการพัฒนาฝายต้นน้ำสำหรับผลิตไฟฟ้าพลังน้ำโดยการสร้างแบบจำลอง

1. ประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยการบริหารจัดการพัฒนาพื้นที่ต้นน้ำแบบบูรณาการ กรณีศึกษา การสร้างแบบจำลองฝายต้นน้ำร่วมกับการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นข้อมูลประเภทปฐมภูมิ และทุติยภูมิ ที่มีลักษณะของข้อมูลทั้งเชิงปริมาณ และคุณภาพ ดังต่อไปนี้

1.1 ข้อมูลปฐมภูมิ ได้แก่ ข้อมูลสภาพแวดล้อมปัจจุบันในพื้นที่โครงการ ที่ได้จากการสังเกต การบันทึก และการถ่ายภาพในภาคสนาม การสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่อุทยาน

1.2 ข้อมูลทุติยภูมิ ได้แก่ ข้อมูลสภาพแวดล้อมปัจจุบันในพื้นที่โครงการที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง จากผลการศึกษาศักยภาพและความเป็นไปได้ในการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ในเขตอุทยานแห่งชาติพุเตย จังหวัดสุพรรณบุรี ของพรธิดา เทพประสิทธิ์ และคณะ (2556) ได้แก่ ความลาดชันของพื้นที่ สภาพของดินและการชะล้างพังทลายของดิน ข้อมูลสถิติต่างๆ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำนองสูงสุด

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

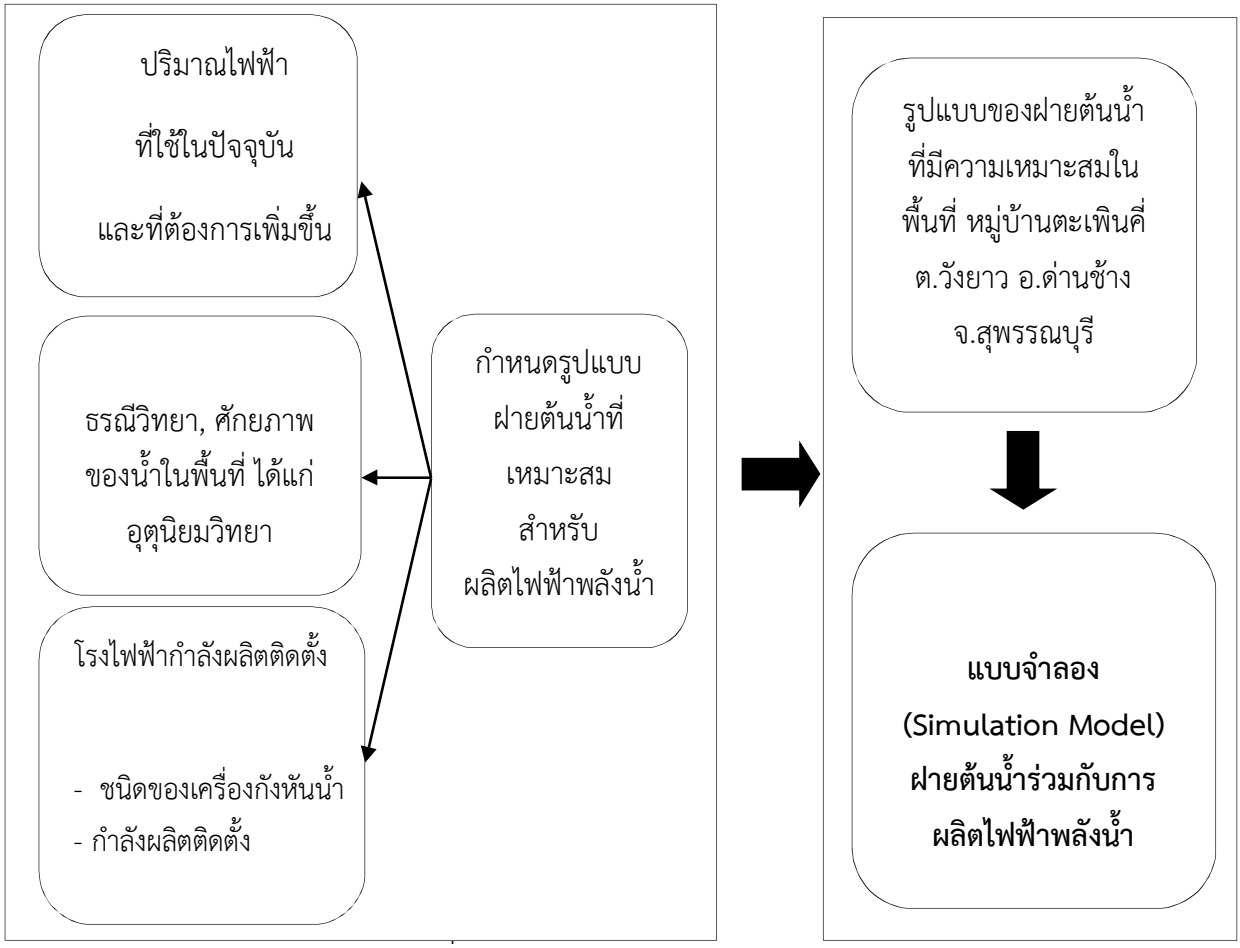
2.1 รวบรวมข้อมูลพื้นฐานทั่วไปที่จำเป็นต่อการพัฒนาแบบจำลอง (Simulation Model) ฝายต้นน้ำร่วมกับการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ ได้แก่ ปริมาณไฟฟ้าที่ต้องการเพิ่มขึ้น ข้อมูลทางด้านธรณีวิทยา ความลาดชันของพื้นที่ สภาพของดินและการชะล้างพังทลายของดิน สภาพภูมิอากาศเฉลี่ยโดยทั่วไป ปริมาณน้ำผิวดิน และการใช้น้ำ จากผลการศึกษาศักยภาพและความเป็นไปได้ในการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ในเขตอุทยานแห่งชาติพุเตย จังหวัดสุพรรณบุรี ของพรธิดา เทพประสิทธิ์ และคณะ (2556)

2.2 ศึกษาตำแหน่งที่เหมาะสมและจัดเก็บข้อมูลพื้นฐาน สภาพภูมิประเทศ ที่จำเป็นต่อการสร้างฝายต้นน้ำ จากข้อมูลภาคสนาม ได้แก่ แนวและความกว้างของลำน้ำ ระดับความสูงต่ำของพื้นดินจากตลิ่งทั้งสองฝั่งลงมาจนถึงท้องลำน้ำ อัตราการไหล เพื่อกำหนดรูปแบบฝายที่เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศ รวมถึงการเลือกชนิดของเครื่องกังหันน้ำ กำลังผลิตติดตั้ง (Installed Capacity) อัตราการไหลออกแบบ (Design Discharge) ความสูงของน้ำออกแบบ (Design Head) เพื่อกำหนดประเภทของโรงไฟฟ้ากำลังผลิตติดตั้ง

2.3 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อวิเคราะห์ ออกแบบและสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์ (Simulation) โดยวางโครงสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับแบ่งการทำงานเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนของภาพเคลื่อนไหว (Animation) แสดงหลักการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบไม่มีอ่างเก็บน้ำ (run of river) ส่วนของการคำนวณ และส่วนของการประมวลผลจำลองการผลิตไฟฟ้าจากการนำเข้าข้อมูลต่างๆ ได้แก่ ระดับน้ำปกติ ระดับเก็บกักต่ำสุด ระดับน้ำด้านท้ายน้ำต่ำสุด อัตราการไหล และพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้

2.4 วิเคราะห์ สรุปผลการศึกษาการบริหารจัดการพัฒนาพื้นที่ต้นน้ำแบบบูรณาการ กรณีศึกษาการสร้างแบบจำลองฝายต้นน้ำร่วมกับการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ

2.5 แผนงานวิจัยสรุป ดังภาพที่ 3.27



ภาพที่ 3.27 แสดงแผนงานวิจัยสรุป

3. เครื่องมือในการวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้เครื่องมือ แบบสังเกต สำหรับเก็บข้อมูลโดยตรงจากการลงสำรวจพื้นที่โครงการ ได้แก่ รายการตรวจสอบ, แบบบันทึกข้อมูล และการถ่ายภาพในการเก็บรวบรวมข้อมูล

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการวิจัยเป็นข้อมูลประเภทปฐมภูมิ และทุติยภูมิ ที่มีลักษณะของข้อมูลทั้งเชิงปริมาณ และคุณภาพ ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน คือ

4.1 วิเคราะห์เนื้อหา และสรุปข้อ125มูลจากการสังเกต สัมภาษณ์ และการจดบันทึกด้วยการพรรณนาคุณลักษณะของข้อมูล สำหรับการวิจัยเชิงคุณภาพ
วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงอ้างอิงจากการประมาณค่าหรือผลการตรวจวัดภาคสนามเพื่อสรุปไปยังค่าสถิติ และพารามิเตอร์ที่ใช้เป็นตัวแทน