โครงสร้างข้อเสนอโครงการ (Project Proposal Outline)

1. ชื่อโครงการ

โครงการการพัฒนาเซลล์ไฟฟ้าเคมีชีวภาพจากหยวกกล้วยเพื่อกักเก็บพลังงานโซลาร์เซลล์ *(Development of Banana Stem Bio-Electrochemical Cells for Solar Energy Storage)*

2. หลักการและเหตุผล (Rationale & Background)

ปัจจุบันพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy) เป็นพลังงานหมุนเวียนที่มีศักยภาพสูงและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดสำคัญของระบบพลังงานแสงอาทิตย์คือความไม่ต่อเนื่องของการผลิตพลังงาน จึงจำเป็นต้องใช้นวัตกรรมระบบกักเก็บพลังงาน (Energy Storage System: ESS) เข้ามาเสริมเสถียรภาพ แต่แบตเตอรี่เคมีเชิงพาณิชย์ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน เช่น แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน (Lithium-ion) หรือแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด (Lead-acid) กลับมีต้นทุนสูง ตลอดจนกระบวนการสังเคราะห์และขยะแบตเตอรี่หลังหมดอายุการใช้งานส่งผลกระทบและเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมอย่างร้ายแรง

จากปัญหาดังกล่าว จึงเกิดแนวคิดการพัฒนาระบบกักเก็บพลังงานเชิงชีวภาพ (Bio-energy Storage System) โดยการประยุกต์ใช้วัสดุชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยเฉพาะ **"หยวกกล้วย" (Banana Pseudostem)** ซึ่งเป็นชีวมวลปริมาณมากที่มักถูกตัดทิ้งภายหลังการเก็บเกี่ยว ในทางไฟฟ้าเคมี (Electrochemistry) น้ำเค้นหรือน้ำหมักจากหยวกกล้วยอุดมไปด้วยไอออนอิสระ ได้แก่ โพแทสเซียมไอออน (K^+) และโซเดียมไอออน (Na^+) ร่วมกับกรดอินทรีย์หลายชนิด ซึ่งทำหน้าที่เป็น **สารอิเล็กโทรไลต์ธรรมชาติ (Natural Electrolyte)** ที่มีประสิทธิภาพ Ion Mobility สูง สามารถนำไฟฟ้าและเอื้อให้เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ (Redox Reaction) ระหว่างขั้วไฟฟ้าได้อย่างสมบูรณ์

ดังนั้น โครงการนี้จึงมุ่งศึกษาและพัฒนาระบบเซลล์ไฟฟ้าเคมีชีวภาพ (Biochemical Cell) จากสารอิเล็กโทรไลต์ธรรมชาติในน้ำหมักหยวกกล้วย เพื่อประยุกต์ใช้ในการรับและจัดเก็บประจุไฟฟ้าจากแผงเซลล์สุริยะ (Solar Cell) ซึ่งนอกจากจะเป็นการยกระดับเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรตามหลักการยกระดับมูลค่า (Upcycling) และเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) แล้ว ยังเป็นการสร้างนวัตกรรมกักเก็บพลังงานสะอาด ต้นทุนต่ำ ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

3. วัตถุประสงค์ (Objectives)

1. **เพื่อศึกษาสูตรและสภาวะที่เหมาะสม (Optimization) ในการหมักสารชีวมวลจากหยวกกล้วย** สำหรับสังเคราะห์เป็นสารอิเล็กโทรไลต์ธรรมชาติ (Natural Electrolyte) ที่มีค่าความนำไฟฟ้าและการเคลื่อนที่ของไอออนสูงสุด

2. **เพื่อออกแบบ ประดิษฐ์ และบูรณาการระบบเซลล์ไฟฟ้าเคมีชีวภาพ (Bio-electrochemical Cell Integration)** ที่สามารถรองรับการอัดประจุไฟฟ้า (Charging) จากระบบเซลล์สุริยะ และสามารถจ่ายประจุไฟฟ้า (Discharging) เพื่อขับเคลื่อนอุปกรณ์ไฟฟ้าในสภาวะการใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. **เพื่อประเมินสมรรถนะทางไฟฟ้าเคมี (Electrochemical Performance Evaluation)** ของระบบ ได้แก่ ความจุไฟฟ้า (Electrical Capacity) ประสิทธิภาพการกักเก็บพลังงาน (Energy Efficiency) และความเสถียรในการอัด-จ่ายประจุซ้ำ (Cyclic Stability)

4. สมมติฐานการวิจัย

สารอิเล็กโทรไลต์ธรรมชาติจากน้ำหมักหยวกกล้วยที่มีสภาวะการหมักและความเข้มข้นของไอออนอินทรีย์อย่างเหมาะสม มีสมรรถนะทางไฟฟ้าเคมีที่สามารถรองรับการนำถ่ายประจุและการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์ไฟฟ้าเคมีชีวภาพ ส่งผลให้ระบบสามารถอัดประจุพลังงานจากเซลล์สุริยะ และจ่ายพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงให้แก่อุปกรณ์ไฟฟ้าในสภาวะการใช้งานจริงได้อย่างมีเสถียรภาพ

5. ขอบเขตการดำเนินงาน

ศึกษาสภาวะและปัจจัยทางไฟฟ้าเคมีที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกักเก็บและจ่ายพลังงานไฟฟ้า โดยกำหนดตัวแปรในการวิจัยดังนี้

- **ตัวแปรต้น (Independent Variables):**
    - ระยะเวลาในการหมักสารชีวมวลจากหยวกกล้วย (Fermentation Time)
    - ชนิดและจับคู่ของวัสดุขั้วไฟฟ้า (Electrode Pair Combinations) เช่น ขั้วทองแดง-สังกะสี (Cu-Zn) และขั้วคาร์บอน-กราฟีน (Carbon-Graphene)
- **ตัวแปรตาม (Dependent Variables):**
    - สมรรถนะทางไฟฟ้า ได้แก่ แรงดันไฟฟ้าดันเปิด (Open-Circuit Voltage: V), ปริมาณกระแสไฟฟ้า (Current: A), ค่าความจุไฟฟ้า (Electrical Capacity: Ah) และระยะเวลาความเสถียรในการกักเก็บและจ่ายพลังงาน (Energy Retention Time)
- **ตัวแปรควบคุม (Controlled Variables):**
    - ปริมาตรและความเข้มข้นของสารอิเล็กโทรไลต์จากหยวกกล้วยในภาชนะบรรจุ อุณหภูมิแวดล้อม และขนาดพื้นที่ผิวสัมผัสของขั้วไฟฟ้า

ขอบเขตด้านอุปกรณ์และบูรณาการระบบ (Hardware & System Integration Scope)

- การประยุกต์ใช้แผงเซลล์สุริยะ (Solar Panel Subsystem) เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานปฐมภูมิ
    - การใช้ชุดควบคุมการประจุไฟโซลาร์เซลล์ (Solar Charge Controller) เพื่อบริหารจัดการและปรับแรงดัน/กระแสไฟฟ้าให้เหมาะสมก่อนส่งไปอัดประจุ (Charging) เข้าสู่โมดูลแบตเตอรี่ชีวภาพจากสารอิเล็กโทรไลต์หยวกกล้วย
    - การเลือกใช้ภาชนะบรรจุและจัดเก็บสารอิเล็กโทรไลต์ในรูปแบบเซลล์กักเก็บพลังงานชีวภาพที่มีความปลอดภัย ไร้การรั่วซึม และย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ

ขอบเขตด้านการประยุกต์ใช้งานจริง (Application Scope)

- การทดสอบนำพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (DC Power) ที่จัดเก็บได้จากระบบแบตเตอรี่ชีวภาพไปจ่ายไฟให้กับชุดโหลดไฟฟ้าทดลอง เช่น ระบบหลอดไฟส่องสว่าง LED พลังงานต่ำ หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก ภายในพื้นที่โรงเรียนเทศบาลอุ่มลอง เพื่อสาธิตและประเมินความคุ้มค่าในการใช้งานจริงเชิงพื้นที่

6. แผนการดำเนินงานและขอบเขตการทดลอง (Methodology & Experimental Plan)

ระยะที่ 1: การเตรียมวัตถุดิบชีวมวลและอุปกรณ์จัดเก็บพลังงาน (Biomass Preparation & Hardware Procurement)

- การคัดเลือก เกลา และย่อยขนาดส่วนโคนและลำต้นของหยวกกล้วย (Banana Pseudostem) เพื่อปรับสภาพพื้นผิวสัมผัสและเตรียมเป็นสารอิเล็กโทรไลต์ธรรมชาติ (Natural Electrolyte) จำนวน 12 ถังปฏิกรณ์
- การจัดเตรียมอุปกรณ์ระบบเซลล์สุริยะ (Solar Panel Subsystem) วงจรควบคุมการประจุ และอุปกรณ์ประกอบระบบไฟฟ้าสำหรับการทดสอบ

ระยะที่ 2: การสังเคราะห์ขั้วไฟฟ้าและการประกอบเซลล์แบตเตอรี่ชีวภาพ (Electrode Fabrication & Bio-Battery Assembly)

- การออกแบบและสร้างขั้วไฟฟ้า (Electrode Fabrication) โดยการคัดเลือกวัสดุตัวนำที่เหมาะสมสำหรับขั้วแอโนด (Anode) และขั้วแคโทด (Cathode) เพื่อให้เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ (Redox Reaction) ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด
- การบรรจุสารอิเล็กโทรไลต์จากหยวกกล้วยลงในถังปฏิกรณ์เพื่อประกอบเป็นแบตเตอรี่ชีวภาพต้นแบบ (Bio-battery Modules) พร้อมติดตั้งระบบเชื่อมต่อทางไฟฟ้า

ระยะที่ 3: การบูรณาการระบบและวิเคราะห์ผลการทดลอง (System Integration & Performance Testing)

- การต่อบูรณาการระบบร่วมระหว่างแผงเซลล์สุริยะ ระบบประจุพลังงาน และแบตเตอรี่ชีวภาพต้นแบบ
- การทดสอบสมรรถนะทางไฟฟ้า (Electrochemical Performance Testing) ได้แก่ การวัดแรงดันไฟฟ้าดันเปิด (Open-Circuit Voltage), กระแสไฟฟ้าสูงสุด, ความจุพลังงาน (Capacity) และความเสถียรในการจ่ายไฟต่อเนื่องภายใต้สภาวะโหลดที่แตกต่างกัน

ระยะที่ 4: การวิเคราะห์ สรุปผล และการประยุกต์สู่ชุมชน (Data Analysis, Evaluation & Technology Transfer)

- การประมวลผลข้อมูลการทดลองทางสถิติ สรุปประสิทธิภาพเชิงพลังงาน และประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์/สิ่งแวดล้อม
- การจัดทำแนวทางการพัฒนาต่อยอดสมรรถนะของแบตเตอรี่ชีวภาพ และการถ่ายทอดเทคโนโลยี (Technology Transfer) เพื่อส่งเสริมการนำไปใช้งานจริงในระดับชุมชนหรือภาคการเกษตรอย่างยั่งยืน

ระยะเตรียมการและหมักสาร (Preparation & Fermentation):

- สับและบดหยวกกล้วย หมักเพื่อสกัดน้ำหมักอิเล็กโทรไลต์ วัดค่า pH และค่าการนำไฟฟ้า (EC)

2. **ระยะออกแบบและประกอบเซลล์ (Cell Design & Assembly):**
   - ทดสอบคัดเลือกขั้วไฟฟ้า (Anode/Cathode) ที่เหมาะสม
   - บรรจุน้ำหมักหยวกกล้วยลงในภาชนะทดลองและต่อวงจร
3. **ระยะทดสอบการกักเก็บพลังงาน (Testing & Integration):**
   - ต่อเข้ากับแผงโซลาร์เซลล์ผ่านวงจรควบคุมการชาร์จ (Charge Controller)
   - บันทึกเวลาชาร์จ ค่าแรงดันสูงสุด และทดลองจ่ายไฟให้โหลด (เช่น หลอดไฟ LED)
4. **ระยะประเมินและสรุปผล (Evaluation & Reporting):**
   - วิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงพลังงานและต้นทุน ต่อสรุปผลรายงาน

7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. **ด้านเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม:**
    - ได้รับนวัตกรรมแบตเตอรี่ชีวภาพต้นแบบ (Bio-battery Prototype) ที่มีประสิทธิภาพ ไร้สารพิษ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และมีคุณสมบัติในการย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ (Biodegradable)
2. **ด้านเศรษฐกิจและการประยุกต์ใช้:**
    - สามารถพัฒนาเป็นเทคโนโลยีทางเลือกเพื่อลดต้นทุนในการจัดหาและติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน (Energy Storage System) สำหรับการใช้งานในภาคเกษตรกรรมและชุมชนขนาดเล็กอย่างยั่งยืน
3. **ด้านการจัดการทรัพยากรและสร้างมูลค่าเพิ่ม:**
    - เป็นการส่งเสริมการหมุนเวียนทรัพยากรผ่านการยกระดับมูลค่าเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร (Agricultural Waste Upcycling) ตามแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy)
4. **ด้านการศึกษาและการพัฒนาศักยภาพ:**
    - นักเรียนโรงเรียนเทศบาลอุ่มลองได้รับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เกิดการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ผ่านการลงมือปฏิบัติจริง และสามารถต่อยอดองค์ความรู้ไปสู่การแก้ปัญหาในท้องถิ่นได้

รายการวัสดุอุปกรณ์และประมาณการงบประมาณ						
ลำดับ	รายการวัสดุ/อุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน	หน่วย	ราคา/หน่วย (บาท)	รวม (บาท)
หมวดที่ 1: ระบบไฟฟ้าและโซลาร์เซลล์ (Solar & Electrical System)						
1	แผงโซลาร์เซลล์ (Solar Panel)	ชนิด Monocrystalline/Polysilicon ขนาด 580W-600w	1	แผง	4,500	4,500
2	โซล่าชาร์จเจอร์ (Solar Charge Controller)	โซล่าชาร์จเจอร์ 10A MPPT PV input 100V	1	เครื่อง	4,500	4,500
3	อุปกรณ์ยึดติดตั้งแผงโซล่าเซล	อุปกรณ์ยึดราง	1	ชุด	1,500	1,500
4	ชุดขั้วไฟฟ้า (Electrodes)	แผ่นทองแดง (Copper) และ แผ่นสังกะสี (Zinc) ขนาดมาตรฐาน	50	คู่	50	2,500
5	สายไฟและคลิปหนีบปากจระเข้	สายไฟแดง-ดำ พร้อมคลิปหนีบสำหรับต่อวงจร	50	ชุด	50	2,500
6	หลอดไฟ LED และพัดลม DC ขนาดเล็ก	โหลดสำหรับทดสอบการจ่ายไฟ (5V / 12V DC)	30	ชุด	120	3,600
หมวดที่ 2: การเตรียมสารและการสร้างเซลล์แบตเตอรี่ (Bio-Cell Assembly)						
7	หยวกกล้วย (Banana Stems)	วัตถุดิบเหลือทิ้งทางการเกษตร (เบิกฟรี/หาในพื้นที่)	-		0	0
8	กล่อง/ภาชนะบรรจุสารอิเล็กโทรไลต์	พลาสติก PP/Acrylic ทนกรด-ด่าง พร้อมฝาปิด	12	ใบ	400	4,800
9	สะพานเกลือ / แผ่นกั้นเซลล์ (Salt Bridge/Separator)	กระดาษกรอง หรือท่อพลาสติกบรรจุวุ้นเกลือ (Agar-KCl)	100	ชุด	150	15,000
10	สารเคมีสำหรับปรับสภาวะการหมัก	พรีไบโอติก/EM หรือเกลือแกง (NaCl) เพื่อเพิ่มไอออน	1	ชุด	100	100
หมวดที่ 3: เครื่องมือวัดและประมวลผล (Measurement & Testing)						
11	ดิจิทัลมัลติมิเตอร์ (Digital Multimeter)	สำหรับวัดค่าแรงดัน (V) และกระแสไฟฟ้า (mA)	1	เครื่อง	650	650
12	กระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์ / pH Meter	สำหรับวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำหมัก	1	ชุด	300	300
หมวดที่ 4: วัสดุสิ้นเปลืองและอื่นๆ (Miscellaneous)						
13	อุปกรณ์เซฟตี้	ถุงมือยาง	2	โหล	550	1,100
14	อุปกรณ์กาวซิลิโคน	กาวซิลิโคน	1	โหล	1,200	1,200
15	อุปกรณ์ไฟฟ้า	ผ้าเทปพันสายไฟ	1	โหล	650	650
					รวมงบประมาณทั้งสิ้น (โดยประมาณ)	**42,900**