แบบฟอร์มข้อเสนอโครงการวิจัย ฉบับสมบูรณ์ (Full Proposal)

งบประมาณเพื่อสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund; FF)

ชื่อหน่วยงาน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. โครงการวิจัยนี้อยู่ภายใต้แผนงาน: ความเป็นกลางทางคาร์บอนและการจัดการของเสียและเศษเหลือทางการเกษตร

2. ชื่อชุดโครงการวิจัย

(ภาษาไทย) โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีข้าวฟ่างหวาน: การคัดเลือกสายพันธุ์ การปรับปรุงพันธุ์ การผลิตผลิตภัณฑ์ และการจัดการวัสดุเหลือทิ้งเพื่อความยั่งยืนและการประเมินคาร์บอนเครดิต

(ภาษาอังกฤษ) Sweet Sorghum Technology Development Project: Variety Selection, Breeding Improvement, Product Production, and By-Product Management for Sustainability and Carbon Credit Assessment

3. ชื่อโครงการวิจัยย่อยภายใต้โครงการวิจัย

ลำดับ	ชื่อโครงการย่อย	งบประมาณ (บาท)	หัวหน้าโครงการย่อย
ชุดโครงการ โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีข้าวฟ่างหวาน: การคัดเลือกสายพันธุ์, การปรับปรุงพันธุ์, การผลิตผลิตภัณฑ์ และการจัดการวัสดุเหลือทิ้งเพื่อความยั่งยืนและการประเมินคาร์บอนเครดิต		**1,936,000**	อาจารย์ ดร.ณัฐต์ณิชา สุขเกษม
1	**โครงการย่อยที่** 1 คัดเลือกพันธุ์ข้าวฟ่างและช่วงเวลาที่เหมาะสมในการผลิตคาร์บอนเครดิต ในพื้นที่เชียงใหม่	490,000	ดร.ธิดารัตน์ ศิริบูรณ์ 095-641-5238
2	**โครงการย่อยที่ 2** การคัดเลือกสายพันธุ์และการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตต้นพันธุ์ข้าวฟ่างหวาน ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ	495,000	อาจารย์ ดร. จุฑามาศ พิลาดี 062-290-6255
3	**โครงการย่อยที่ 3** การพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวฟ่างหวานและปริมาณคาร์บอนเครดิตของผลิตภัณฑ์	495,000	อาจารย์ ดร.ณัฐต์ณิชา สุขเกษม 063-446-6151
4	**โครงการย่อยที่ 4** ถุงเพาะชำรักษ์โลกจากกระดาษข้าวฟ่างเคลือบยางพารา	456,000	ผศ.ดร.ศิวโรฒ บุญราศรี 090-519-4926

4. ลักษณะโครงการวิจัย

☑ โครงการใหม่ ที่เริ่มดำเนินการในปีที่เสนอขอ ดำเนินงาน ....1.....ปี
งบประมาณรวมทั้งโครงการ .....**1,936,000**.....บาท
ปีงบประมาณ .....**2569**..... งบประมาณ ..... **1,936,000**.....บาท
ปีงบประมาณ ..... งบประมาณ .....บาท
ปีงบประมาณ ..... งบประมาณ .....บาท

○ โครงการต่อเนื่อง จากปีงบประมาณที่ผ่านมา ดำเนินงาน .....ปี
งบประมาณรวมทั้งโครงการ .....บาท
ใส่รหัสข้อเสนอโครงการต่อเนื่อง.....(ระบบดึงข้อมูลมาให้ :นักวิจัยสามารถปรับแก้ข้อมูลได้)
เริ่มรับงบประมาณปี..... (กรอกปีงบประมาณที่เริ่มดำเนินงาน)
ปีงบประมาณ ..... งบประมาณ .....บาท
ปีงบประมาณ ..... งบประมาณ .....บาท
ปีงบประมาณ ..... งบประมาณ .....บาท

○ โครงการต่อเนื่องที่มีข้อผูกพันสัญญา* ดำเนินงาน .....ปี
งบประมาณรวมทั้งโครงการ .....บาท
ใส่รหัสข้อเสนอโครงการต่อเนื่อง.....(ระบบดึงข้อมูลมาให้ :นักวิจัยสามารถปรับแก้ข้อมูลได้)
เริ่มรับงบประมาณปี..... (กรอกปีงบประมาณที่เริ่มดำเนินงาน)
ปีงบประมาณ ..... งบประมาณ .....บาท
ปีงบประมาณ ..... งบประมาณ .....บาท

หมายเหตุ : *โครงการต่อเนื่องที่มีข้อผูกพันสัญญา หมายถึง ข้อผูกพันสัญญาที่ดำเนินการตามมติ ครม. หรือดำเนินงานร่วมกับหน่วยงานต่างประเทศ

ผลการดำเนินที่ผ่านมา (กรณีที่เป็นโครงการต่อเนื่อง)

ปีงบประมาณ	ผลการดำเนินงานเทียบกับแผนที่ตั้งไว้ (%)	งบประมาณที่ได้รับจัดสรร (บาท)	งบประมาณที่ใช้จริง (บาท)	สัดส่วนงบประมาณที่ใช้จริง (%)
-	-	-	-	-

สรุปผลการดำเนินงานที่ผ่านมา โดยอธิบายกิจกรรมที่ได้ดำเนินการแล้ว และผลผลิตที่เกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรม

.....

5. โครงการยื่นเสนอขอรับทุนจากหน่วยงานอื่นหรือไม่

☑ ไม่ยื่นเสนอ ◯ ยื่นเสนอ ระบุหน่วยงาน.....

6. คำสำคัญ (Keywords)

(ภาษาไทย) การคัดเลือกสายพันธุ์ การปรับปรุงพันธุ์ น้ำส้มสายชูหมัก
ถุงเพาะชำกระดาษข้าวฟ่างเคลือบยางพารา การประเมินคาร์บอนเครดิต

(ภาษาอังกฤษ) Variety Selection Breeding Improvement Fermented vinegar
Nursery bags from sorghum paper coated with rubber Carbon credit Assessment

7. สาขาการวิจัย (เลือกจากฐานข้อมูลในระบบ)

สาขาการวิจัยหลัก OECD (เป็น dropdown ให้เลือก) ....สาขาหลักวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี.....
สาขาการวิจัยย่อย OECD (เป็น dropdown ให้เลือก) .....เทคโนโลยีชีวภาพ

8. ISCED (International Standard Classification Of Education)

ISCED Broad field (เป็น dropdown ให้เลือก) 07 Engineering, manufacturing and construction
ISCED Narrow field (เป็น dropdown ให้เลือก) 071 Engineering and engineering trades
ISCED Detailed field (เป็น dropdown ให้เลือก) 0711Chemical engineering and processes

9. รายละเอียดของคณะผู้วิจัย ประกอบด้วย

ชื่อ-สกุล	หน่วยงาน	ตำแหน่งในโครงการ	สัดส่วนการดำเนินโครงการวิจัย
อาจารย์ ดร.ณัฐต์ณิชา สุขเกษม	วิทยาลัยพลังงานทดแทน	หัวหน้าชุดโครงการและหัวหน้าโครงการย่อยที่ 3	40
ดร.ธิดารัตน์ ศิริบูรณ์	คณะผลิตกรรมการเกษตร	หัวหน้าโครงการย่อยที่ 1	20
อาจารย์ ดร. จุฑามาศ พิลาดี	คณะผลิตกรรมการเกษตร	หัวหน้าโครงการย่อยที่ 2	20
ผศ.ดร.ศิวโรฒ บุญราศรี	คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร	หัวหน้าโครงการย่อยที่ 4	20

ส่วนที่ 2 ข้อมูลโครงการวิจัย

1. บทสรุปข้อเสนอโครงการ

ข้าวฟ่าง (Sorghum: *Sorghum bicolor* (L.) Moench) เป็นธัญพืชที่มีความสำคัญเป็นอันดับห้าของโลก เป็นพืชที่ให้พลังงานคาร์โบไฮเดตรตสูง ในเขตแอฟาริกาจะนิยมบริโภคข้าวฟ่างเป็นจำนวนมาก เป็นพืชที่มีน้ำตาลซูโครสเป็นองค์ประกอบอยู่ภายในลำต้นข้าวฟ่างหวาน ซึ่งสามารถบีบสกัดออกมาได้ด้วยกระบวนการเช่นเดียวกับน้ำตาลอ้อย จุดเด่นของข้าวฟ่าง คือ มีระยะเวลาในการปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวเป็นระยะเวลา 4 เดือน ซึ่งมีระยะเวลาการปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวสั้นกว่าการปลูกอ้อยซึ่งใช้เวลานานถึง 10 – 12 เดือน ขึ้นกับชนิดและสายพันธุ์ของอ้อย อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบัน ต้นทุนราคาปุ๋ย ราคาพลังงาน และอื่น ๆ รวมถึงราคาอ้อยสูงขึ้นอย่าง

ต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลให้เริ่มมีการสรรหาหรือคัดสรรพืชพลังงานทางเลือกมาทดแทนการใช้อ้อยเพื่อการบริโภคและการผลิตพลังงานเอทานอล ดังนั้น ข้าวฟ่างหวาน ซึ่งมีลักษณะทางสรีระวิทยาที่มีความคล้ายคลึงระหว่างอ้อยและข้าวโพด มีลำต้นขนาดใหญ่ พร้อมมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบในลำตันข้าวฟ่างหวาน จึงส่งให้ข้าวฟ่างหวานเป็นจุดสนใจเพื่อจะศึกษา พัฒนา ประเมินศักยภาพในการใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างหวานในเขตภาคเหนือของไทย ซึ่งจะสามารถนำไปต่อยอดการใช้ประโยชน์ในพื้นที่อื่น ๆ ของประเทศได้อีกด้วย

ทั้งนี้ ชุดโครงการวิจัยนี้ (โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีข้าวฟ่างหวาน: การคัดเลือกสายพันธุ์, การปรับปรุงพันธุ์, การผลิตผลิตภัณฑ์ และการจัดการวัสดุเหลือทิ้งเพื่อความยั่งยืนและการประเมินคาร์บอนเครดิต งบประมาณ 2569) ซึ่งเป็นชุดโครงการที่จะดำเนินงานในระยะเฟสที่ 2 ต่อเนื่องจากชุดโครงการในระยะที่ 1 (การพัฒนาศักยภาพการผลิตข้าวฟ่างหวานสู่นวตกรรมผลิตภัณฑ์และพลังงานในระดับต้นน้ำสู่ปลายน้ำด้วยระบบ Zero – waste และคาร์บอนเครดิตต่ำ) ที่ได้รับการสนับสนุนดำเนินงานของปีงบประมาณ 2568 โดยชุดโครงการในระยะเฟสที่ 2 นี้ ได้นำข้อมูล องค์ความรู้ และเทคโนโลยีที่ได้จากชุดโครงการระยะเฟสที่ 1 มาใช้เป็นข้อมูลองค์ความรู้และเทคโนโลยีนำเข้า และเป็นข้อมูลประกอบการวิเคราะห์ผลวิจัยเพื่อสังเคราะห์ให้ได้ข้อมูลองค์ความรู้ใหม่ เทคโนโลยีใหม่ ต้นแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ เป็นต้น ที่ซึ่งจะได้จากการดำเนินงานของชุดโครงการระยะเฟสที่ 2 แล้วเสร็จ โดยมีรายละเอียดโดยสังเขป ดังตารางต่อไปนี้

ตารางการเคลื่อนผ่านองค์ความรู้ เทคโนโลยี และอื่นๆ จากชุดโครงการในระยเฟสที่ 1 สู่ชุดโครงการในระยเฟสที่ 2 โดยสังเขป

ชุดโครงการระยะเฟสที่ 1	สิ่งที่ส่งผ่านไปยังระยะที่2	ชุดโครงการระยะเฟสที่ 2	สิ่งที่คาดว่าจะได้จากระยะที่ 2
ชุดโครงการ การพัฒนาศักยภาพการผลิตข้าวฟ่างหวานสู่นวตกรรมผลิตภัณฑ์และพลังงานในระดับต้นน้ำสู่ปลายน้ำด้วยระบบ Zero – waste และคาร์บอนเครดิตต่ำ		**ชุดโครงการ** การโครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีข้าวฟ่างหวาน: การคัดเลือกสายพันธุ์, การปรับปรุงพันธุ์, การผลิตผลิตภัณฑ์ และการจัดการวัสดุเหลือทิ้งเพื่อความยั่งยืนและการประเมินคาร์บอนเครดิต	
โครงการย่อยที่ 1 การประเมินองค์ประกอบผลผลิตข้าวฟ่างและคาร์บอนเครดิตในการผลิตข้าวฟ่างหวาน (ต้นน้ำ)	ชุดข้อมูลองค์การจัดการน้ำในแปลงปลูกข้าวฟ่างหวานด้วยระบบการให้น้ำปกติและระบบน้ำหยด	**โครงการย่อยที่** 1 คัดเลือกพันธุ์ข้าวฟ่างและช่วงเวลาที่เหมาะสมในการผลิตคาร์บอนเครดิต ในพื้นที่เชียงใหม่ (ต้นน้ำ)	ชุดข้อมูลสายพันธุ์ข้าวฟ่างหวานที่เหมาะสมในแต่ละช่วงฤดูกาลตลอดทั้งปี และระบบการจัดการน้ำด้วยระบบให้น้ำปกติและระบบน้ำหยดในแปลงปลูกที่เหมาะสมในแต่ละช่วงเวลาการปลูก
โครงการย่อยที่ 2 การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตต้นพันธุ์ข้าวฟ่างด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (ต้นน้ำ)	เทคโนโลยีเซลล์เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสำหรับข้าวฟ่างหวาน	**โครงการย่อยที่ 2** การคัดเลือกสายพันธุ์และการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตต้นพันธุ์ข้าวฟ่างหวาน ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (ต้นน้ำ)	ข้าวฟ่างหวานที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ในระยะแคลลัสและการชักนำให้เป็นต้นด้วยการใช้เทคโนโลยีเซลล์เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชจากระยะที่ 1
โครงการย่อยที่ 3 การประเมินคาร์บอนเครดิตในการผลิตเอทานอลจากน้ำตาลข้าวฟ่างหวานและลิกโนเซลลูโลสข้าวฟ่างหวาน (กลางน้ำ)	เทคโนโลยีการหมักเอทานอลจากน้ำตาลลำต้นข้าวฟ่างหวาน	**โครงการย่อยที่ 3** การพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวฟ่างหวานและปริมาณคาร์บอนเครดิตของผลิตภัณฑ์ (กลางน้ำ)	ต้นแบบน้ำส้มสายชูหมัก (กรดแอซีติก) ที่ผลิตด้วยระบบ 2 ขั้นตอนที่ใช้เทคโนโลยีการหมักเอทานอล (เปลี่ยนน้ำตาลเป็นเอทานอล) และ เทคโนโลยีการหมักกรดแอซีติก (เปลี่ยนเอทานอลเป็นกรดแอซีติก)

ชุดโครงการระยะเฟสที่ 1	สิ่งที่ส่งผ่านไปยังระยะที่2	ชุดโครงการระยะเฟสที่ 2	สิ่งที่คาดว่าจะได้จากระยะที่ 2
<u>โครงการย่อยที่ 4</u> การเพิ่มมูลค่าต้นข้าวฟ่างด้วยการสกัดผลึกนาโนเซลลูโลสเพื่อเสริมแรงในยางรถยนต์ (ปลายน้ำ)	แนวทางการจัดการระบบ Zero – waste ของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรของข้าวฟ่างหวานในการผลิตผลึกนาโนเซลลูโลสเพื่อเสริมแรงในยางรถยนต์	**<u>โครงการย่อยที่ 4</u>** ถุงเพาะชำรักษ์โลกจากกระดาษข้าวฟ่างเคลือบยางพารา (ปลายน้ำ)	แนวทางการจัดการระบบ Zero – waste ของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรของข้าวฟ่างหวานในระยะที่ 1 มาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ถุงเพาะชำรักษ์โลก
วิธีการประเมินคาร์บอนเครดิตของข้าวฟ่างหวานในระดับต้นน้ำ สู่ ปลายน้ำ		วิธีการประเมินคาร์บอนเครดิตของข้าวฟ่างหวานในระดับต้นน้ำ สู่ ปลายน้ำ	

จากการดำเนินงานชุดโครงการในระยเฟสที่ 2 นี้ จะได้ชุดข้อมูลและองค์ความรู้ สายพันธุ์ข้าวฟ่างหวาน สายพันธุ์ดังเดิมและสายพันธุ์ที่ได้รับการปรับปรุงและการบริหารการจัดการน้ำที่ทำให้ข้าวฟ่างหวานสามารถปลูกได้ทั้งปี รวมถึงการใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างหวานอย่างสูงสุดด้วยระบบ Zero – waste เพื่อนำมาผลิตผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตาลลำต้นข้าวฟ่างหวานและ ถุงเพาะชำกระดาษข้าวฟ่างเคลือบยางพาราจากชานข้าวฟ่างหวาน ควบคู่การประเมิน Carbon credit (ต้นน้ำถึงปลายน้ำ) ผลวิจัยที่คาดว่าจะได้รับนี้ จะเป็นอีกหนึ่งผลงานวิจัยที่สามารถบ่งชี้ ยืนยันศักยภาพของข้าวฟ่างหวานที่จะนำมาใช้เป็นพืชเศรษฐกิจทางเลือกหรือพืชพลังงานทางเลือกใหม่ให้แก่หลากหลายอุตสาหกรรมที่สามารถนำน้ำตาลข้าวฟ่างหวานและวัสดุลิกโนเซลลูโลสจากข้าวฟ่างหวานไปใช้ประโยชน์ได้ในอนาคต

2. หลักการและเหตุผล/ปัญหา/โจทย์การวิจัย

ข้าวฟ่าง (Sorghum: *Sorghum bicolor* (L.) Moench) เป็นธัญพืชที่มีความสำคัญเป็นอันดับห้าของโลก เป็นพืชที่ให้พลังงานคาร์โบไฮเดตรตสูง ในเขตแอฟริกาจะนิยมบริโภคข้าวฟ่างเป็นจำนวนมาก เป็นพืชที่มีน้ำตาลซูโครสเป็นองค์ประกอบอยู่ภายในลำต้นข้าวฟ่างหวาน ซึ่งสามารถบีบสกัดออกมาได้ด้วยกระบวนการเช่นเดียวกับน้ำตาลอ้อย จุดเด่นของข้าวฟ่าง คือ มีระยะเวลาในการปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวเป็นระยะเวลา 4 เดือน ซึ่งมีระยะเวลาการปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวสั้นกว่าการปลูกอ้อยซึ่งใช้เวลานานถึง 10 – 12 เดือน ขึ้นกับชนิดและสายพันธุ์ของอ้อย อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบัน ต้นทุนราคาปุ๋ย ราคาพลังงาน และอื่น ๆ รวมถึงราคาอ้อยสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลให้เริ่มมีการสรรหาหรือคัดสรรพืชพลังงานทางเลือกมาทดแทนการใช้อ้อยเพื่อการบริโภคและการผลิตพลังงานเอทานอล ดังนั้น ข้าวฟ่างหวาน ซึ่งมีลักษณะทางสรีระวิทยาที่มีความคล้ายคลึงระหว่างอ้อยและข้าวโพด มีลำต้นขนาดใหญ่ พร้อมมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบในลำตันข้าวฟ่างหวาน จึงส่งให้ข้าวฟ่างหวานเป็นจุดสนใจเพื่อจะศึกษา พัฒนา ประเมินศักยภาพในการใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างหวานในเขตภาคเหนือของไทย ซึ่งจะสามารถนำไปต่อยอดการใช้ประโยชน์ในพื้นที่อื่น ๆ ของประเทศได้อีกด้วย

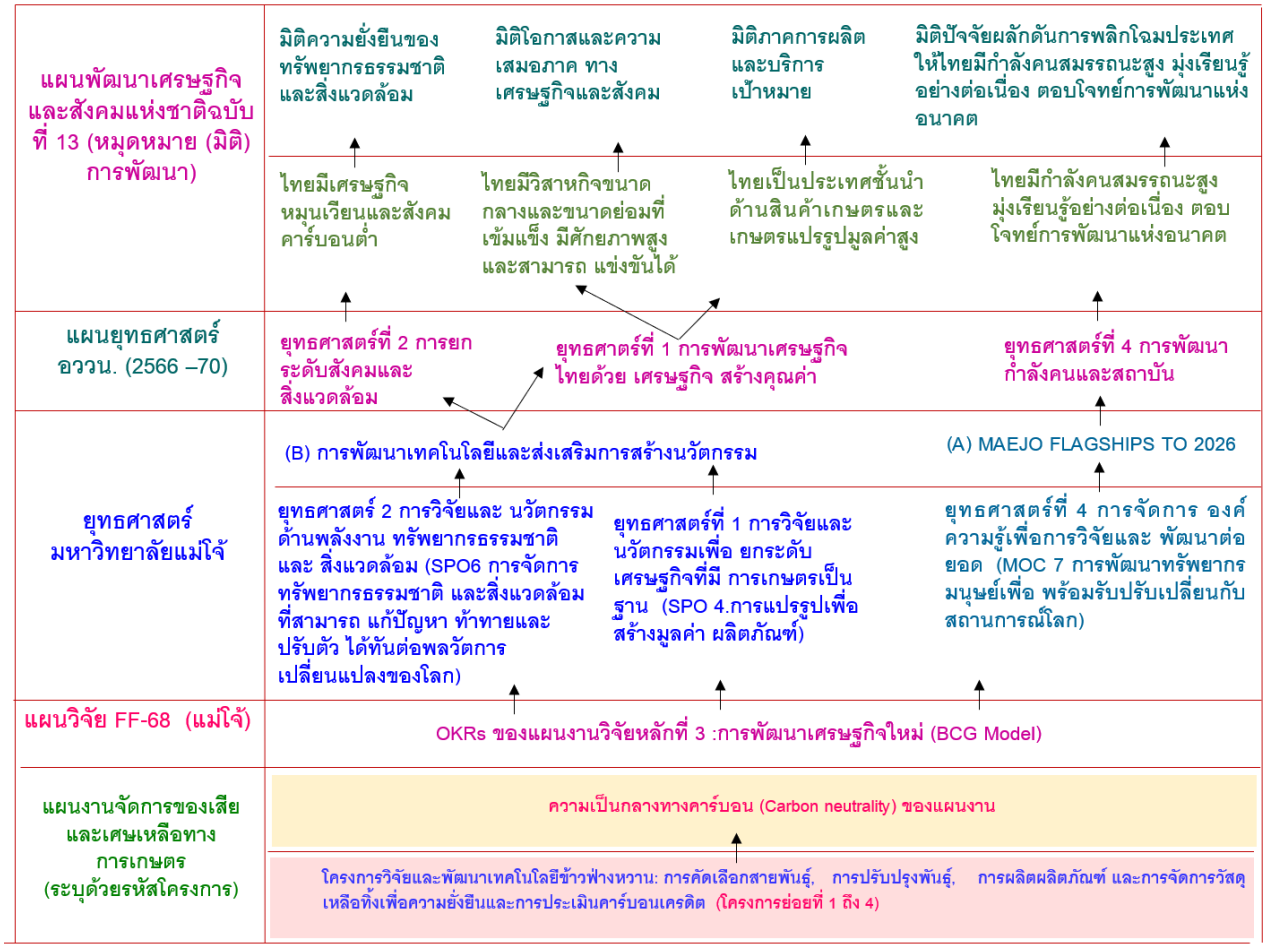
อย่างไรก็ตาม ในการประเมินและพัฒนาศักยภาพการใช้ประโยชน์ของข้าวฟ่างหวานให้ครอบคลุมทั้งในระดับต้นน้ำสู่ปลายน้ำภายใต้การบริหารจัดการพลังงาน การผลิตคาร์บอนต่ำ และก่อให้เกิดการใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่าด้วย Zero waste ชุดโครงการนี้ได้ทำการประเมินศักยภาพการปลูกข้าวฟ่างหวานในแปลงทดลองในพื้นที่เชียงใหม่ควบคู่กับการประเมินศักยภาพการปลูกข้าวฟ่างหวานด้วยระบบการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ซึ่งเป็นกระบวนการในช่วงต้นน้ำของการปลูกข้าวฟ่างหวาน ในขณะที่การประเมินประสิทธิภาพการการน้ำส้มสายชู หรือกรดแอซีกติกด้วยน้ำตาลที่ได้จากลำต้นข้าวฟ่างหวานจะเป็นการดำเนินการในช่วงกลางน้ำ ทั้งนี้ การผลิต

ถุงเพาะชำรักษ์โลกจากกระดาษข้าวฟ่างหวานเคลือบยางพารา จะเป็นการใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างหวานในช่วงปลายน้ำ ซึ่งจากการดำเนินงานชุดโครงการดังเส้นทางนี้ จะก่อให้เกิดการใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างหวานอย่างสูงสุดด้วยระบบ Zero – waste นอกจากนี้ ในการดำเนินงานในชุดโครงการนี้ ยังเน้นการพัฒนานวตกรรมผลิตภัณฑ์จากวัสดุข้าวฟ่างหวานซึ่ง คือ ถุงเพาะชำรักษ์โลกจากกระดาษข้าวฟ่างหวานเคลือบยางพารา และพัฒนานวตกรรมการผลิตกรดแอซีติกให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นควบคู่กันไปในชุดโครงการวิจัยนี้เช่นกัน ยิ่งไปกว่านี้ โครงการนี้เน้นการผลิตผลิตภัณฑ์ด้วยระบบสังคมคาร์บอนต่ำ จึงได้มีการวิเคราะห์การปลดปล่อยคาร์บอนได้ออกไซด์ตั้งแต่ขั้นการปลูกจนถึงขั้นการผลิตผลิตภัณฑ์ (ต้นน้ำถึงปลายน้ำ) ควบคู่กับการ วิเคราะห์และประเมินค่า Carbon credit (ต้นน้ำถึงปลายน้ำ) สิ่งที่เกิดขึ้นในอีกทางหนึ่ง เป็นการสร้างศักยภาพพืชพลังงานทางเลือกใหม่ให้แก่หลากหลายอุตสาหกรรมที่สามารถนำน้ำตาลข้าวฟ่างหวานและวัสดุลิกโนเซลลูโลสจากข้าวฟ่างหวานไปใช้ประโยชน์ได้ในอนาคต

ทั้งนี้ การพัฒนาศักยภาพการผลิตข้าวฟ่างหวานสู่นวตกรรมผลิตภัณฑ์และพลังงานในระดับต้นน้ำสู่ปลายน้ำด้วยระบบ Zero – waste และคาร์บอนเครดิตต่ำ มีการดำเนินงานที่นำไปสู่การได้มาซึ่งผลลัพธ์ ผลผลิตและผลกระทบในหลากหลายมิติที่สอดคล้องต่อแผนยุทธศาสต์ในระดับตั้งแต่ระดับชาติจนถึงระดับมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ซึ่งมีความสอดคล้องต่อ**แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 13** ตามลำดับความสำคัญ คือ มิติที่ 1 มิติความยั่งยืนของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ในประเด็นประเทศไทยมีเศรษฐกิจหมุนเวียนและสังคมคาร์บอนต่ำ ซึ่งชุดโครงการเน้นในด้านการจัดการเศษเหลือทางการเกษตร ซึ่งก็คือ ต้นข้าวฟ่างหวานที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์จากขั้นตอนในการปลูกและการผลิตข้าวฟ่างหวานทั้งในแปลงปลูกทดสอบจากเมล็ดพันธุ์และจากต้นอ่อนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เพื่อนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีมูลค่าสูงทางการตลาด หรือส่วนประกอบใหม่ที่เพิ่มเติมเข้าสู่ผลิตภัณฑ์เดิมเพื่อให้มีคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี ที่เอื้อต่อการใช้งานจริงของผลิตภัณฑ์ เช่น ถุงเพาะชำรักษ์โลกจากกระดาษข้าวฟ่างหวานเคลือบยางพารา รวมถึงนำน้ำตาลจากลำต้นข้าวฟ่างหวานและซางต้นข้าวฟ่างหวานหลังหีบสกัดน้ำตาลแล้วมาใช้การผลิตเอทานอลและต่อเนื่องมายังผลิตกรดแอซีติกหรือน้ำสมสายชูหมัก และยังนำไปสู่การพัฒนาการใช้ประโยชน์จากเศษเหลือทางการเกษตรได้ดีให้เกิดเป็นเศรษฐกิจหมุนเวียน รวมถึงมีการประเมินศักยภาพการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในระหว่างการปลูกข้าวฟ่างหวานในแปลง การผลิตน้ำส้มสายชูหมักและการผลิตถุงเพาะชำรักษ์โลกจากกระดาษข้าวฟ่างหวานเคลือบยางพารา ทั้งนี้ ความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นข้าวฟ่างหวานในระหว่างการปลูกผลิตข้าวฟ่างหวานนั้น ก็สามารถนำมาใช้เป็นส่วนหนึ่งในการประเมินศักยภาพในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เป็นส่วนหนึ่งในการเป็นแหล่งดูดซับคาร์บอน (Carbon sink) ในพื้นที่ป่าและภาคการเกษตร (ซึ่งเป็น 1 ใน 3 ของแหล่งกักเก็บคาร์บอนทางธรรมชาติ คือ ป่าไม้ มหาสมุทร และ ดิน) ที่สามารถนำไปสู่การเป็นส่วนหนึ่งของความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon neutrality) ที่ปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ากับการดูดซับคาร์บอนที่สามารถบ่งบอกถึงการเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอน (Carbon sink) นอกจากนี้ การใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทางการเกษตรในการนำมาผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อให้เกิดระบบ Zero – waste จะลดการเผาไหม้ต้นพืชหรือวัสดุเหลือทางเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวได้ด้วย และนำไปสู่การลดปริมาณ PM2.5

ยิ่งไปกว่านี้ ชุดโครงการนี้ ยังสอดคล้องต่อ**แผนยุทธศาสตร์ อววน. ประจำปี 2566 – 2570 และแผนยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยแม่โจ้** ที่ตอบสนองต่อนโยบายในการพัฒนามหาวิทยาลัยให้เป็นมหาวิทยาลัยกลุ่มที่ 2 (B. มหาวิทยาลัยกลุ่ม 2 การพัฒนาเทคโนโลยีและส่งเสริมการสร้างนวัตกรรม) โดยความสอดคล้องต่อแผน อววน. นั้น สอดคล้องต่อยุทธศาตร์ที่ 1 การพัฒนาเศรษฐกิจไทยด้วย เศรษฐกิจ สร้างคุณค่า ซึ่งแผนยุทธศาสตร์ของมหาวิทยาลัยที่ผลักดันในประเด็นนี้ของแผน อววน. นี้ได้แก่ ยุทธศาสตร์ที่ 1 การวิจัยและนวัตกรรมเพื่อ ยกระดับเศรษฐกิจที่มี การเกษตรเป็นฐาน (SPO 4.การแปรรูปเพื่อสร้างมูลค่า ผลิตภัณฑ์) เป้าประสงค์ที่ 2.2 มีผลงานวิจัยและนวัตกรรม ที่ใช้ เกษตรเป็นรากฐาน และได้รับการ ยอมรับในระดับชาติและนานาชาติ สำหรับความสอดคล้องต่อแผน อววน. ในประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 2 การยกระดับสังคมและ สิ่งแวดล้อม รองรับด้วยการดำเนินงานของแผนยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยแม่โจ้ คือ ยุทธศาสตร์ 2 การวิจัยและ นวัตกรรมด้านพลังงาน ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม (SPO6 การจัดการทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม ที่สามารถ แก้ปัญหา ท้าทายและปรับตัว ได้ทันต่อพลวัตการ เปลี่ยนแปลงของโลก) เป้าประสงค์ที่ 1.5 เป็นมหาวิทยาลัยสีเขียว ชั้นนำของประเทศด้านกายภาพโครงสร้าง พื้นฐาน การจัดการเรียนการสอน การวิจัย และนวัตกรรม (Green University) ขณะที่ ยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัย ยุทธศาสตร์ที่ 4 การจัดการ องค์ความรู้เพื่อการวิจัยและ พัฒนาต่อยอด (MOC 7 การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อ พร้อมรับปรับเปลี่ยนกับ สถานการณ์โลก) เป้าประสงค์ที่ 2.3 การให้บริการวิชาการ เพื่อสังคมชุมชนด้วยองค์ความรู้ที่ได้รับการ ยอมรับในระดับนานาชาติ เป็นส่วนหนึ่งของยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยด้านยุทธศาสตร์และทิศทางการพัฒนามหาวิทยาลัย (A) MAEJO FLAGSHIPS TO 2026 ซึ่งยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยที่ 4 นี้ สอดคล้องต่อการพัฒนาตามแผนยุทธศาสตร์ อววน. ในประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 4 การพัฒนากำลังคนและสถาบันโดยที่ผลลัพธ์ ผลผลิต และผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากแผนงานนี้ เป็นไปตามทั้ง 2 แผนนี้ ทั้งโดยตรงและโดยอ้อม และยิ่งไปกว่านี้ ผลลัพธ์ ผลผลิต และผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากแผนงาน ยังเป็นไปตาม เป้าประสงค์หลักของแผนงานวิจัย FF-68 (ระดับมหาวิทยาลัย) ครบทั้ง 3 ประเด็น ตามที่มหาวิทยาลัยกำหนด ภายใต้ OKRs ของแผนงานวิจัยหลักที่ 3 :การพัฒนาเศรษฐกิจใหม่ (BCG Model)

การดำเนินงานของโครงการย่อยภายใต้ชุดโครงการนี้ สรุปโดยสังเขป เป็นไปตามภาพข้างล่างต่อไปนี้



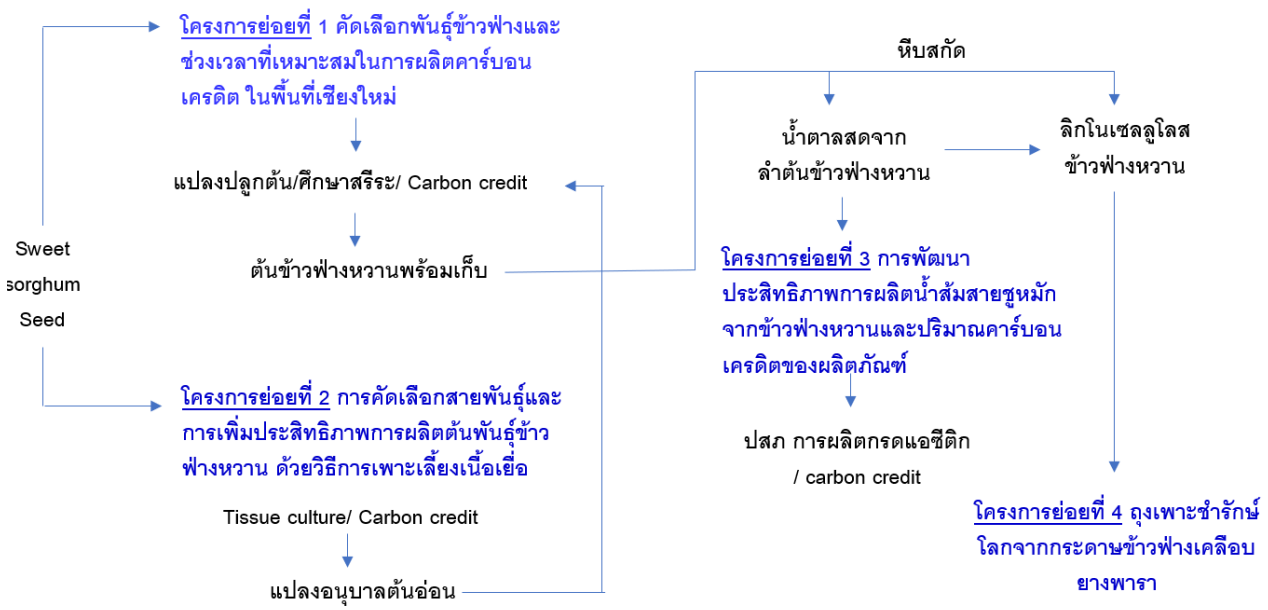
3. วัตถุประสงค์ของชุดโครงการ

1. เพื่อให้ได้สายพันธุ์ข้าวฟ่างหวานที่มีความเหมาะสมต่อทุกช่วงเวลาการปลูกในแต่ละฤดูกาล (โครงการย่อยที่ 1)
2. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการปลูกข้าวฟ่างหวานที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ด้วยระบบการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (โครงการย่อยที่ 2)
3. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตาลข้าวฟ่างหวาน (โครงการย่อยที่ 3)
4. เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่วัสดุเหลือทิ้งชานข้าวฟ่างหวานในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ถุงเพาะชำรักษ์โลกจากกระดาษข้าวฟ่างเคลือบยางพารา (โครงการย่อยที่ 4)
5. เพื่อให้ได้ปริมาณคาร์บอนเครดิตในรูปของปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของข้าวฟ่างหวานในระดับต้นน้ำถึงปลายน้ำ (โครงการย่อยที่ 1-4)

4. กรอบการวิจัย/พัฒนา

กรอบแนวคิดของชุดโครงการ ที่มุ่งเน้นการปลูก การผลิตพืช การผลิตผลิตภัณฑ์ ด้วยระบบ Zero – waste เพื่อให้เข้าสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน และการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทางการเกษตร มีรายละเอียดโดยสังเขปจากรูปข้างล่างต่อไปนี้

4.1 กรอบแนวคิดของชุดโครงการ



ภาพกรอบการวิจัยของชุดโครงการ

ทั้งนี้กรอบแนวคิดของโครงการย่อยทั้ง 4 ภายใต้ชุดโครงการ เป็นไปดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.2 กรอบแนวคิดของโครงการย่อยที่ 1

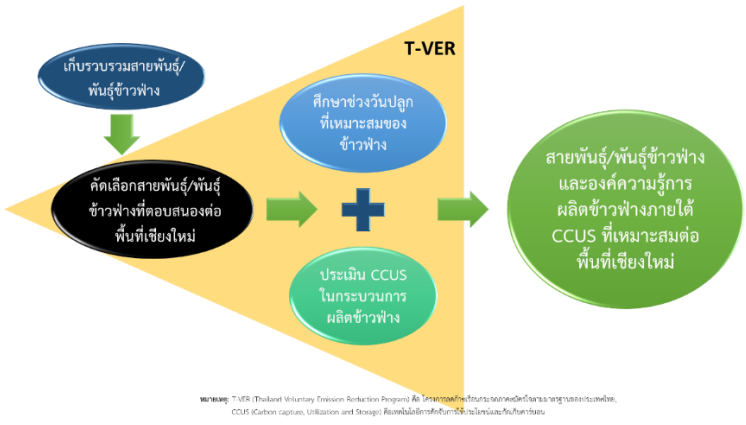
ปัจจุบันผลจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก (climate change) ส่งผลกระทบโดยรวมต่อระบบนิเวศของโลกทำให้ภาวะโลกร้อนทวีความรุนแรงมากขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากในชั้นบรรยากาศมีปริมาณก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นเกินสมดุลของธรรมชาติ สาเหตุหลักมาจากกิจกรรมการดำรงชีวิตของมนุษย์ (Community Forest Bureau, 2014) ทำให้ปัจจุบันทั่วโลกได้พยายามจะแก้ไขและลดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นปัจจัยสำคัญในการเกิดภาวะเรือนกระจก วิธีหนึ่งที่ทำให้ CO_2 ที่ปล่อยออกมาไม่ให้ลอยขึ้นไปสู่ชั้นบรรยากาศโลก วิธีการกักเก็บที่ดีและประหยัดที่สุด และเป็นวิธีธรรมชาติที่สุด คือ การกักเก็บไว้ในต้นไม้และผลิตภัณฑ์ไม้ โดยต้นไม้จะดูด CO_2 จากบรรยากาศผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis) นำมาสะสมไว้ในรูปของมวลชีวภาพ (biomass) (Zhu et al., 2008) ที่พืชจะนำมาเก็บไว้ทั้งในส่วนเหนือพื้นดิน (above–ground biomass) และใต้ดิน (below–ground biomass) ทำให้คาร์บอนถูกตรึงอยู่ในต้นไม้ (Viriyabuncha, 2003) จนกว่าจะมีการตัดต้นไม้ออกจากพื้นที่ไป ดังนั้น กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดขึ้นมากจะทำให้มีการนำ CO_2 มาใช้มาก และเกิดการสะสม CO_2 มากตามไปด้วย (Pumijumnong, 2007)

ข้าวฟ่างเป็นพืชหนึ่งที่มีศักยภาพสามารถพัฒนาพืชทางเลือกใหม่ในการปลูกเป็นพืชพลังงานทดแทนที่น่าสนใจ และใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตเอทานอล โดยสามารถนำมาหีบเพื่อเอาน้ำคั้นมาหมักเป็นเอทานอลได้โดยตรง และข้าวฟ่างยังเป็นพืชที่มีอายุสั้นสามารถเก็บเกี่ยวได้ในระยะ 90-120 วัน (ประสิทธิ์ และคณะ, 2550) และมีความทนทานต่อความแห้งแล้ง จะเห็นได้ว่า Fikadu *et al*. (2021) ได้รายงานว่า ข้าวฟ่างที่ปลูก ณ ประเทศเอธิโอเปีย ใน

ฤดูฝนจะให้ผลผลิตที่สูง เพราะว่ามีความชื้นมาก แต่ก็ยังน้อยกว่าข้าวฟ่างที่ปลูกในแปลงมีการจัดการน้ำ จะทำให้ข้าวฟ่างมีผลผลิตสูงและมีการเจริญเติบโตที่ดี นอกจากนี้ปรีชาและทักษิณา (2551) ยังได้รายงานว่า ฤดูปลูกมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวฟ่างหวานในสภาพแวดล้อมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น โดยปลูกช่วงเดือนธันวาคมให้ผลผลิตสูงที่สุด ส่วนค่าความหวานจะสูงเมื่อปลูกในช่วงเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม และดาริการ์ และประสิทธิ์ (2561) ได้ทำการประเมินศักยภาพการให้ผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรของข้าวฟ่างหวานทั้งหมด 20 พันธุ์จากแหล่งต่างๆ ที่ปลูกทดสอบช่วงปลายฤดูฝน ในปี 2554 ที่หมวดพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น พบว่า พันธุ์ที่ให้ผลผลิตลำต้นสด ผลผลิตรวม ผลผลิตเมล็ด และผลผลิตเอทานอลสูงที่สุด คือ พันธุ์ Keller พันธุ์ที่ให้น้ำหนักและปริมาตรน้ำคั้นสูงที่สุด คือ พันธุ์ KKU40 แต่งานวิจัยนี้ให้ข้อสังเกตว่า ควรมีการปลูกทดสอบอีกครั้งในฤดูที่เหมาะสมกับการผลิตข้าวฟ่างหวาน (ต้นฤดูฝนถึงกลางฤดูฝน) และควรมีการปลูกประเมินพันธุ์ในหลายๆ สภาพแวดล้อม

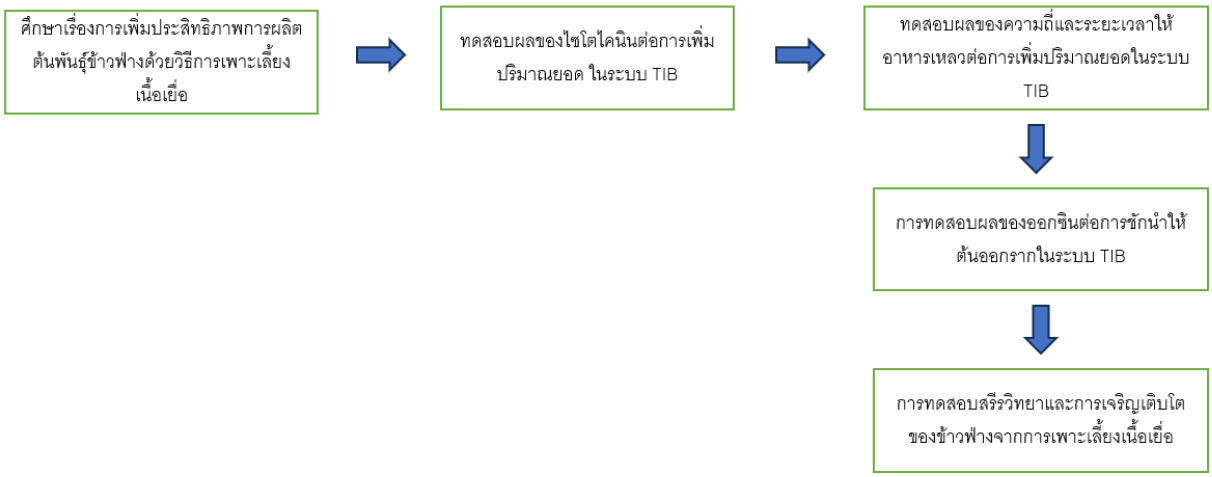
อย่างไรก็ตามข้าวฟ่างยังเป็นพืชที่ปลูกในเชิงพาณิชย์ค่อนข้างน้อย เกษตรกรไม่ค่อยคุ้นเคย และองค์ความรู้ในการจัดการแปลงและพันธุ์สำหรับพื้นที่ในประเทศไทยยังมีน้อยมาก ดังนั้นการผลิตข้าวฟ่างเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบเสริมสำหรับการผลิตเอทานอลในเชิงพาณิชย์หรือเพื่อประโยชน์อื่น จึงควรทำการทดสอบและคัดเลือกพันธุ์ตลอดจนศึกษาวันปลูกที่เหมาะสมและการเขตกรรมที่ถูกต้องและเหมาะสมสามารถช่วยให้ประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้น ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น และนำไปสู่ผลตอบแทนที่สูงขึ้น รวมทั้งยังศึกษาปริมาณคาร์บอนเครดิตในการปลูกข้าวฟ่าง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการผลิตให้สอดคล้องกับกำลังการผลิตและความต้องการต่อไป

ดังนั้นงานวิจัยนี้มุ่งเน้นเพื่อคัดเลือกพันธุ์ข้าวฟ่างที่เหมาะสมกับพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ โดยประเมินการตอบสนองสรีรวิทยาและผลผลิตของข้าวฟ่าง ตลอดจนศึกษาช่วงวันปลูกที่เหมาะสมและประเมินปริมาณคาร์บอนเครดิตในการปลูกข้าวฟ่างในสภาพแวดล้อมในเขตภาคเหนือของประเทศไทย ดังกรอบการวิจัยที่แสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัยโครงการย่อยที่ 1

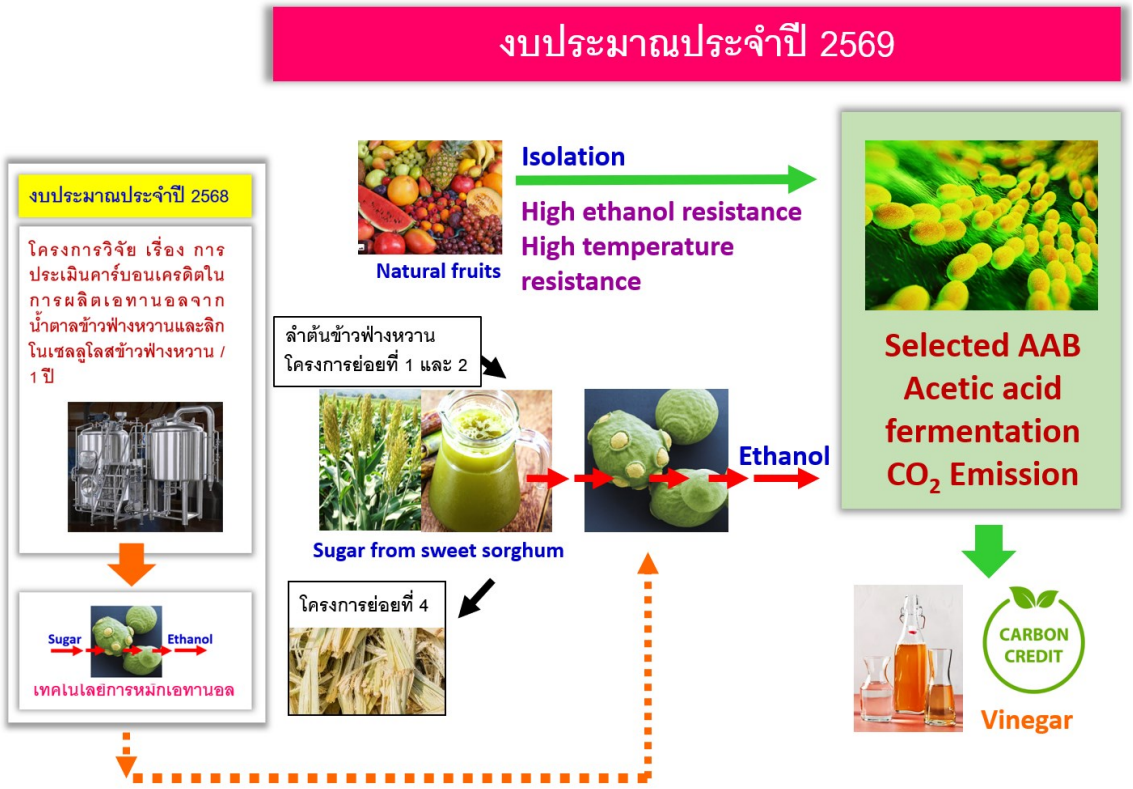
4.3 กรอบแนวคิดโครงการย่อยที่ 2



ภาพกรอบแนวคิดการวิจัยโครงการย่อยที่ 2

4.4 กรอบแนวคิดโครงการย่อยที่ 3

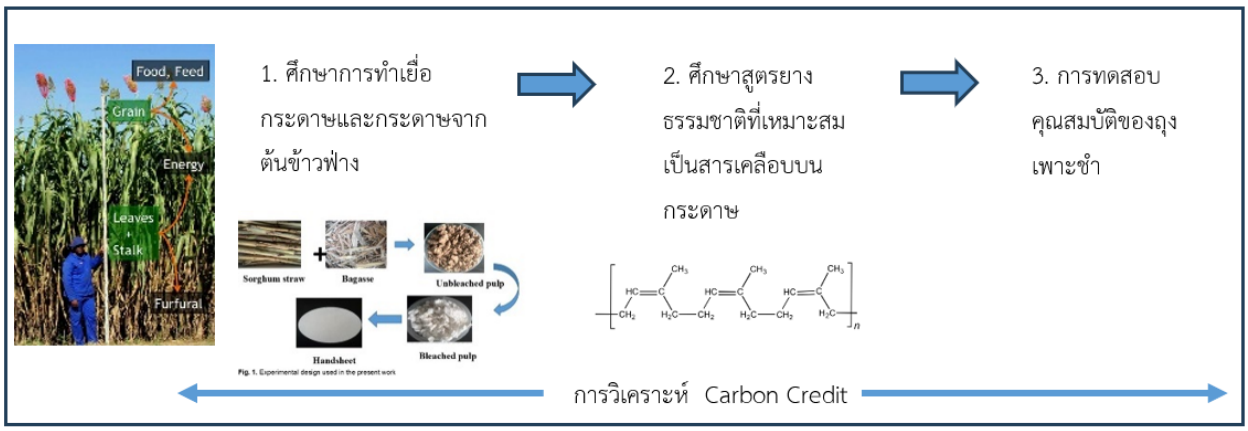
แนวคิดในการดำเนินงานโครงการนี้ เป็นโครงการระยะที่ 2 ที่มุ่งพัฒนาการใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างหวานอย่างต่อเนื่องตั้งแต่โครงการในระยะที่ 1 (โครงการเรื่อง การประเมินคาร์บอนเครดิตในการผลิตเอทานอลจากน้ำตาลข้าวฟ่างหวานและลิกโนเซลลูโลสข้าวฟ่างหวาน ปีงบประมาณ 2568) โครงการระยะที่ 2 นี้ (เสนอปีงบประมาณ 2569) มุ่งเน้นการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตน้ำส้มสายชูหมักหรือกรดแอซีติกให้มีประสิทธิภาพการสูงขึ้น โดยเริ่มตั้งแต่การพัฒนาสายพันธุ์หรือคัดเลือกสายพันธุ์แบคทีเรียผู้ผลิตกรดแอซีติกให้มีความสามารถที่จะเจริญได้ดีที่อุณหภูมิสูง ภายใต้ความเข้มข้นเอทานอลสูง และได้กรดแอซีติกความเข้มข้นสูงเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะไปช่วยลดต้นทุนของระบบหล่อเย็นในระหว่างการหมักกรดแอซีติกในถังปฏิกรณ์ขนาดใหญ่ ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิการหมักจากเดิม 30°C อาจสูงถึง 37°C หากระบบหล่อเย็นถังปฏิกรณ์ชีวภาพไม่มีประสิทธิภาพมากพอ ซึ่งจะไปกระทบการเจริญการแบคทีเรียให้ตายได้ และส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตกรดแอซีติกลดลงอย่างมีนัยสำคัญได้ จากนั้นจะเข้าสู่ขั้นตอนการหมักกรดแอซีติกแบบ 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 การเปลี่ยนน้ำตาลจากข้าวฟ่างหวานไปเป็นเอทานอลที่ความเข้มข้นสูงระหว่าง 10-12%(v/v) โดยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ซึ่งขั้นตอนนี้ เป็นการใช้เทคโนโลยีที่ส่งผ่านมาจากการดำเนินงานโครงการในระยะที่1 จากนั้น แบคทีเรียที่คัดเลือกได้จะนำเอทานอลนี้ไปเป็นสารตั้งต้นในการเปลี่ยนไปเป็นกรดแอซีติกในสภาวะที่มีออกซิเจน ซึ่งจัดเป็นขั้นตอนที่ 2 ของกระบวนการหมักกรดแอซีติก นอกจากนี้ ในระหว่างการหมักกรดแอซีติก จะได้ทำการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการประเมินการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ หรือ คาร์บอนเครดิต ของน้ำส้มสายชูหมัก น้ำส้มสายชูหมักหรือกรดแอซีติกที่ได้ จะถูกนำมาวิเคราะห์ชนิด ปริมาณ ความเข้มข้นของสารองค์ประกอบ และเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำส้มสายชูหมักของประเทศ



ภาพกรอบการวิจัยของโครงการย่อยที่ 3

4.5 กรอบแนวคิดของโครงการย่อยที่ 4

แนวคิดหลักของโครงการนี้คือการพัฒนาและส่งเสริมการใช้ถุงเพาะชำที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมจากกระดาษข้าวฟ่างเคลือบยางพารา เพื่อแก้ปัญหาการใช้ถุงพลาสติกในการเกษตร ซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว โดยใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการผลิตถุงเพาะชำที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายและมีความคงทนพอสมควร



ภาพกรอบการวิจัยของโครงการย่อยที่ 4

ขอบเขตการวิจัยของชุดโครงการ (สรุปโดยย่อไม่เกิน 10 บรรทัด)

. 1. ประเมินศักยภาพการปลูกข้าวฟ่างหวานในแปลงทดลองในพื้นที่เชียงใหม่
2. ประเมินศักยภาพการปลูกข้าวฟ่างหวานด้วยระบบการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื้อพืช
3. ประเมินประสิทธิภาพการผลิตเอทานอลด้วยน้ำตาลจากต้นข้าวฟ่างหวานและน้ำตาลที่ได้จากลิกโนเซลลูโลสข้าวฟ่างหวาน
4. ประเมินประสิทธิภาพในการเสริมแรงของผลึกนาโนเซลลูโลสในสูตรยางรถยนต์
5. วิเคราะห์การปลดปล่อยคาร์บอนได้ออกไซด์ตั้งแต่ขั้นการปลูกจนถึงขั้นการผลิตผลิตภัณฑ์และพลังงานเอทานอล (ต้นน้ำถึงปลายน้ำ)
6. วิเคราะห์และประเมินค่า Carbon credit (ต้นน้ำถึงปลายน้ำ)

5. แนวคิด ทฤษฎี และสมมติฐานงานวิจัย

5.1 โครงการวิจัยย่อยที่ 1 คัดเลือกพันธุ์ข้าวฟ่างและช่วงเวลาที่เหมาะสมในการผลิตคาร์บอนเครดิตในพื้นที่เชียงใหม่

โลกกำลังเผชิญกับภาวะโลกร้อน (global warming) ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ (Climate change) เป็นผลให้พืชเกิดภาวะเครียดจากอุณหภูมิสูงซึ่งเป็นประเด็นสำคัญต่อการเกษตรทั้งในระดับชาติและนานาชาติ Rosenzweig and Parry (1993) รายงานว่า ภาวะเครียดจากอุณหภูมิสูงส่งผลให้การตอบสนองทางสรีรวิทยาของพืชผิดปกติ เกิดได้ทุกระยะการเจริญเติบโตของพืช ตั้งแต่เมล็ดเริ่มงอก การออกดอกติดผล และส่งผลต่อกระบวนการสำคัญต่าง ๆ ภายในเซลล์พืช เช่น การเจริญเติบโต การสังเคราะห์ด้วยแสง การสังเคราะห์โปรตีน กระบวนการเมแทบอลิซึมของชีวโมเลกุล รวมไปถึงรูปแบบการแสดงออกของยีนหลายประการ (Farooq et al., 2009) เป็นต้น ความผิดปกติเหล่านี้อาจทำให้ผลผลิตพืชลดลง (Cushman and Bohnart, 2000) และเซลล์ตายในที่สุด (Munns, 2002) นอกจากนี้ภาวะโลกร้อนนี้มีแนวโน้มทวีความรุนแรงมากขึ้นเรื่อย ๆ สาเหตุหลักของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกส่วนหนึ่งมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gases: GHGs) เพิ่มขึ้นทำให้ในชั้นบรรยากาศมีปริมาณจนเกินสมดุลของธรรมชาติ โดยเฉพาะ CO_2 ที่เกิดจากกิจกรรมการดำรงชีวิตของมนุษย์ เช่น ภาคอุตสาหกรรม พลังงาน ขนส่ง เกษตรกรรม รวมถึงการตัดไม้ทำลายป่า และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่าง ๆ ล้วนส่งผลให้สภาพภูมิอากาศทั้งในระดับท้องถิ่น ภูมิภาคและระดับโลกเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญ (Community Forest Bureau, 2014) ปัจจุบันทั่วโลกได้พยายามจะแก้ไขและลดปริมาณ CO_2 ที่เป็นปัจจัยสำคัญในการเกิดภาวะเรือนกระจก เช่น กดดันด้วยกลไก ราคาในการกำจัดแก๊สเรือนกระจก การลดการปลดปล่อย CO_2 สู่บรรยากาศมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด การใช้พลังงานสะอาด การพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิต และการใช้เทคโนโลยีดักจับและกักเก็บคาร์บอน การดักจับและกักเก็บคาร์บอนถือเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถทำให้ CO_2 ที่ปล่อยออกมาไม่ให้ลอยขึ้นไปสู่ชั้นบรรยากาศของโลก วิธีการกักเก็บที่ดีและประหยัดที่สุด และเป็นวิธีธรรมชาติที่สุด คือ การกักเก็บไว้ในต้นไม้และผลิตภัณฑ์ไม้ โดยต้นไม้จะดูด CO_2 จากบรรยากาศผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis) นำมาสะสมไว้ในรูปของมวลชีวภาพ (biomass) (Zhu et al., 2008) ที่พืชจะนำมาเก็บไว้ทั้งในส่วนเหนือพื้นดิน (above–ground biomass) และใต้ดิน (below–

ground biomass) ทำให้คาร์บอนถูกตรึงอยู่ในต้นไม้ (Viriyabuncha, 2003) จนกว่าจะมีการตัดต้นไม้ออกจากพื้นที่ไป ดังนั้น กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดขึ้นมากจะทำให้มีการนำ CO_2 มาใช้มาก และเกิดการสะสม CO_2 มากตามไปด้วย (Pumijumnong, 2007) จะเห็นได้ว่ากระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการกักเก็บคาร์บอน และการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ในส่วนต่าง ๆ ของพืช

ข้าวฟ่างเป็นพืชหนึ่งที่มีศักยภาพสามารถพัฒนาเป็นพืชทางเลือกใหม่ในการปลูกเป็นพืชพลังงานทดแทนที่น่าสนใจ และใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตเอทานอลและอาหารสัตว์ได้ เนื่องจากข้าวฟ่างเป็นพืชเขตร้อน สามารถปรับตัวเข้ากับทุกสภาพแวดล้อม และมีความทนทานต่อความแห้งแล้ง และเป็นธัญพืชที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น เมล็ดนำมาแปรรูปเป็นอาหารคนและสัตว์ ลำต้นสามารถใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงสัตว์ (ธำรงศิลป, 2531) ลำต้นสดข้าวฟ่างมาสามารถนำมาหีบเพื่อเอาน้ำคั้นมาหมักเป็นเอทานอลได้โดยตรง และข้าวฟ่างยังเป็นพืชที่มีอายุสั้นสามารถเก็บเกี่ยวได้ในระยะ 90-120 วัน (ประสิทธิ์ และคณะ, 2550) วัลลิภา และคณะ (2532) รายงานว่า ระยะเวลาการปลูกข้าวฟ่างเพื่อใช้เป็นพืชอาหารสัตว์และผลผลิตตอที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี โดยใช้ข้าวฟ่างสีแดงพันธุ์ UT 203B ปลูกในช่วงเวลาต่างกัน มีผลทำให้ผลผลิตที่ได้แตกต่างกัน โดยการปลูกข้าวฟ่างเมื่อวันที่ 16 สิงหาคม ให้ผลผลิตต้นสดสูงสุดทั้ง 2 พันธุ์ คือพันธุ์ UT 203B ให้ผลผลิต 10.35 ตันต่อไร่ และพันธุ์เฮกการี่หนักให้ผลผลิต 10.22 ตันต่อไร่ เนื่องจากได้รับน้ำฝนอย่างเพียงต่อการเจริญเติบโตตลอดฤดูปลูก และสามารถเก็บผลผลิตเมล็ดได้ด้วย นัฐภัทร์ และคณะ (2550) ได้รายงานว่า ข้าวฟ่างที่ปลูกเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ จะมีน้ำหนักต้นสดเฉลี่ย 11.0-13.91 ต้นต่อไร่ สูงกว่าการปลูกในเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม มีค่าเท่ากับ 8.10-8.18 ตันต่อไร่ ค่าความหวานคือ 12.03-13.31 บริกซ์ อายุเก็บเกี่ยวอยู่ระหว่าง 83-92 วัน กล่าวคือช่วงของการปลูกข้าวฟ่างหวานที่เหมาะสมในเขตอาศัยน้ำฝนภาคกลางจะอยู่ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายนโดยผลผลิตต้นสดในช่วงต้นฤดูฝนจะให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกปลายฤดูฝน อีกทั้งปรีชาและทักษิณา (2551) ได้รายงานว่า ฤดูปลูกมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวฟ่างหวานในสภาพแวดล้อมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น โดยปลูกช่วงเดือนธันวาคมให้ผลผลิตสูงที่สุด ส่วนค่าความหวานจะสูงเมื่อปลูกในช่วงเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม และดาริการ์ และประสิทธิ์ (2561) ได้ทำการประเมินศักยภาพการให้ผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรของข้าวฟ่างหวานทั้งหมด 20 พันธุ์จากแหล่งต่างๆ ที่ปลูกทดสอบช่วงปลายฤดูฝน ในปี 2554 ที่หมวดพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น พบว่า พันธุ์ที่ให้ผลผลิตลำต้นสด ผลผลิตรวม ผลผลิตเมล็ด และผลผลิตเอทานอลสูงที่สุด คือ พันธุ์ Keller พันธุ์ที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้นที่สุด คือ BJ281 พันธุ์ที่ให้น้ำหนักและปริมาตรน้ำคั้นสูงที่สุด คือ พันธุ์ KKU40 อย่างไรก็ตามดาริการ์ และ ประสิทธิ์ (2561) ให้ข้อสังเกตว่าควรมีการปลูกทดสอบอีกครั้งในฤดูที่เหมาะสมกับการผลิตข้าวฟ่างหวาน (ต้นฤดูฝนถึงกลางฤดูฝน) และควรมีการปลูกประเมินพันธุ์ในหลายๆ สภาพแวดล้อม นอกจากนี้ Fikadu *et al*. (2021) ยังได้รายงานเพิ่มเติมว่า ข้าวฟ่างที่ปลูก ณ ประเทศเอธิโอเปีย ในฤดูฝนจะให้ผลผลิตที่สูงและมีการเจริญเติบโตที่ดี เพราะว่ามีความชื้นมาก แต่ก็ยังน้อยกว่าข้าวฟ่างที่ปลูกในแปลงมีการจัดการน้ำ

อย่างไรก็ตามข้าวฟ่างยังเป็นพืชที่ปลูกในเชิงพาณิชย์ค่อนข้างน้อย เกษตรกรไม่ค่อยคุ้นเคย และองค์ความรู้ในการจัดการแปลงและพันธุ์สำหรับพื้นที่ในประเทศไทยยังมีน้อยมาก ดังนั้นการผลิตข้าวฟ่างเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบเสริมสำหรับการผลิตเอทานอลในเชิงพาณิชย์หรือเพื่อประโยชน์อื่น จึงควรทำการทดสอบและคัดเลือกพันธุ์ ตลอดจนศึกษาวันปลูกที่เหมาะสมและการเขตกรรมที่ถูกต้องและเหมาะสมสามารถช่วยให้ประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้น ทำ

ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น และนำไปสู่ผลตอบแทนที่สูงขึ้น รวมทั้งยังศึกษาปริมาณคาร์บอนเครดิตในการปลูกข้าวฟ่าง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการผลิตให้สอดคล้องกับกำลังการผลิตและความต้องการต่อไป ดังนั้นงานวิจัยนี้มุ่งเน้นเพื่อคัดเลือกพันธุ์ข้าวฟ่างที่มีความเหมาะสมสำหรับพื้นที่เชียงใหม่ และศึกษาระยะเวลาปลูกที่เหมาะสม ของข้าวฟ่าง รวมทั้งประเมินปริมาณคาร์บอนเครดิตของข้าวฟ่างภายใต้สภาพแวดล้อมในเขตภาคเหนือของประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

Community Forest Bureau. 2014. **Manual Guide for a Survey of Carbon Stock and Biodiversity in the Community Forest.** Community Forestry Development Division, Royal Forest Department, Bangkok.

Doggett, H. Sorghum. 1970. Tropical agriculture series. Western printing services limited, Bristol, London. 403p.

Pumijumnong, N. 2007. Aboveground–root biomass and soil carbon content of teak plantation. **Environment and Natural Resources Journ**al (5)2: 109–121. (in Thai)

Thepsud, M. (2008). Knowledge of global warming in Thailand. Bangkok: Institute of General Education, Sripatum University.

Viriyabuncha, C. 2003. **Handbook of Stand Biomass Estimation**. Forestry and Botanical Research Division Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. (in Thai)

Zhu, X. G., Long, S. P., and Ort, D. R. 2008. What is the maximum efficiency with which photosynthesis can convert solar energy into biomass? **Current Opinion in Biotechnology** 19(2): 153–159.

Rosenzweig, C. and M. L. Parry. 1993. Potential Impact of climate change on world food supply: A summary of a recent international study. In: Agricultural Dimensions of Global Climate Change. Florida: St. Lucie Press.

Cushman, J. and H. J.Bohnert. 2000. Genomic approaches to plant stress tolerance. Curr. Opin. Plant Biol. 3,117-124

Farooq, M., A. Wahid, N. Kobayashi, D. Fujita and S. M. A. Basra. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agron. Sustain. Dev. 29, 185–212.

Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environ. 25 (2), 239-250.

ธำรงศิลป โพธิสูง. 2531 การปรับปรุงพันธุ์ข้าวฟ่าง. เอกสารวิชาการ ลำดับที่ 4. โครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวฟ่าง มก. 75 หน้า.

ดาริการ์ บุญพันธ์ และ ประสิทธิ์ ใจศิล. 2561. การประเมินผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรบางประการของข้าวฟ่าง หวานพันธุ์บริสุทธิ์และพันธุ์ลูกผสม. **วารสารแก่นเกษตร** 46(พิเศษ1) : 431-437.

ประสิทธิ์ ใจศิล, ฉัตรชัย อาภรณ์รัตน์ และอาคม คิดการ. 2550. อิทธิพลของวันปลูกต่อผลผลิตต้นสดและลักษณะทางการเกษตรของข้าวฟ่างหวานพันธุ์ มข. 40. **วารสารแก่นเกษตร** 35(พิเศษ) : 188-193.

ปรีชา กาเพ็ชร และทักษิณา ศันสยะวิชัย. 2551. ศึกษาการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวฟ่างหวานในวันปลูกต่างๆ ในรอบปี. **รายงานผลงานวิจัยและพัฒนาด้านพืชและเทคโนโลยีการเกษตร** การทดลองสิ้นสุดปีงบประมาณ 2551.

วัลลิภา สุชาโต, อรรถสิทธิ์ บุญธรรม, ประสงค์ สิทธิไทย และปรีชา สุริยพันธุ์. 2532. การศึกษาเวลาปลูกข้าวฟ่างเพื่อใช้เป็นพืชอาหารสัตว์และผลผลิตตอ. **วารสารวิชาการเกษตร** 9:17-20.

วิจย์ณี เสนแดง. 2022. การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร: หนึ่งปัจจัยสำคัญต่อการบรรลุเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน https://www.sdgmove.com/2022/07/07/sdg-updates-population-growth-matters-sdgs/

ศศิธร เพชรแสน, สันติภาพ ศิริวัฒนไพบูลย์, ดารินทร์ ล้วนวิเศษ, วณิชยา จรูญพงษ์ และศริยา อินทสิน. 2566. ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและคาร์บอนเครดิตจากป่าชุมชนห้วยหินขาวตำบลด่านศรีสุข อำเภอโพธิ์ตาก จังหวัดหนองคาย. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี** 11(1): 109-125.

สถาบันวิจัยพืชไร่. 2547. เอกสารวิชาการการปลูกพืชไร่. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 332 หน้า

5.2 โครงการวิจัยย่อยที่ 2 การคัดเลือกสายพันธุ์และการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตต้นพันธุ์ข้าวฟ่างหวาน ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

ข้าวฟ่าง (Sorghum: *Sorghum bicolor* (L.) Moench) เป็นธัญพืชที่มีความสำคัญเป็นอันดับห้าของโลกเป็นพืชที่ให้พลังงานคาร์โบไฮเดตรตสูง ในเขตแอฟาริกาจะนิยมบริโภคข้าวฟ่างเป็นจำนวนมาก เป็นพืชที่มีศักยภาพใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล มีลำต้นใหญ่สูง มีน้ำหวานและความหวานในลำต้นสูงคล้ายอ้อย จึงใช้ประโยชน์จากน้ำคั้นจากลำต้น ในขณะเดียวกันก็สามารถใช้ประโยชน์จากเมล็ดได้ด้วย น้ำหวานจากลำต้นข้าวฟ่างหวานใช้ทำเป็นน้ำตาล (jaggery) น้ำเชื่อม (syrup) หรือหมักเพื่อผลิตแอลกอฮอล์หรือ เอทานอล(ethanol) เนื่องจากข้าวฟ่าง สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี โดยแต่ละฤดูปลูกจะให้ผลผลิต และการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันออกไป ข้าวฟ่างมีความทนทานต่อความแห้งแล้ง ไวต่อแสงเล็กน้อย อายุเก็บเกี่ยวสั้น ประมาณ 90-120 วัน ข้าวฟ่างหวานจึงเป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพในการปลูกเป็นพืชพลังงานทดแทน ในการทดลองครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาวันปลูกที่เหมาะสม ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต ด้วยการทดสอบพันธุ์ต่างประเทศร่วมกับพันธุ์มาตรฐาน เพื่อศึกษาการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมในประเทศไทย องค์ประกอบผลผลิตที่จะนำไปเป็นพืชอาหารหรือพืชพลังงาน อันจะเป็นแนวทางการพัฒนาองค์ความรู้ ที่จะนำไปสู่อาชีพของเกษตรกรต่อไปในอนาคต

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วัลลิภา และคณะ(2532) ได้ทำการศึกษาเวลาปลูกข้าวฟ่างเพื่อใช้เป็นพืชอาหารสัตว์และผลผลิตตอที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สุกพรรณบุรี ในปี 2532 โดยใช้ข้าวฟ่างสีแดงพันธุ์ UT 203B ซึ่งมีความหวานของลำต้นสูงและพันธุ์เฮกการี่หนัก ปลูกในช่วงเวลาต่างกัน ได้แก่ 30 มิถุนายน 14 กรกฎาคม 2 สิงหาคม 16 สิงหาคม และเก็บเกี่ยวต้นข้าวฟ่างสดเมื่อข้าวฟ่างออกดอกแล้วประมาณ 1 เดือน ผลการทดลองพบว่า การปลูกแต่ละช่วงเวลาให้ผลผลิตที่

แตกต่างกัน โดยการปลูกข้าวฟ่างเมื่อวันที่ 16 สิงหาคม ให้ผลผลิตต้นสดสูงสุดทั้ง 2 พันธุ์ คือพันธุ์ UT 203B ให้ผลผลิต 10.35 ตันต่อไร่ และพันธุ์เฮกการี่หนักให้ผลผลิต 10.22 ตันต่อไร่ เพราะช่วงนี้ยังคงได้รับน้ำฝนอย่างเพียงต่อการเจริญเติบโตตลอดฤดูปลูก และสามารถเก็บผลผลิตเมล็ดได้ด้วย

นัฐภัทร์ และคณะ (2550) ได้ทำการศึกษาระยะเวลาปลูกที่เหมาะสมของข้าวฟ่าง 4 วันปลูก คือ เดือนพฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม และสิงหาคม ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ พบว่า ข้าวฟ่างที่ปลูกเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน จะมีน้ำหนักต้นสดเฉลี่ย 11.0-13.91 ต้นต่อไร่ สูงกว่าการปลูกในเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม มีค่าเท่ากับ 8.10-8.18 ตันต่อไร่ ค่าความหวานคือ 12.03-13.31 บริกซ์ อายุเก็บเกี่ยวอยู่ระหว่าง 83-92 วัน สรุปคือช่วงปลูกข้าวฟ่างหวานที่เหมาะสม ในเขตอาศัยน้ำฝนภาคกลางจะอยู่ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายนโดยผลผลิตต้นสดในช่วงต้นฤดูฝนจะให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกปลายฤดูฝน

ปรีชาและทักษิณา (2551) ได้ทำการศึกษาการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวฟ่างในสภาพแวดล้อมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ปลูกข้าวฟ่างหวาน 5 พันธุ์ ได้แก่ Rio, Keller, Cowley,Wray และ Bj-281 จำนวน 11 ครั้ง ห่างกันครั้งละ 1 เดือน เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตทุก 20 วัน ผลการทดลองพบว่า ข้าวฟ่างหวานทั้ง 5 พันธุ์มีการเจริญเติบโตแตกต่างกัน พันธุ์ Keller และ Wray มีอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งและระยะเวลาสะสมน้ำหนักแห้งมากกว่าพันธุ์อื่น ส่งผลให้มีผลผลิตสูงกว่าพันธุ์อื่น เท่ากับ 6.43 และ 6.28 ตันต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งทั้งสองพนธุ์ให้ค่าความหวานสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ เท่ากับ 21.05 และ 20.97 บริกซ์ตามลำดับ และพบว่าฤดูปลูกมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวฟ่างหวาน โดยปลูกช่วงเดือนธันวาคมให้ผลผลิตสูงที่สุด เท่ากับ 7.73 ตันต่อไร่ สูงกว่าวันปลูกอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนค่าความหวานจะสูงเมื่อปลูกในช่วงเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม เท่ากับ 20.94 และ 22.18 บริกซ์ ตามลำดับ

Fikadu et al. (2021) ได้ทำการศึกษาผลของวันปลูกและการจัดน้ำในแปลงข้าวฟ่าง ณ ประเทศเอธิโอเปีย โดยทำการปลูกข้าวฟ่าง 2 สถานที่ ที่มีสภาพภูมิประเทศและอากาศที่แตกต่างกัน 6 องศาเซลเซียส พบว่าข้าวฟ่างที่ปลูกในฤดูฝน จะให้ผลผลิตที่สูง เพราะว่ามีความชื้นมากว่า แต่ก็ยังน้อยกว่าข้าวฟ่างที่ปลูกในแปลงมีการจัดการน้ำ จะทำให้ข้าวฟ่างมีผลผลิตสูงและมีการเจริญเติบโตที่ดี

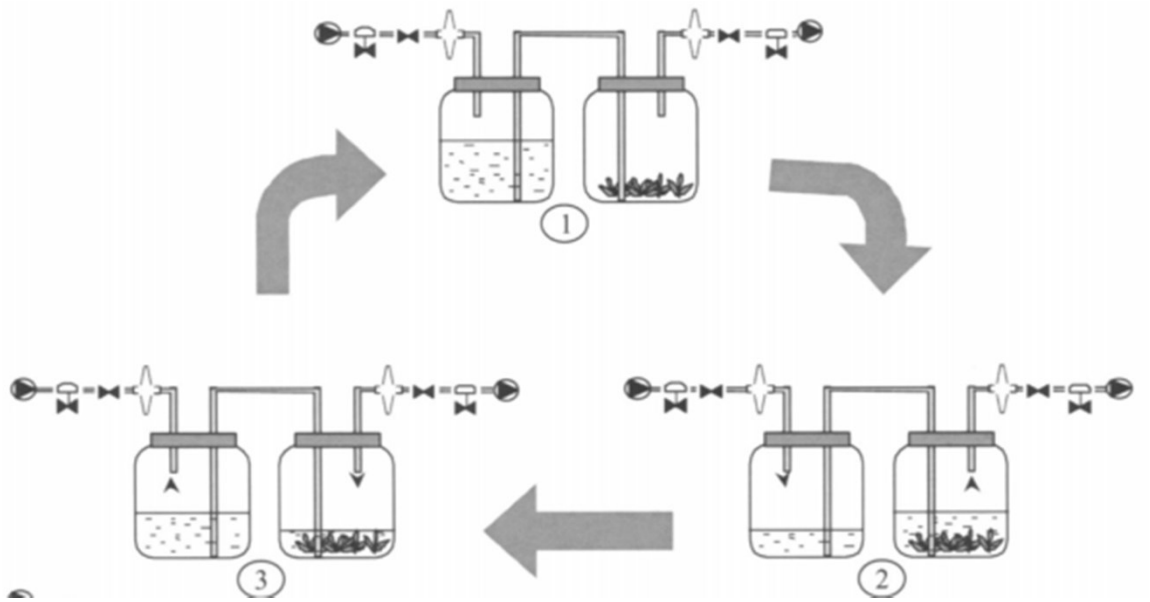
เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชด้วยระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว (temporary immersion bioreactor: TIB

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชนอกจากการใช้อาหารวุ้นแบบดั้งเดิมนั้น ยังมีเทคโนโลยีสมัยใหม่สำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชด้วยระบบจม ชั่วคราว ซึ่งเป็นระบบในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชที่มีการทำงานแบบอัตโนมัติ โดยการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารเหลว ซึ่งพืชจะได้สัมผัสอาหารทุกทิศทางแตกต่างจากแบบดั้งเดิมที่สัมผัสอาหารเพียงส่วนรากเท่านั้น ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้พืชได้รับอาหารอย่างเต็มที่และมีการเจริญเติบโตโดยใช้ระยะเวลาที่สั้นลงและได้ปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งระบบนี้ยังสามารถจึงสามารถลดขั้นตอนต่าง ๆ และระยะเวลาในการทำงาน เช่น การตัดถ่ายเนื้อเยื่อ การเปลี่ยนอาหาร และลดพื้นที่ของชั้นวางขวดในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชได้อย่างมาก

ระบบ TIB เป็นระบบที่มีการทำงานอัตโนมัติ จึงสามารถลดขั้นตอนต่าง ๆ และลดระยะเวลาในการทำงาน เช่น การตัดถ่ายเนื้อเยื่อ การย้ายเปลี่ยนอาหาร และลดพื้นที่ของชั้นวางภาชนะในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชได้มากถึง 80% โดยมีการผสมผสานข้อดีของการเพาะเลี้ยงด้วยระบบอาหารกึ่งแข็งและอาหารเหลวเข้าด้วยกัน ซึ่งระบบอาหารกึ่งแข็งมีข้อดี คือ มีการแลกเปลี่ยนอากาศที่ดีและต้นที่ได้มีคุณภาพดี แต่มีข้อเสีย คือ เพิ่มปริมาณต้นได้น้อย ส่วนระบบอาหารเหลวมีข้อดี คือ เพิ่มจำนวนต้นได้มากขึ้น แต่มีข้อเสีย คือ มีโอกาสเกิดต้นที่มีการฉ่ำน้ำ (hyperhydricity) ซึ่งเป็นลักษณะผิดปกติ หลักการทำงานของระบบ TIB คือ ภาชนะที่ใช้จะแยกส่วนบรรจุอาหารกับส่วนบรรจุชิ้นส่วนพืชออกจากกัน ในแต่ละส่วนมีท่อเชื่อมเพื่อให้มีการดันอาหารไปและกลับด้วยแรงดันลมจากปั๊มลม อากาศที่เข้าไปภายในขวดจะถูกทำให้ปลอดเชื้อโดยการกรองผ่านแผ่นกรองอากาศ (air filter) ขนาดรูพรุน 0.2 ไมครอน และมีการกำหนดความถี่และระยะเวลาในการให้อาหารเหลวที่เหมาะสมตามชนิดพืช

ระบบ TIB มีอยู่หลายแบบ โดยระบบแบบขวดแฝด (twin-flasks TIB system) ได้รับความนิยมในประเทศไทย เนื่องจากสามารถจัดหาอุปกรณ์มาประกอบระบบได้ง่าย ประกอบด้วยภาชนะจำนวน 2 ภาชนะ ซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยท่อซิลิโคนทนความร้อน ภาชนะหนึ่งใช้สำหรับบรรจุอาหาร ส่วนอีกภาชนะหนึ่งใช้สำหรับบรรจุชิ้นส่วนพืชที่ต้องการเพาะเลี้ยง ระหว่างเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนพืชจะสัมผัสกับอาหารเหลวชั่วคราวตามจำนวนครั้งและเวลาที่กำหนด ระหว่างการทำงานระบบจะสร้างความแตกต่างของความดันภายในภาชนะทั้งสองเพื่อให้อาหารเหลวถ่ายเทจากภาชนะบรรจุไปสัมผัสกับชิ้นส่วนพืช เมื่อชิ้นส่วนพืชได้สัมผัสกับอาหารครบตามเวลาที่กำหนดแล้ว อาหารจะไหลกลับไปยังภาชนะบรรจุอาหารด้วยแรงดันของอากาศ ลำดับการทำงานของระบบ TIB จึงแบ่งได้ 6 สถานะหลัก ดังนี้

1. สถานะเตรียมพร้อม หมายถึง สภาวะที่อาหารเหลวทั้งหมดอยู่ในภาชนะบรรจุอาหารเหลว ไม่มีการถ่ายเทอาหารเหลวไปยังถังเพาะเลี้ยงพืช ไม่มีการระบายอากาศ
2. สถานะเติมอาหารเหลวในภาชนะเพาะเลี้ยง หมายถึง สภาวะที่อาหารเหลวถ่ายเทจากภาชนะบรรจุอาหารเหลวไปยังภาชนะเพาะเลี้ยงพืช มีอากาศอัดจ่ายเข้าไปยังภาชนะบรรจุอาหารเหลว และมีการระบายอากาศออกจากภาชนะเพาะเลี้ยงพืช
3. สถานะให้อาหาร อาหารเหลว หมายถึง สภาวะที่อาหารเหลวทั้งหมดอยู่ในภาชนะเพาะเลี้ยงพืช ไม่มีการจ่ายอากาศอัดเข้าสู่ภาชนะบรรจุอาหารเหลวแต่มีการระบายอากาศส่วนเกินจากกระบวนการเติมอาหารเหลวออกจากภาชนะเพาะเลี้ยงพืช
4. สถานะระบายอาหารเหลวออกจากภาชนะเพาะเลี้ยง หมายถึง สภาวะที่อาหารเหลวเคลื่อนที่ออกจากภาชนะเพาะเลี้ยงพืชกลับไปยังภาชนะบรรจุอาหารเหลว มีการจ่ายอากาศอัดเข้าไปที่ภาชนะเพาะเลี้ยงพืชและมีการระบายอากาศออกจากภาชนะบรรจุอาหารเหลว
5. สถานะไล่อากาศในภาชนะเพาะเลี้ยง หมายถึง สภาวะที่อาหารเหลวทั้งหมดอยู่ในภาชนะบรรจุอาหารเหลว มีการจ่ายและระบายอากาศอัดเข้าไปในภาชนะเพาะเลี้ยงพืช ไม่มีการจ่ายและระบายอากาศอัดในภาชนะบรรจุอาหารเหลว
6. สถานะลดความดันในระบบ หมายถึง สภาวะที่มีการระบายอากาศภายในภาชนะบรรจุอาหารเหลวหรือภาชนะเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เพื่อลดความดันในระบบ TIB



ภาพ หลักการทำงานของระบบ TIB แบบขวดแฝด เริ่มจากการเปิดแรงดันลมผ่านตัวกรองอากาศเข้าไปในภาชนะที่ใส่อาหารเหลวให้ดันอาหารไปยังภาชนะที่ใส่ต้นพืช (1) ซึ่งต้นพืชจะถูกแช่ชั่วคราวในอาหารเหลวตามระยะเวลาที่กำหนด (2) ต่อจากนั้นจึงเปิดแรงดันลมผ่านตัวกรองอากาศเข้าไปในภาชนะต้นพืชให้อาหารเหลวกลับสู่ภาชนะเดิม (3) Escalona et al. (2003)

ที่มา: Escalona, M., Samson, G., Borroto, C. and Desjardins, Y. (2003) Physiology of Effects of Temporary Immersion Bioreactors on Micropropagated Pineapple Plantlets. In Vitro Cellular & Developmental Biology—Plant, 39, 651-656. https://doi.org/10.1079/IVP2003473

เอกสารอ้างอิง

Community Forest Bureau. 2014. **Manual Guide for a Survey of Carbon Stock and Biodiversity in the Community Forest.** Community Forestry Development Division, Royal Forest Department, Bangkok.

Pumijumnong, N. 2007. Aboveground–root biomass and soil carbon content of teak plantation. **Environment and Natural Resources Journ**al (5)2: 109–121. (in Thai)

Thepsud, M. (2008). Knowledge of global warming in Thailand. Bangkok: Institute of General Education, Sripatum University.

Viriyabuncha, C. 2003. **Handbook of Stand Biomass Estimation**. Forestry and Botanical Research Division Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. (in Thai)

Zhu, X. G., Long, S. P., and Ort, D. R. 2008. What is the maximum efficiency with which photosynthesis can convert solar energy into biomass? **Current Opinion in Biotechnology** 19(2): 153–159.

ประสิทธิ์ ใจศิล, ฉัตรชัย อาภรณ์รัตน์ และอาคม คิดการ. 2550. อิทธิพลของวันปลูกต่อผลผลิตต้นสดและลักษณะทางการเกษตรของข้าวฟ่างหวานพันธุ์ มข. 40. **วารสารแก่นเกษตร** 35(พิเศษ) : 188-193.

ปรีชา กาเพ็ชร และทักษิณา ศันสยะวิชัย. 2551. ศึกษาการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวฟ่างหวานในวันปลูกต่างๆ ในรอบปี. **รายงานผลงานวิจัยและพัฒนาด้านพืชและเทคโนโลยีการเกษตร** การทดลองสิ้นสุดปีงบประมาณ 2551.

วัลลิภา สุชาโต, อรรถสิทธิ์ บุญธรรม, ประสงค์ สิทธิไทย และปรีชา สุริยพันธุ์. 2532. การศึกษาเวลาปลูกข้าวฟ่างเพื่อใช้เป็นพืชอาหารสัตว์และผลผลิตตอ. **วารสารวิชาการเกษตร** 9:17-20.

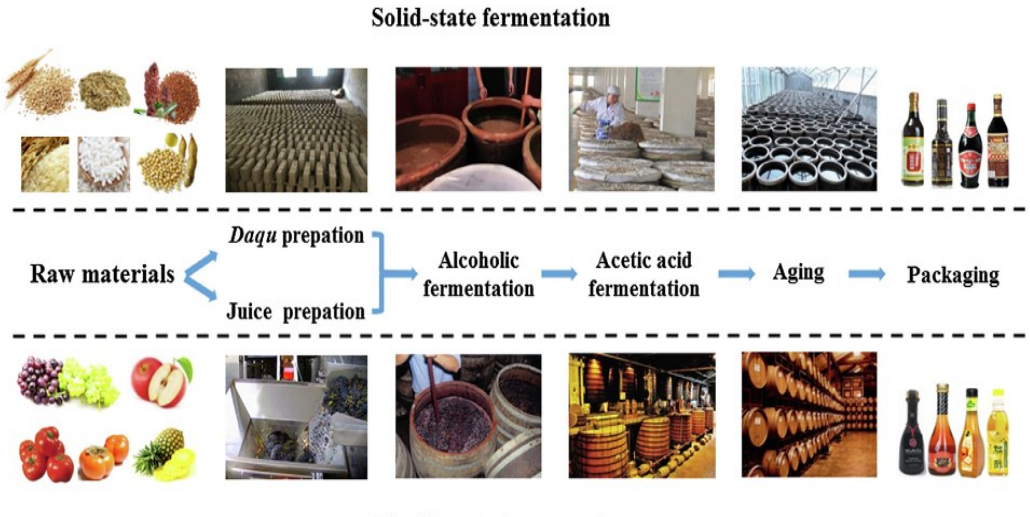
วิจย์ณี เสนแดง. 2022. การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร: หนึ่งปัจจัยสำคัญต่อการบรรลุเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน https://www.sdgmove.com/2022/07/07/sdg-updates-population-growth-matters-sdgs/

ศศิธร เพชรแสน, สันติภาพ ศิริวัฒนไพบูลย์, ดารินทร์ ล้วนวิเศษ, วณิชยา จรูญพงษ์ และศริยา อินทสิน. 2566. ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและคาร์บอนเครดิตจากป่าชุมชนห้วยหินขาวตำบลด่านศรีสุข อำเภอโพธิ์ตาก จังหวัดหนองคาย. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี** 11(1): 109-125.

5.3 โครงการวิจัยย่อยที่ 3 การพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวฟ่างหวานและปริมาณคาร์บอนเครดิตของผลิตภัณฑ์

5.3.1 น้ำส้มสายชูหมัก

น้ำส้มสายชูหมักได้จากกระบวนการเปลี่ยนเอทิลแอลกอฮอล์ด้วยแบคทีเรียกลุ่ม *Acetobacter* และ *Gluconobacter* ให้ได้กรดน้ำส้มหรือกรดแอซีติก ทั้งนี้ น้ำส้มสายชูจัดเป็นอาหารที่กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 204) พ.ศ.2543 เรื่อง น้ำส้มสายชู ซึ่งน้ำส้มสายชูหมัก คือ น้ำส้มสายชูที่ได้จากการหมักพืชอาหารที่มีแป้งหรือน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ โดยมีกระบวนการหมัก 2 ขั้นตอน คือ การหมักน้ำตาลให้เกิดแอลกอฮอล์ โดยใช้ยีสต์ ตามด้วยการหมักแอลกอฮอล์ให้เกิดกรดแอซีกติก ด้วยแบคทีเรียในกลุ่ม *Acetobacter* และ *Gluconobacter* ในสภาวะที่มีออกซิเจนน้ำส้มสายชูที่ได้อาจมีตะกอนที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ แต่โดยทั่วไปจะมีลักษณะใส มีกลิ่นหอมตามธรรมชาติของกลิ่นวัตถุดิบ ความเข้มข้นของกลิ่นของวัตถุดิบที่ใช้ในการหมักความเข้มข้นขึ้นอยู่กับ ชนิดและปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก และมีปริมาณกรดน้ำส้ม ไม่น้อยกว่า 4% ต้องไม่พบกรด กำมะถัน หรือกรดแร่อิสระ ปริมาณเมทานอลต้องไม่ เกิน 420 มิลลิกรัมต่อลิตร



ภาพกระบวนการผลิตกรดแอซีติกในน้ำส้มสายชูหมักจากวัตถุดิบกลุ่มแป้งและน้ำตาล (Xia et al., 2020)

เทคโนโลยีการผลิตน้ำส้มสายชูหมักได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ด้วยการใช้วัตถุดิบหลัก ได้แก่ แอปเปิลแดง และวัตถุดิบทางเลือก เช่น น้ำอ้อย กากน้ำตาล ข้าวเหนียว น้ำสับประรด เป็นต้น จากงานวิจัยการนำน้ำอ้อยมาใช้ในการหมักน้ำส้มสายชู โดยเริ่มจากการหมักไวน์น้ำอ้อยจากเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae M30* ที่ใช้น้ำอ้อยที่มีความหวานประมาณ 20% ทำการหมักโดยใช้กระบวน การหมุนเวียนเซลล์ยีสต์ (Cell Recycle Process) ในอัตราการหมุนวนที่เหมาะสมเท่ากับ 50 ml/min นาน 1-2 วัน ได้น้ำความเข้มข้นเอทานอลที่ 8%(v/v) ขึ้นไป จากนั้นจากการใช้จุลินทรีย์คัดเลือก “ สป5 “ ซึ่งอยู่ในกลุ่ม *Acetobacter aceti* ในการผลิตกรดแอซีติกหรือน้ำส้มสายชูได้ พบว่า “ สป5 “ เป็นเชื้อที่ให้กลิ่นหอมของ ester ที่เด่นชัดมาก จากการหมักในถังหมักแบบ Airlift ขนาด 7.5 ลิตร (ปริมาตรที่ใช้ 5 ลิตร) ให้ปริมาณกรดแอซีติกมีอยู่ประมาณ 3.67 ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานของน้ำส้มสายชู ที่ขายอยู่ตามท้องตลาดเพียงเล็กน้อย แต่เป็นปริมาณที่โรงงานสามารถนำไปใช้งานได้โดยตรง นอกจาก นี้ปริมาณของแข็ง (Total solids) และปริมาณทองแดง(Copper) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ในขณะที่ตรวจไม่พบสารหนู (Arsenic) ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก

นอกจากนี้ ได้มีการนำโคจิข้าวเหนียวมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำส้มสายชู โดยศึกษาการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากโคจิข้าวเหนียวโดยวิธีการหมักแบบดั้งเดิม โดยเริ่มต้นจากการทำโคจิข้าวได้แก่ ข้าวเหนียวข้าวฮาง ข้าวเหนียวขาว และข้าวเหนียวดำ โดยใช้ สปอร์ *Aspergillus oryzae* L ที่ความเข้มข้น 0.1% (w/w) จากนั้นนำโคจิมาผ่านกระบวนการ Saccharification ที่อุณหภูมิ 60°C กระบวนการหมักแอลกอฮอล์โดยใช้ยีสต์ *S. cerevisiae* ที่ความเข้มข้น 1% (w/w) แล้วจึงเติม *Acetobacter aceti* 10% (v/v) ในขั้นตอนการหมักกรดแอซิติก จากการทดลองพบว่าการใช้ข้าวเหนียวดำเป็นวัตถุดิบมีความเหมาะสมมากกว่าข้าวเหนียวชนิดอื่น เนื่องจากให้กิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสสูงสุด 0.821 unit/g dry weight เมื่อใช้เวลาบ่มโคจิ 3 วัน และเมื่อผ่านกระบวนการ Saccharification ที่ 60 °C เป็นเวลา 25 ชั่วโมง จะมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูงสุด 20°Brix ให้ปริมาณเอทานอลสูงสุด 14% เมื่อผ่านกระบวนการหมักเป็นเวลา 5 วัน และให้ปริมาณกรดแอซิติกสูงสุด 5.16% เมื่อผ่าน

กระบวนการหมักเป็นเวลา 3 วัน พบว่า ข้าวเหนียว 3 ชนิดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้สามารถใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักได้เนื่องจากให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ตามที่มาตรฐานกำหนด (ชื่นจิต จันทจรูญพงษ์ และคณะ, 2561)

จากการศึกษาปัจจัยที่มีต่อกลิ่นรสของน้ำส้มสายชูในระหว่างการเก็บรักษาน้ำส้มสายชูหมักการค้า 5 ชนิด โดยทำการศึกษาในด้านของ soluble solid, pH, total acidity, color, antioxidant activity) และ sensory descriptive analysis พบว่า ในระยะเวลาการเก็บรักษานาน 12 เดือน ปริมาณ soluble solids ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ความเข้มข้นกรดหลังการเก็บรักษามีค่าใกล้เคียงกับความเข้มข้นกรดก่อนทำการเก็บรักษา นอกจากนี้ คุณสมบัติที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดได้แก่ ปริมาณ DPPH radical สูงขึ้น มีการเกิดตะกอนขุ่นมากขึ้น และมีการเปลี่ยนแปลงของสีให้เป็นสีน้ำตาลเข้ม กลิ่น Aromatic มีความแรงของกลิ่นสูงขึ้น และเป็นกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ ทั้งนี้ จากการศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษานาน 6 เดือน การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติและลักษณะทางกายภาพของน้ำส้มสายชูหมักแอปเปิลนี้ มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก และมีค่าใกล้เคียงก่อนเริ่มทำการเก็บรักษา ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า ระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษานาน 6 เดือน เป็นระยะเวลาที่เหมาะสม (Minjeong et al., 2020)

จากการหมักน้ำส้มสายชูโดยใช้ Organic broken rice noodles (OBRN) เป็นวัตถุดิบ โดยการเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาล Reducing sugar ด้วยการใช้กรด 0.6 M sulfuric หรือ กรด hydrochloric acid ที่อุณหภูมิ 80, 100, และ 121 องศาเซลเซียส, หัวเชื้อรา mold inoculation, และ rice cake starter (loog-pang) น้ำตาลที่ได้จะนำไปใช้ในการหมักเอทานอล ที่ความเข้มข้นน้ำตาลเริ่มต้น 20°Brix โดยทำการหมักเอทานอลเป็นระยะเวลา 7 วัน ได้ความเข้มข้นเอทานอล f 10.05%(v/v) จากนั้น ทำการปรับความเข้มข้นเอทานอลจากน้ำหมักเริ่มต้นที่ได้ให้อยู่ในช่วง 4-6%(v/v), pH 5.5 สำหรับการหมักกรดแอซีติก โดยใช้จุลินทรีย์ *Acetobacter pasteurianus* TISTR 102 ที่อัตราการกวน 150 rpm โดยใช้ระยะเวลาการหมักนาน 7 วัน ซึ่งได้ความเข้มข้นกรดแอซีติกที่ 4%(v/v) ได้น้ำส้มสายชูหมักสีเหลืองใส ความเข้มข้นกรดทั้งหมด 3.52 %(v/v) ที่ค่า pH 3.28 หลังจากทำการหมักนาน 4 วัน (Jaikang et al., 2019)

การเปรียบเทียบชนิดและความเข้มข้นสารองค์ประกอบ ความเข้มน้ำตาล ความเข้มข้นกรดอินทรีย์ในระหว่างกระบวยการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิล (Apple vinegar หรือ apple cider) ด้วยการใช้จุลินทรีย์ *Saccharomyces cerevisiae* และ *Schizosaccharomyces pombe* ผลการทดลอง พบว่า โดยทั่วไปแล้วน้ำส้มสายชูหมักมีความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ขนาดใหญ่ (higher alcohol) อัลดีไฮด์ และ อซิตาลในปริมาณสูง การใช้จุลินทรีย์ *S. pombe* มีความเข้มข้นของน้ำตาล Reducing sugar สูงกว่าการใช้ *S. cerevisiae* แต่มีความเข้มข้นของ malic acid, ethyl pentanoate, ethyl hexanoate, และ volatile acids ในปริมาณที่ต่ำกว่า ทั้งนี้ในการพิจารณาด้านประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูหมัก ยีสต์ *S. cerevisiae* จะให้คุณลักษณะของกลิ่นเอทานอลและกลิ่นยีสต์ที่แรง ขณะที่ ยีสต์ *S. pombe* ให้กลิ่นรสของน้ำส้มสายชูหมักแบบกลิ่นหอมคล้ายน้ำผึ้ง (honey-like) มีรสหวาน และมีความเปรี้ยวที่ต่ำ ดังนั้น นอกจากคุณสมบัติของวัตถุดิบจะมีผลต่อกลิ่นรสสัมผัสและคุณสมบัติของน้ำส้มสายชูหมักแล้ว การใช้ชนิดจุลินทรีย์ตั้งแต่ขั้นการหมักเอทานอล ก็มีผลต่อกลิ่นรสของน้ำส้มสายชูหมักด้วย (Wenjia et al., 2021) และในทำนองเดียวกันนี้ อาจมีผลสะท้อนไปถึงชนิดและคุณสมบัติของแบคทีเรียที่นำมาใช้ในการหมักน้ำส้มสายชู หรือ กรดแอซีติก เช่นกัน

5.3.2 การคัดเลือกสายพันธุ์แบคทีเรียผู้ผลิตกรดแอซีติก

ในปัจจุบัน จุลินทรีย์มีบทบาทสำคัญในกระบวนการทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่มุ่งเน้นหาจุลินทรีย์ที่มีความทนต่อความร้อนหรือเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิสูง จุลินทรีย์ผู้ผลิตกรดแอซีติก เป็นแบคทีเรียผู้ผลิตกรดแอซีติก ซึ่งเรียกว่า Acetic acid bacteria (AAB) แบคทีเรียชนิดนี้ พบได้ในผักและผลไม้ตามธรรรมชาติและถูกนำไปใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักและในผักดองต่างๆ การเปลี่ยนแปลงของสภาวะโลกร้อน ส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิของอากาศ ส่งผลให้จุลินทรีย์ในธรรมชาติ รวมถึงแบคทีเรีย AAB ในการผลิตกรดแอซีติกจากผลไม้ด้วยแบบคทีเรียจากธรรมชาติ ต้องผ่านกระบวนการเปลี่ยนน้ำตาลให้กลายเป็นเอทานอลด้วยยีสต์ธรรมชาติ และเอทานอลนี้ จะถูกเปลี่ยนอีกครั้งด้วยแบคทีเรีย AAB ให้กลายเป็นกรดแอซีติก ในกระบวนการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอทานอลนั้น จะเกิดขึ้นภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน ซึ่งจะทำให้ได้ความเข้มข้นเอทานอลโดยเฉลี่ยระหว่าง 8-10%(v/v) ทั้งนี้ หากในระบบการหมัก หากมีอากาศเข้าสู่ระบบบางส่วน เข้าสู่ภายในระบบและแบคทีเรีย AAB ยังมีชีวิตอยู่ จะเปลี่ยนเอทานอลนี้ให้เป็นกรดแอซีติก แต่อย่างไรก็ตาม เอทานอลมีคุณสมบัติในการยับยั้งหรือกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่สามารถทนต่อเอทานอลได้ ซึ่งส่งผลให้แบคทีเรีย AAB ตายได้ การที่แบคทีเรีย AAB สามารถเปลี่ยนเอทานอลที่ความเข้มข้นสูงได้ ก็ย่อมจะได้กรดแอซีติกที่ความเข้มข้นสูงเช่นกัน ซึ่งคุณสมบัติในการทนต่อความเข้มข้นเอทานอลสูงได้นี้ จะลดขั้นตอนการเจือจางน้ำผลไม้หมักเอทานอลด้วยการใช้น้ำผลไม้สด เพื่อให้แบคทีเรีย AAB สามารถเจริญได้ ซึ่งจะเป็นการลดปริมาณการใช้น้ำผลไม้สดได้

ทั้งนี้ หากพิจารณาในขั้นตอนการผลิตกรดแอซีติกนั้นในระดับอุตสาหกรรมนั้น จะเป็นการเติมเอทานอลลงในน้ำผลไม้ให้ได้ความเข้มข้นเอทานอลประมาณ 3-5%(v/v) ก่อนทำการเติมแบคทีเรีย AAB ลงในระบบการหมัก ซึ่งจะเป็นการลดขั้นตอนการหมักเอทานอลด้วยยีสต์ ทั้งนี้ ก่อนการเติมหัวเชื้อแบคทีเรีย AAB น้ำตาลหรือน้ำผลไม้ที่ใช้เป็นวัตถุดิบ จำเป็นต้องมีการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนด้วยความร้อนสูง เช่น การใช้ไอน้ำร้อน หรือ hot stream พ่นเข้าสู่น้ำผลไม้ เพื่อให้น้ำผลไม้หลังได้รับความร้อนสูงอย่างรวดเร็ว จะสามารถกำจัดจุลินทรีย์ปนเปื้อนได้ จากนั้น ก่อนทำการเติมหัวเชื้อแบคทีเรีย AAB จะต้องลดอุณหภูมิน้ำผลไม้หรือน้ำตาลให้ได้ที่ประมาณ 30°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิปกติที่แบคทีเรีย AAB เจริญได้ดี ขั้นการลดอุณหภูมินี้ จะใช้เวลานานและเสียงบประมาณมากขึ้น ซึ่งจะเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิต หากแบคทีเรีย AAB เจริญได้ที่อุณหภูมิสูงได้ระหว่าง 37°C - 45°C จะช่วยลดระยะเวลาในการผลิตและต้นทุนการผลิตได้เป็นอย่างดี ด้วยเหตุนี้ การได้มาซึ่งแบคทีเรีย AAB ที่มีคุณสมบัติในการทนต่อความเข้มข้นเอทานอลสูงและสามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิสูง จะเป็นการพัฒนากระบวนการผลิตกรดแอซีติกด้วยเทคโนโลยีชีวภาพได้เป็นอย่างดี ซึ่งผลบกระทบที่ได้ จะสร้างผลลัพธ์ (Outcome) และผลกระทบ (Impact) ได้ในวงกว้าง

ในอดีตที่ผ่านมา ได้มีการศึกษาหาเพื่อคัดเลือกแบคทีเรีย AAB ที่มีคุณสมบัติในการทนต่อความเข้มข้นเอทานอลสูงและสามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิสูง ได้มีการใช้วิธีการและเทคโนโลยีที่หลากหลาย เช่น การคัดเลือกเชื้อแบคทีเรีย AAB จากธรรมชาติ ณ สภาวะที่ต้องการ หรือ การพัฒนาสายพันธุ์แบคทีเรีย AAB ด้วยเทคนิคการกลายพันธุ์ด้วยเทคโนโลยีการตัดแต่งดีเอ็นหรือเทคนิคอื่นๆ เป็นต้น รายละเอียดดังต่อไปนี้

ลำดับ	รายละเอียดการวิจัยและผลการวิจัย	Reference
1.	งานวิจัยได้มุ่งเน้นการคัดเลือกสายพันธุ์ AAB ที่ทนความร้อนที่อุณหภูมิ 38 -39°C แบคทีเรียที่คัดเลือกได้เป็นแบคทีเรียกลุ่ม Acetobacter ได้แก่ *A. pasteurianus*, *A. tropicalis*, *A. orientalis* and *A. sicerae*. โดยแบคทีเรียที่คัดเลือกได้ *Acetobacter sicerae* A18 มีประสิทธิภาพในการหมักกรดแอซีติกสูงสุดที่อุณหภูมิ 39°C โดยได้ความเข้มข้นกรดแอซีติกที่ 2.56% (w/v) และมีอัตราการผลิตกรดแอซีติกที่ 62.19% จากการใช้เอทานอลความเข้มข้น 5%(v/v) เป็นสารตั้งต้น	Huynh et al., 2017.
2	จากการคัดเลือกแบคทีเรียผู้ผลิตกรดแอซีติกที่คัดแยกได้จากน้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำผลไม้ โดยทำการคัดแยกแบคทีเรียที่อุณหภูมิ 37 °C ทั้งนี้ แบคทีเรียที่คัดแยกได้เป็นแบคทีเรียกลุ่ม ที่มีความทนต่อเอทานอลสูงถึง 3-4%(w/v) ซึ่งแบคทีเรียโคลน PAAB-3 สามารถทนความเข้มข้นเอทานอลได้สูงถึง 5%(v/v) และสามารถผลิตกรดแอซีติกได้ที่ความเข้มข้น 15.2g/L ณ อุณหภูมิการหมัก 37°C และเมื่อทำการระบุชนิดของสายพันธุ์ แบคทีเรียโคลน PAAB-3 คือ แบคทีเรีย *Acetobacter aceti*	Kumar et al., 2020.
3	ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก มีปัจจัยเชิงลบที่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตกรดแอซีติก คือ แบคทีเรียผู้ผลิตกรดแอซีติกที่ไม่ทนต่อความเข้มข้นกรดแอซีติก การไม่ทนต่อความร้อนและการไม่ทนต่อเอทานอลความเข้มข้นสูง ในงานวิจัยนี้ จึงมุ่งพัฒนาแบคทีเรีย AAB ที่ทนต่อความเข้มข้นกรดแอซีติกสูง ทนความร้อนและอุณหภูมิสูงได้ดี ซึ่งได้แบคทีเรียที่คัดเลือกได้จำนวน 5 สายพันธุ์จากเปลือกมะม่วงที่มีคุณสมบัติดังกล่าวนี้ ได้แก่ VMA1, VMA5, VMA7, VMAM, VMAO ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มของจีนัส *Gluconoacetobacter* จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการผลิตกรดแอซีติก พบว่า แบคทีเรีย AAB ทั้ง 5 สายพันธุ์ สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิ 45°C และทนต่อความเข้มข้นสูงของเอทานอล (20% (v/v)) ได้โดยยังคงประสิทธิภาพการผลิตกรดแอซีติกได้ที่ 4.5% (w/v) ยิ่งไปกว่านี้ แบคทีเรีย AAB สายพันธุ์ VMA7 and VMAO สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิ 50°C และ 60°C ตามลำดับ ซึ่งสามารถผลิตกรดแอซีติกได้สูงถึง 6%(w/v) ภายใต้ความเข้มข้นเอทานอล 25%(v/v) การใช้แบคทีเรีย AAB สายพันธุ์ที่คัดแยกได้นี้ในอุตสาหกกรรมการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจะเพิ่มประสิทธิภาพในการลดต้นทุนของระบบหล่อเย็นในระหว่างการหมักในถังปฏิกรณ์ชีวภาพขนาดใหญ่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งภายใต้สภาวะโลกร้อนในปัจจุบัน	Mariama et al., 2020
4	งานวิจัยนี้ได้ทำการคัดเลือกสายพันธุ์แบคทีเรียทนร้อยจากได้จากการการหมักกกรดแอซีติกด้วยวิธีธรรมชาติด้วยการใช้ผลไม้ของประเทศไทยเป็นวัตถุดิบ จากการคัดเลือกแบคทีเรีย ได้สายพันธุ์แบคทีเรียทนร้อน 2 สายพันธุ์ *Acetobacter pasteurianus* ซึ่งมีความสามารถในการทนร้อนได้ที่อุณหภูมิ 39°C ที่มีเอทานอล 6%(v/v) และให้ความเข้มข้นกรดแอซีติกที่ 4%(w/v)	Panadda et al., 2020.

ลำดับ	รายละเอียดการวิจัยและผลการวิจัย	Reference
5	ในการพัฒนาสายพันธุ์แบคทีเรียผู้ผลิตกรดแอซีติก แบคทีเรีย *A. pasteurianus* K-1034 ได้รับการพัฒนาให้มีความสามาราถในการผลิตกรดแอซีติกได้ที่อุณหภูมิระหว่าง 39°C ถึง 40°C โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตกรดแอซิติกจากแบคทีเรีย AAB ที่ได้จากการผลิต moromi ซึ่งผลการทดลองยืนยันว่าแบคทีเรีย *A. pasteurianus* K-1034 สามารถผลิตกรดแอซีติกได้ดีภายใต้อุณหภูมิสูง	Nami et al., 2021
6	งานวิจัยคัดเลือกแบคทีเรียที่ทนความร้อนและทนต่อเอทานอลความเข้มข้นสูง โดยแบคทีเรียที่คัดเลือกได้ 25 โคโลนี จาก 400 โคโลนี ที่สามารถผลิตกรดอะซีติกได้ ซึ่ง 6 โคโลนี จาก 25 โคโลนีนี้ (FAGD1, FAGD10, FAGD18 and GCM2, GCM4, GCM15) แสดงประสิทธิภาพการผลิตกรดแอซีติกที่แตกต่างกัน จากการใช้ความเข้มข้นเอทานอลในช่วงระหว่าง 6%(v/v) ถึง 8%(v/v) โดยทั้ง 6 โคโลนีนี้ สามารถทนความเข้มข้นเอทานอลได้สูงถึง 16%(v/v) และสามารถทนต่อความเข้มข้นกรดแอซีติกได้สูงถึง 6%(w/v) นอกจากนี้ แบคทีเรียทั้ง 6 ชนิดนี้ เจริญได้รวดเร็วตามปกติที่ 30°C และสามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิสูงได้แก่ 35°C, 37°C and 40°C และ 48°C โดยยังคงให้อัตราการผลิตกรดแอซีติกที่สูง	Taoufik et al., 2022.
7	การวิจัยมุ่งคัดเลือกแบคทีเรียผู้ผลิตกรดแอซีติกทนร้อนและไม่มีเมตาบอลิซึมของ overoxidation ability ซึ่งเมตาบอลิซึมนี้เป็นปฏิกิริยาย้อนกลับที่สามารแตกโครงสร้างของกรดแอซีติกที่แบคทีเรียผลิตได้ให้กลายเป็นสารผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น คือ CO_2 และH_2O ซึ่งจะส่งผลให้ความเข้มข้นที่ควรจะผลิตได้มีความเข้มข้นลดลง ในการคัดแยกแบคทีเรีย AAB นี้ ได้ทำการแยกจากน้ำหมักไวน์น้ำตาลปาล์ม และเปลือกมะม่วงเป็นระยะเวลา 3-5 วัน หลังจากทดสอบ Biochemistry test และการทดสอบด้วย 16sRNA ได้แบคทีเรีย AAB จำนวน 48 ตัวอย่าง โดยที่ 8 ตัวอย่างในกลุ่มนี้ ไม่พบความสามารถในการออกซิไดซ์แอซิเตดไปเป็น CO_2 และ H_2O โดยทั้ง 8 ตัวอย่างถูกจัดอยู่ในกลุ่ม Gluconobacter oxydans (Ski1) และ Acetobacter ghanensis (Fke 22 and Fk5) ที่สามารถเจริญและผลิตกรดแอซีติกได้ความเข้มข้นสูงถึง 10%(w/v) จากการเติมเอทานอลที่ความเข้มข้นสุดท้าย 5%(v/v) อุณหภูมิการหมัก 37°C	N'guessan et al., 2023.
8	ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก มีปัจจัยเชิงลบที่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตกรดแอซีติก คือ แบคทีเรียผู้ผลิตกรดแอซีติกที่ไม่ทนต่อความเข้มข้นกรดแอซีติก การไม่ทนต่อความร้อนและการไม่ทนต่อเอทานอลความเข้มข้นสูง ในงานวิจัยนี้ จึงมุ่งพัฒนาแบคทีเรีย AAB ที่ทนต่อความเข้มข้นกรดแอซีติกสูง ทนความร้อนและอุณหภูมิสูงได้ดี ซึ่งได้แบคทีเรียที่คัดเลือกได้จำนวน 5 สายพันธุ์จากเปลือกมะม่วงที่มีคุณสมบัติดังกล่าวนี้ ได้แก่ VMA1, VMA5, VMA7, VMAM, VMAO ซึ่งจัดอยู่ใน	Mariama et al., 2020

ลำดับ	รายละเอียดการวิจัยและผลการวิจัย	Reference
	กลุ่มของจีนัส *Gluconoacetobacter* จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการผลิตกรดแอซีติก พบว่า แบคทีเรีย AAB ทั้ง 5 สายพันธุ์ สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิ 45°C และทนต่อความเข้มข้นสูงของเอทานอล (20% (v/v)) ได้โดยยังคงประสิทธิภาพการผลิตกรดแอซีติกได้ที่ 4.5% (w/v) ยิ่งไปกว่านี้ แบคทีเรีย AAB สายพันธุ์ VMA7 and VMAO สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิ 50°C และ 60°C ตามลำดับ ซึ่งสามารถผลิตกรดแอซีติกได้สูงถึง 6%(w/v) ภายใต้ความเข้มข้นเอทานอล 25%(v/v) การใช้แบคทีเรีย AAB สายพันธุ์ที่คัดแยกได้นี้ในอุตสาหกกรรมการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจะเพิ่มประสิทธิภาพในการลดต้นทุนของระบบหล่อเย็นในระหว่างการหมักในถังปฏิกรณ์ชีวภาพขนาดใหญ่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งภายใต้สภาวะโลกร้อนในปัจจุบัน	

5.3.3 การประเมินการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของสินค้าและผลิตภัณฑ์

ในการประเมินคาร์บอนเครดิตของผลิตาภัณฑ์น้ำสมสายชูหมักในงานวิจัยนี้ เป็นการประเมินในรูปของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของน้ำส้มสายชูหมัก เริ่มตั้งแต่ในขั้นของการเตรียมวัตถุดิบ การหมักกรดแอซีติกและการบรรจุผลิตภัณฑ์เท่านั้น ทั้งนี้ หากพิจารณาในความหมายที่ชัดเจน ปริมาณคาร์บอนเครดิต (Carbon Credit) 1 หมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas: GHG) ที่ลดหรือกักเก็บได้จากการดำเนินงานต่างๆ หรือกิจกรรม หรือสินค้าต่างๆ เป็นต้น โดยปริมาณคาร์บอนเครดิต มีหน่วยเป็นตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ทั้งนี้ ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมภายใต้พิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) มี 7 ชนิด ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) และก๊าซไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF_3)

ด้วยเหตุนี้ การประเมินคาร์บอนเครดิตของการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก จะเป็นการคิดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เครื่องยนต์ เครื่องจักร สารเคมี แรงงาน และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในระหว่างการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก แล้วแปรค่าต่างๆ ออกมาในรูปของการปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และนำไปสู่ปริมาณคาร์บอนเครดิตของน้ำส้มสายชูหมักที่ทำการผลิตได้

ทั้งนี้ ได้มีงานวิจัยที่ได้มีการประเมินวัฏจักรชีวิตของน้ำส้มสายชูหมักที่ผ่านการบ่มที่ได้จากการใช้หลากหลายสายพันธุ์ขององุ่น Grechetto และ Sagrantino การประเมินวัฏจักรชีวิตของไวน์นำไปสู่การประเมินวัฏจักรชีวิตของน้ำส้มสายชูหมัก ได้ถูกจัดทำเป็นต้นแบบการวิเคราะห์โดยมีการประเมินรวมทั้ง Carbon footprint รอยเท้านิเวศน์(ecological footprint) Water footprint Eutrophication Ozone layer depletion และ photochemical oxidation ซึ่งจากการวิเคราะห์ พบว่า น้ำส้มสายชูหมักที่ผ่านการบ่มให้ปริมาณคาร์บอนเครดิตระหว่าง 1.94 and 2.54 kg CO_2/l ค่า Ecological footprint อยู่ระหว่าง 9.83 and 13.23 g m^2/kg. ปริมาณการใช้น้ำ (Water Footprint) อยู่ระหว่าง 1332 and 1892 l/l. นอกจากนี้ การขาดแคลนน้ำ (water scarcity) ถูกนำมาวิเคราะห์ร่วมในโปรแกรม SimaPro 8 software สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ จะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และเป้าหมายของการวิเคราะห์และการประเมินในบริบทนั้นๆ (Bartocci

et al., 2017) นอกจากงานวิจัยข้างต้นนั้น ได้มีงานวิจัยที่ทำการประเมินวัฏจักรชีวิต (life cycle assessment: LCA) ของน้ำส้มสายชูหมักเปรียบเทียบระหว่างการใช้บรรจุภัณฑ์เป็นแก้วและขวดพลาสติก PET ที่ขนาดการบรรจุ 500 ml ในขวดแก้ว และบรรจุ 390 ml ในขวด PET การวิเคราะห์บ่งชี้ว่า การใช้ขวดแก้วเป็นผลิตภัณฑ์ ต้องการแหล่งทรัพยากรจำนวนมาก ซึ่งส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าการใช้ขวด PET ในบางประเด็น เช่น น้ำหนักของแก้วที่มากกว่าขวด PET ที่เป็นส่วนหหนึ่งของความซับซ้อนของการวิเคราะห์ LCA ในขณะที่ วิธีการวิเคราะห์ LCA ยังมีข้อจำกัดในการวิเคราะห์ เช่น คุณภาพของข้อมูลที่จัดเก็บได้ ความหมายและคำจำกัดความที่ชัดเจน การประเมินความท้าทายและต้นทุน เป็นต้น (Maria et al., 2024)

เอกสารอ้างอิง

1 ชื่นจิต จันทจรูญพงษ์, นัดดา ราชนิยม, ณัฐวัลย์ พลพันธุ์. (2561). Study of Fermented Vinegar from Glutinous Rice Koji Science and Technology RMUTT Journal. Vol.8 No.1: 130-140

2 วราวุฒิ ครูส่ง. (2544). รายงานการวิจัย เรื่อง การผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำอ้อย รหัสโครงการ RDG4450026

3 Bartocci, P., Fantozzi, P., and Fantozzi. F. (2017). Environmental impact of Sagrantino and Grechetto grapes cultivation for wine and vinegar production in central Italy. Journal of Cleaner Production. vol. 140, Part 2, P. 569-580

4 Dan Zhang, Jianbo Shen, Fusuo Zhang, Yu'e Li and Weifeng Zhang. (2017). Carbon footprint of grain production in China. Scientific Reports. vol. 7.

5 Duthathai F and Wasu PA. (2007). Application of chemical dyes as colour indicator for selective isolation of acetic acid bacteria. Res J Microbiol. vol.2, p.855-888.

6 Haoran Yang, Tao Chen, Min Wang, Jingwen Zhou, Wolfgang Liebl, François Barja, and Fusheng Chen. (2022). Molecular biology: Fantastic toolkits to improve knowledge and application of acetic acid bacteria. Biotechnology Advances. vol.58, p.107911.

7 Huynh Xuan Phong, Nguyen My Vi, Bui Thi Thao Anh, Nguyen Ngoc Thanh, Bui Hoang Dang Long, Ngo Thi Phuong Dung. (2017). Acetic Acid Production at High Temperature by Newly Isolated Thermotolerant *Acetobacter sicerae* A18. American Journal of Microbiology and Biotechnology. vol.4, No.2, p.14-19.

8 J Jaikang, V Rungsardthong, B Thumthanaruk, C Puttanlek, D Uttapap, V Plathanaporn and S Vatanyoopaisarn. (2019). Production of vinegar from organic broken rice noodles. 5th International Conference on Agricultural and Biological Sciences (ABS). Earth and Environmental Science. vol. 346

9 Jennifer B Dunn, Steffen Mueller, Ho-young Kwon, and Michael Q Wang. (2013). Land-use change and greenhouse gas emissions from corn and cellulosic ethanol. *Biotechnology for Biofuels*. vol. 6, No. 51.

10 Kumar Sahoo, Rashmi Ranjan Mishra, and Bikash Chandra Behera. (2020). Isolation and Identification of Thermotolerent Acetic Acid Bacteria from Waste Fruits Bikash. Asian Journal of Biological and Life Sciences. vol 9.

11 Mamlouk D and Gullo M. (2013). Acetic Acid Bacteria: Physiology and Carbon Sources Oxidation. Indian J Microbiol. vol.53, p.377–384.

12 Maria D. Karvounidi, Alexandra P. Alexandropoulou, Andreas E. Fousteris and Dimitrios A. Georgakellos. (2024). Evaluation of Vinegar Bottles' Environmental Footprint Using the Life Cycle Approach: A Preliminary Analysis. Environments. vol.11, no.7, p.154

13 Mariama Ciré Kourouma, Malick Mbengue, Ndèye Coumba Daga Sarr, Khady Sarr, Coumba Touré Kane. (2022). Thermoresistant, Ethanol-Resistant and Acid-Resistant Properties of Acetic Acid Bacteria Isolated from Fermented Mango Alcohol. *Advances in Microbiology*. vol.12, p.177-191.

14 Minjeong KANG, Jung-Heun HA, Youngseung LEE. (2020). Physicochemical properties, antioxidant activities and sensory characteristics of commercial gape vinegars during long-term storage. Food Sci. Technol, Campinas, vol.40, no.4, p.909-916.

15 Nami Matsumoto, Naoki Osumi, Minenosuke Matsutani, Theerisara Phathanathavorn, Naoya Kataoka, Gunjana Theeragool, Toshiharu Yakushi, Yasushi Shiraishi, and Kazunobu Matsushita. (2021). Thermal adaptation of acetic acid bacteria for practical high-temperature vinegar fermentation. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. vol. 85, No.5, p.1243-1251.

16 Nanthavut Niyomvong, Rachcha Sritawan, Jureeporn Keabpimai, Chanaporn Trakunjae 3,4 and Antika Boondaeng. (2022). Comparison of the Chemical Properties of Vinegar Obtained via One-Step Fermentation and Sequential Fermentation from Dragon Fruit and Pineapple. *Beverages*. vol.8, p.74.

17 N'guessan Yevi Delphine, Akpa Essoh Eric, Goualie Gblossi Bernadette, Yao Wilfried and Samagaci Lamine. (2023). Selection of Thermotolerant and Non Overoxydative Acetic Acid Strains for Cost Effective Vinegar Production. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*. vol. 26, no.4, p.53-61, 2023.

18 Panadda Charee, Varavut Tanamool, Hirohide Toyama, Wichai Soemphol. (2020). Characterization of Thermotolerant Acetic Acid Bacteria Isolated from Various Plant Beverages in Thailand. *Applied Food Biotechnology.* vol.7, no.2, p.61-72.

19 Rashmi Ranjan Mishra, Bikash Chandra Behera. (2020). Isolation and Identification of Thermotolerant Acetic Acid Bacteria from Waste Fruits Bikash Kumar Sahoo. *Asian Journal of Biological and Life Sciences*. vol.9, no.2, p.42-46.

20 Ruttipron Pothimon, Maria Gullo, Salvatore La China, Anthony Keith Thompson and Warawut Krusong. (2020). Conducting High Acetic Acid and Temperature Acetification Processes by *Acetobacter pasteurianus* UMCC 2951. Journal proof. *Process Biochemistry*. (Journal pre-proof)

21 Shunchang Pu, Xuefeng Wu, Hongli Yao, Xingjiang Li, Zhi Zheng, and Shaotong Jiang. (2021). Analysis of alcohol dehydrogenase activity and fermentation characteristics of *Acetobacter pasteurianus* JST-S strain. *Earth and Environmental Science*. vol.792, p.12030.

22 Sylvia H. Vetter, Tek B. Sapkota, Jon Hillier, Clare M. Stirling, Jennie I. Macdiarmid, Lukasz Aleksandrowicz, Rosemary Green, Edward J.M. Joy, Alan D. Dangour, and Pete Smith. (2017). Greenhouse gas emissions from agricultural food production to supply Indian diets: Implications for climate change mitigation Agric Ecosyst Environ. vol. 237, no.16, p.234–241.

23 Taoufik El-Askri, Meriem Yatim, Youness Sehli, Abdelilah Rahou, Abdelhaq Belhaj, Remedios Castro, Enrique Durán-Guerrero, Majida Hafidi and Rachid Zouhair. (2022). Screening and Characterization of New *Acetobacter fabarum* and *Acetobacter pasteurianus* Strains with High Ethanol–Thermo Tolerance and the Optimization of Acetic Acid Production. *Microorganisms*. vol.10, p.1741.

24 Ting XiaBo ZhangWenhui DuanJin ZhangMin Wang. (2020). Nutrients and bioactive components from vinegar: A fermented andfunctional food. vol. 64

25 Warawut Krusong and Sumate Tantratian. (2014). Acetification of rice wine by *Acetobacter aceti* using loofa sponge in a low-cost reciprocating shake. *Journal of Applied Microbiology*. vol.117. p.1348-1357.

26 Wenjia He, Shuxun Liu, Paulina Heponiemi, Maarit Heinonen, Alexis Marsol-Vall[a]Xueying Ma[a]Baoru Yang, and Oskar Laaksonen. (2021). Effect of *Saccharomyces cerevisiae* and *Schizosaccharomyces pombe* strains on chemical composition and sensory quality of ciders made from Finnish apple cultivars. Food Chemistry. vol. 345.

27 Zhengliang Qi, Hailin Yang, Xiaole Xia, Wu Wang, and Xiaobin Yu. (2014). High Strength Vinegar Fermentation by *Acetobacter pasteurianus* via Enhancing Alcohol Respiratory Chain. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*. vol.19, p.289-297.

28 Zhijie Qin, Shiqin Yu, Jian Chen, Jingwen Zhou. (2022). Dehydrogenases of acetic acid bacteria. *Biotechnology Advances*. vol.54, p.107863.

5.5 โครงการวิจัยย่อยที่ 4 ถุงเพาะชำรักษ์โลกจากกระดาษข้าวฟ่างเคลือบยางพารา

5.5.1 การทำเยื่อกระดาษ (pulp) และการทำกระดาษ (paper) จากต้นข้าวฟ่าง

การทำเยื่อกระดาษจากต้นข้าวฟ่างเป็นกระบวนการที่ใช้วัตถุดิบจากพืชเกษตรเหลือใช้ ซึ่งเป็นวิธีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและยั่งยืน กระบวนการนี้ประกอบด้วยขั้นตอนหลายขั้นตอนที่สำคัญ ซึ่งรวมถึงการเก็บเกี่ยว การเตรียมวัตถุดิบ การทำเยื่อ และการผลิตกระดาษ

ต้นพืชทางการเกษตรส่วนใหญ่ เช่น ข้าว ข้าวโพด อ้อย สามารถนำมาทำเป็นเส้นใยเซลลูโลส แต่อย่างไรก็ตามในปัจจุบันมีการเผาเศษวัสดุเกษตรต่าง ๆ ไม่ได้นำมาใช้เป็นประโยชน์ดังกล่าว ข้าวฟ่าง (sorghum) เป็นพืชที่มีมีความน่าสนใจในการนำมาทำกระดาษเนื่องจากมีปริมาณ lignin ต่ำกว่าพืชชนิดอื่น สำหรับลำต้นข้าวฟ่างมีเส้นใยเซลลูโลสยาว 2.3 mm. และใบมีความยาวเส้นใยเซลลูโลส 1.38 mm. เหมาะสมใช้ทำเป็นกระดาษ (Belayachi & Delmas, 1997; Fatriasari & Iswanto, 2015; Gençer & Hatıl, 2022; Gençer & Şahin, 2015) ข้าวฟ่าง (sorghum) เป็นพืชมีความสูง 10-15 ฟุต เติบโตในเขตร้อน ลำต้นมีปริมาณน้ำตาลมาก ใช้ทำเป็นน้ำตาลและเอทานอลได้ องค์ประกอบทางเคมีของลำต้นข้าวฟ่าง (sorghum straw) ดังตารางต่อไปนี้

ตารางองค์ประกอบทางเคมีต้นข้าวฟ่างและต้นอ้อย

Chemical composition (%)	Sorghum Straw	Bagasse
Holocellulose	54.8	64.1
Cellulose	35.4	43.0
Hemicellulose	19.4	21.1
Klason Lignin	10.3	15.2
Acid Insoluble Lignin	0.05	0.03
Ash	5.3	5.0
Soluble in hot water	13.2	11.3
Soluble in cold water	11.6	10.6
Soluble in 1% NaOH	16.2	15.5

ลำต้นข้าวฟ่างมีปริมาณ **α**-cellulose ประมาณ 35% (Cardoso et al., 2013; Saeed et al., 2017) ถ้ามีปริมาณ cellulose มากใช้ทำเป็นกระดาษที่มีคุณภาพ (Farahin Syed et al., 2016) ปริมาณ hemicellulose ประมาณ 19 % ซึ่งถ้ามีปริมาณ hemicellulose มากจะช่วยเพิ่มความแข็งแรง (strength) ให้กับกระดาษ โดยเฉพาะค่า tensile strength, burst และ fold (Al-Mefarrej et al., 2013) ปริมาณ lignin ประมาณ 10% ถ้าปริมาณ lignin น้อยสามารถทำเป็นเยื่อกระดาษได้ง่ายกว่าโดยใช้สารเคมีน้อยลง (Ververis et al., 2004; Wang et al., 2011) สมบัติเชิงกลของกระดาษลำต้นข้าวฟ่างมีค่า Tensile strength ประมาณ 50 N m/g ค่า Tearing index 2.6 mNm2/g ค่า Bursting index 2.6 kPam2/g ค่า Folding endurance 15 log10n ดังนั้น

กระดาษที่ทำจากลำต้นข้าวฟ่าง (sorghum straw) มีความแข็งแรงเชิงกลดี จึงเหมาะสำหรับการผลิตกระดาษเขียนและพิมพ์ ตลอดจนการผลิตกระดาษแข็งห่อและบรรจุภัณฑ์ (Christman, 2019; Saeed et al., 2017; Said et al., 2023; Said et al., 2022; Wistara & Fatriasari, 2023; Yucel et al., 2023)

5.5.2 ถุงเพาะชำกระดาษข้าวฟ่างเคลือบยางพาราผสมแป้ง

ยางพาราเป็นวัสดุที่ย่อยสลายได้ยากดังนั้นต้องเตรียมให้ยางย่อยสลายได้ง่ายโดยการนำยางพาราผสมแป้งด้วยส่งนผสมที่เหมาะสมทำให้ยางสามารถย่อยสลายได้ การใช้ถุงเพาะชำย่อยสลายได้ก็จะส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อมและคาร์บอนเครดิต ลักษณะเฉพาะของถุงเพาะชำ อย่างแรกคือเรื่องของ “ขนาด” เพราะถูกออกแบบมาเพื่อใส่ดินและต้นกล้า ดังนั้นจึงมีขนาดถุงให้เลือกซื้อมากมาย ตั้งแต่ 2 นิ้ว x 6 นิ้ว ไปจนถึง 9 นิ้ว x 18 นิ้ว ด้านข้างถุงจะมีรอยพับทั้ง 2 ด้าน เมื่อคลี่ถุงออก ถุงจะพองออกเป็นรูปกระบอกทรงสี่เหลี่ยม คล้ายกับกล่องยาสีฟัน ส่วนเนื้อถุงจะเจาะรูตามแนวยาว เพื่อใช้เป็นรูระบายน้ำเวลารดน้ำต้นไม้จะได้ไม่เอ่อขังลักษณะถุงเพาะชำอันต่อมาคือ เนื้อของพลาสติกที่ใช้ผลิตถุง หากเกษตรกรไปซื้อถุงเพาะชำอยากให้ลองสังเกต บางครั้งถุงเพาะชำสีดำที่เราไปซื้อจะมีเนื้อถุง “สีดำด้าน” กับเนื้อ “สีดำเงา” สาเหตุเป็นเพราะใช้พลาสติก คนละชนิดกันในการผลิต ถุงดำด้านนั้นจะทำจากพลาสติก “ความหนาแน่นสูง HDPE” เหมือนถุงร้อนใส่แกง มีความขุ่น แสงผ่านได้น้อย อากาศผ่านได้ดี เหนียว ทนแรงฉีกขาดได้ดี หนากว่า ทนทานกว่า รับน้ำหนักได้มาก เหมาะสำหรับเพาะชำต้นกล้าขนาดใหญ่ ส่วนถุงดำเงา จะทำจากพลาสติก “ความหนาแน่นต่ำ LDPE” เหมือนถุงใส่น้ำหวาน มีความใส แสงผ่านได้ดี อากาศผ่านได้ดีกว่า เหนียว ทนแรงฉีกขาดได้ดีแต่บางกว่า ทนทานน้อยกว่า รับน้ำหนักได้น้อยกว่า HDPE เหมาะสำหรับเพาะเมล็ด หรือ ต้นกล้าขนาดเล็ก สิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณา ในการเลือกซื้อ ก็คือถุงแบบไหน ที่เหมาะกับพันธุ์ต้นกล้าของเรา เพราะว่าถุงเพาะนี้ยังต้องทำหน้าที่เป็นกระถางปลูกชั่วคราวไปอีกนานหลายเดือน ดังนั้นถุงเพาะจึงต้องมีความหนา ทนแดด ทนน้ำ ทนฝน ไม่เสื่อมสภาพได้ง่าย ๆ เก็บความชื้นได้ดี ถ้าเราต้องการความทนทาน ต้นกล้าที่เพาะมีขนาดใหญ่ ต้องใช้เวลาเพาะนาน ถุงดำด้านน่าจะใช้การได้ดี แต่ถ้าเป็นการเพาะเมล็ด หรือเพาะพันธุ์ต้นกล้าที่บอบบาง มีขนาดเล็ก ถุงดำเงาก็น่าจะเหมาะสม เพราะอากาศจะผ่านได้ดีกว่าสำหรับความหนาของถุงนั้นเรียกว่า ไมครอน เช่น 100 ไมครอน มีค่าเท่ากับ 0.10 มิลลิเมตร ยิ่งหนามากยิ่งราคาสูงขึ้น (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, 2654)

องค์ความรู้หรือแนวความคิดในถุงเพาะชำรักษ์โลกจากกระดาษข้าวฟ่างเคลือบยางพารา ผู้วิจัยได้รับรางวัลชมเชยจากการเข้าประกวดบรรจุภัณฑ์วัสดุทดแทนถุงเพาะชำกล้าไม้ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยทางกรมป่าไม้ได้กำหนดให้ถุงเพาะชำมีปริมาตรการบรรจุวัสดุเพาะชำกล้าไม้ตั้งแต่ 250 ถึง 300 ลูกบาศก์เซนติเมตร ราคาเฉลี่ยไม่เกิน 0.85 บาท ต่อ 1 ถุง ซึ่งผู้วิจัยได้คำนวณราคาถุงเพาะชำที่ทำจากกระดาษเคลือบด้วยยางพาราผสมแป้ง ซึ่งวัสดุที่ใช้ในการทำถุงเพาะชำประกอบด้วยกระดาษขาว A4 70 แกรม แป้งข้าวเหนียว และยางพารา วิธีการทำถุงเพาะชำทำโดยการนำกระดาษมาเคลือบด้วยส่วนผสมของแป้งและน้ำยางพารา โดยยางพาราทำหน้าที่ป้องกั้นการซึมผ่านของน้ำ แป้งข้าวเหนียวทำให้ย่อยสลายได้ง่าย กระดาษช่วยยึดโครงสร้างถุงให้แข็งแรง ดังนั้นในการทำถุงเพาะชำดังกล่าววัสดุแต่ละชนิดช่วยเสริมสมบัติซึ่งกันและกันทำให้ได้ถุงเพาะชำที่สามารถใช้งานได้และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ระยะเวลาในการย่อยสลายจนหมดขณะฝังดินประมาณ 1 ปี ดังนั้นผู้วิจัยมีเทคโนโลยีการการทำถุงเพาะชำ จึงเป็นโครงการที่มีความเป็นไปได้ในการใช้งานในอนาคตเนื่องจากทางกรมป่าไม้ต้องการใช้ถุงย่อยสลายได้

ปีละประมาณ 100 ล้านใบ กระดาษข้าวฟ่างได้จากเศษวัสดุต้นข้าวฟ่างที่เป็นเศษหลือทิ้งเพื่อป้องกันการเผาทำให้เกิดฝุ่น pm 2.5 เพิ่มมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าเกษตร ได้ถุงเพาะชำที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เกิดการไหลวนของระบบเศษฐกิจ เปรียบเทียบจุดเด่นของเทคโนโลยีถุงเพาะชำที่ทำการพัฒนาเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีอื่นๆ ที่มีในปัจจุบัน

ตารางเปรียบเทียบจุดเด่นของเทคโนโลยีถุงเพาะชำที่ทำการพัฒนาเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีอื่นๆ ที่มีในปัจจุบัน

จุดเด่น	ถุงเพาะชำจากโครงการวิจัยนี้	ถุงเพาะชำพลาสติก
การย่อยสลายได้	✓	×
เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม	✓	×
การแปรรูปทำได้ง่าย	✓	✓
สนับสนุน BCG	✓	×
ลด pm 2.5	✓	×
การใช้งานง่าย	✓	✓
ได้รางวัลถุงเพาะชำที่เป็นมิตรสิ่งแวดล้อม	✓	×

ฉัฐวณิชย์ (2564) โครงงานนี้เป็นการศึกษาสูตรยางและสมบัติของถุงเพาะชำย่อยสลายได้จากกระดาษเคลือบน้ำยางผสมแป้ง และเปรียบเทียบการเติมสารคงรูปและไม่เติมสารคงรูปต่อสมบัติของถุงเพาะชำ จากผลการทดลองพบว่าสูตรยางของถุงที่เหมาะสมในการทำถุงเพาะชำย่อยสลายได้ คือ สูตรที่ผสมแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเหนียวที่ปริมาณแป้ง 60 phr ที่เติมสารคงรูป โดยมีค่าความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) มากที่สุด คือ 5.72 MPa การย่อยสลายเท่ากับ 42.08% ในระยะเวลา 30 วัน และการทดสอบการใช้งานจริงสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ พืชมีการเจริญเติบโตแสดงว่าเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

สมมติฐาน: ถุงเพาะชำจากกระดาษข้าวฟ่างเคลือบยางพารามีความคงทนและประสิทธิภาพในการใช้งานเพาะชำเทียบเท่าหรือดีกว่าถุงพลาสติกทั่วไป

ทดสอบโดย: การทดสอบความคงทนและประสิทธิภาพในการใช้งานเพาะชำ เช่น การทดสอบการย่อยสลาย ความแข็งแรง และความทนทานต่อความชื้น

เอกสารอ้างอิง

ฉัฐวณิชย์ ภัสสุวัฒม์. (2564). ถุงเพาะชำจากกระดาษเคลือบด้วยยางธรรมชาติผสมแป้ง." โครงงานเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์. มหาวิทยาลัยแม่โจ้

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร. (2564). ถุงดำถุงเพาะชำคู่ฟาร์ม. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://blog.arda.or.th/ถุงดำ-ถุงเพาะชำคู่ฟาร์ม

Al-Mefarrej, H., Abdel-Aal, M., Nasser, R. 2013. Chemical evaluation of some lignocellulosic residues for pulp and paper production. American-Eurasian J Agric Environ Sci, 13, 498-504.

Belayachi, L., Delmas, M. 1997. Sweet sorghum bagasse: A raw material for the production of chemical paper pulp.: Effect of depithing. Industrial Crops and Products, 6(3), 229-232.

Cardoso, W.S., Tardin, F.D., Tavares, G.P., Queiroz, P.V., Mota, S.S., Kasuya, M.C.M., Queiroz, J.H.d. 2013. Use of sorghum straw (Sorghum bicolor) for second generation ethanol production: pretreatment and enzymatic hydrolysis. Química Nova, 36, 623-627.

Christman, Z. 2019. Introduction to Sorghum Paper Production.

Farahin Syed, N.N., Zakaria, M.H., Bujang, J.S. 2016. Fiber characteristics and papermaking of seagrass using Hand-beaten and blended pulp. BioResources, 11(2).

Fatriasari, W., Iswanto, A.H. 2015. The Kraft Pulp And Paper Properties of Sweet Sorghum Bagasse (Sorghum bicolor L Moench). Journal of Engineering & Technological Sciences, 47(2).

Gençer, A., Hatıl, C. 2022. Differences in Chemical and Morphological Properties of Sorghum Stalk by Stem Height and Compatibility of These Parts to Paper Pulp by Chemical Method, pp. 1-12.

Gençer, A., Şahin, M. 2015. Identifying the conditions required for the NaOH method for producing pulp and paper from sorghum grown in Turkey. BioResources, 10(2), 2850-2858.

Saeed, H.A., Liu, Y., Lucia, L.A., Chen, H. 2017. Evaluation of Sudanese sorghum and bagasse as a pulp and paper feedstock. BioResources, 12(3), 5212-5222.

Said, A.E.A.A., Aly, A.A.M., Mostafa, A.H., Ahmed, H.S., Goda, M.N. 2023. An approach for application of ozone bleaching and nano-filler loading on quality of papermaking from sorghum bagasse as a promise alternative non-wood fiber. Environmental Progress and Sustainable Energy, 42(5).

Said, A.E.A.A., Aly, A.A.M., Mustafa, A.H., Ahmed, H.S. 2022. An investigation comprising the effect of soda and bleaching sequences on suitability of sorghum bagasse as an alternative fiber in papermaking. Environmental Progress and Sustainable Energy, 41(6).

Ververis, C., Georghiou, K., Christodoulakis, N., Santas, P., Santas, R. 2004. Fiber dimensions, lignin and cellulose content of various plant materials and their suitability for paper production. Industrial crops and products, 19(3), 245-254.

Wang, Q., Chen, K., Li, J., Yang, G., Liu, S., Xu, J. 2011. The solubility of lignin from bagasse in a 1, 4-butanediol/water system. BioResources, 6(3), 3034-3043.

Wistara, N.J., Fatriasari, W. 2023. Pulping and papermaking of sorghum bagasse. in: Pulping and Papermaking of Nonwood Plant Fibers, pp. 213-231.

Yucel, C., Bilgin, F.D., İnal, İ., Hatipoğl, R. 2023. Bagasse Yield and Quality Traits of Silage Made From Juice-Extracted Sweet Sorghum (Sorghum bicolor var. saccharatum (L.) Mohlenbr.) Stalks. Emirates Journal of Food and Agriculture, 35(4), 379-387.

6. ระเบียบวิธีวิจัยและวิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินงานของชุดโครงการวิจัย ประกอบด้วยขั้นตอนหลักๆ ดังต่อไปนี้

1. ประชุมผู้ร่วมวิจัยเพื่อวางแผนการดำเนินงานของโครงการย่อยต่าง ๆ เพื่อให้สอดคล้องกับแผนของโครงการชุด และแผนการดำเนินงานของแผนโครงการบูรณาการ
2. โครงการย่อยดำเนินงานตามขั้นตอนและแผนการดำเนินงานของโครงการและชุด
3. ประชุมติดตามการดำเนินงานของโครงการย่อยต่าง ๆ ในช่วงความก้าวหน้าที่ 1 (5 เดือน)
4. ประชุมติดตามการดำเนินงานของโครงการย่อยต่าง ๆ ในช่วงความก้าวหน้าที่ 2 (9 เดือน)
5. รวบรวมข้อมูลเพื่อจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์

ทั้งนี้ การดำเนินงานในแต่ละโครงการวิจัยย่อย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

6.1 โครงการย่อยที่ 1 คัดเลือกพันธุ์ข้าวฟ่างและช่วงเวลาที่เหมาะสมในการผลิตคาร์บอนเครดิตในพื้นที่เชียงใหม่

1. การวิเคราะห์ความงอก และความแข็งแรงของเมล็ดข้าวฟ่างหวาน
   - ทำการตรวจสอบความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่าง
2. การศึกษาศักยภาพการนำไปใช้ประโยชน์ของข้าวฟ่าง โดยการปลูกข้าวฟ่าง 2 ระบบ คือ การให้น้ำแบบหยด และการให้น้ำด้วยวิธีปกติ
   - ข้าวฟ่างอายุ 90 วันหลังปลูก จะตัดลำต้นเพื่อนำไปทดสอบ ethanal ณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (ส่งต่อให้โครงการที่ 3)
   - ทำการเก็บเกี่ยวข้าวฟ่างเมื่ออายุประมาณ 120 -130 วัน เพื่อทำการเก็บเมล็ดพันธุ์ และนำไปทดสอบ ethanal ณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน และชีวมวล ณ คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

3. การศึกษาสรีรวิทยาและการเจริญเติบโตของข้าวฟ่าง
    - ทำการปลูกข้าวฟ่างด้วยระบบการให้น้ำ 2 ระบบ คือ การให้น้ำแบบหยด และให้น้ำแบบปกติ โดยมีการใส่ปุ๋ยและปฏิบัติดูแลต้นข้าวฟ่าง จนกระทั่งข้าวฟ่างอายุ 90 และ 120 วันหลังปลูก จะทำการตัดต้นเพื่อนำไปทดสอบศักยภาพการใช้ประโยชน์ต่างๆ
4. การประเมินองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตลำต้นสดของข้าวฟ่าง และการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมในเขตภาคเหนือของประเทศไทย
5. การคำนวณปริมาณการปลดปล่อยและกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงระยะเวลาของการปลูกข้าวฟ่าง
6. ประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำของข้าวฟ่างทั้งสองระบบ คือระบบน้ำหยดและการให้น้ำแบบปกติ

6.2 โครงการย่อยที่ 2 การคัดเลือกสายพันธุ์และการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตต้นพันธุ์ข้าวฟ่างหวานด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

1 การศึกษาเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตต้นพันธุ์ข้าวฟ่างด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

การศึกษาเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตต้นพันธุ์ข้าวฟ่างด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยจะทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการโดยการนำส่วนยอดหรือเมล็ดที่ปลอดเชื้อของข้าวฟ่างมา วางเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์สูตร MS โดยจะทำการศึกษาประสิทธิภาพของสารควบคุมการเจริญเติบโต กลุ่มไซโตไคนิน 3 ชนิด (BA Kinetin และ TDZ) 4 ระดับความเข้มข้น (1, 2, 3 และ 4 มิลลิกรัมต่อ ลิตร) ต่อความสามารถในการเกิดยอดรวม และศึกษาประสิทธิภาพของสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่ม ออกซิน 2 ชนิด (IBA และ IAA) 4 ระดับความเข้มข้น (1, 2, 3 และ 4 มิลลิกรัมต่อลิตร) ต่อความสามารถ 5 ในการชักนำราก เมื่อขยายพันธุ์ได้ต้นกล้าข้าวฟ่างตามวัตถุประสงค์จะย้ายต้นกล้าข้าวฟ่างลงปลูก ภายนอกหลอดทดลองเพื่อศึกษาอัตราการรอดชีวิต และอัตราการเจริญเติบโต

2 เพื่อตรวจสอบปริมาณรังสีแกมมาต่อการคัดเลือกพันธุ์ข้าวฟ่างหวาน

2.1 ตรวจสอบปริมาณรังสีแกมมาต่ออัตราการรอดชีวิตของเมล็ดข้าวฟ่าง การฉายรังสีแกมมาปริมาณ 0, 150, 300, 450 และ 600 เกรย์

2.2) เพื่อศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของข้าวฟ่างหวานที่ถูกชักนำโดยรังสีแกมมา

2.3) เพื่อตรวจสอบความหลากหลายทางพันธุกรรมในข้าวฟ่างหวานที่เกิดจากการฉายรังสีแกมมา

3 การทดสอบผลของไซโตไคนินต่อการเพิ่มปริมาณยอด ในระบบ TIB

วางแผนการทดลองแบบ CRD เปรียบเทียบชนิดและความเข้มข้นไซโตไคนินที่ใช้ในการเพิ่มปริมาณต้น ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 ไม่เติมไซโตไคนิน

กรรมวิธีที่ 2 BAP 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 3 BAP 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 4 BAP 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 5 TDZ 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 6 TDZ 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 7 TDZ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

นำชิ้นส่วนต้นข้าวฟ่าง มาตัดแต่งให้ได้ชิ้นส่วนยอดความยาวประมาณ 1-1.5 เซนติเมตร แล้วเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติมไซโตไคนินตามแผนการทดลอง บันทึกผลหลังเพาะเลี้ยง 4 สัปดาห์

4 ทดสอบผลของความถี่และระยะเวลาให้อาหารเหลวต่อการเพิ่มปริมาณยอดในระบบ TIB

วางแผนการทดลองแบบ CRD เปรียบเทียบความถี่และระยะเวลาการให้อาหารเหลวในระบบ TIB ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 อาหารกึ่งแข็ง

กรรมวิธีที่ 2 ระบบ TIB ให้อาหารเหลวทุก 2 ชั่วโมง ครั้งละ 5 นาที

กรรมวิธีที่ 3 ระบบ TIB ให้อาหารเหลวทุก 2 ชั่วโมง ครั้งละ 15 นาที

กรรมวิธีที่ 4 ระบบ TIB ให้อาหารเหลวทุก 6 ชั่วโมง ครั้งละ 5 นาที

กรรมวิธีที่ 5 ระบบ TIB ให้อาหารเหลวทุก 6 ชั่วโมง ครั้งละ 15 นาที

กรรมวิธีที่ 6 ระบบ TIB ให้อาหารเหลวทุก 12 ชั่วโมง ครั้งละ 5 นาที

กรรมวิธีที่ 7 ระบบ TIB ให้อาหารเหลวทุก 12 ชั่วโมง ครั้งละ 15 นาที

นำชิ้นส่วนต้นข้าวฟ่างมาตัดแต่งให้ได้ชิ้นส่วนยอดความยาวประมาณ 1-1.5 เซนติเมตร แล้วเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งหรือในอาหารเหลวตามแผนการทดลอง ใช้อาหารสูตร MS ที่เติมไซโตไคนินที่ให้ผลดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 บันทึกผลหลังเพาะเลี้ยง 4 สัปดาห์

5 การทดสอบผลของออกซินต่อการชักนำให้ต้นออกรากในระบบ TIB

วางแผนการทดลองแบบ CRD เปรียบเทียบกรรมวิธีต่าง ๆ ในการชักนำให้ออกราก ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 อาหารกึ่งแข็ง ไม่เติมออกซิน

กรรมวิธีที่ 2 อาหารกึ่งแข็ง เติม IAA 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 3 อาหารกึ่งแข็ง เติม IBA 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 4 อาหารกึ่งแข็ง เติม NAA 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 5 ระบบ TIB ไม่เติมออกซิน

กรรมวิธีที่ 6 ระบบ TIB เติม IAA 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 7 ระบบ TIB เติม IBA 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 8 ระบบ TIB เติม NAA 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

นำชิ้นส่วนต้นข้าวฟ่างมาตัดแต่งให้ได้ชิ้นส่วนยอดความยาวประมาณ 1-1.5 เซนติเมตร แล้วเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งหรืออาหารเหลวในระบบ TIB และใช้อาหารสูตร MS ที่เติมออกซินตามแผนการทดลอง บันทึกผลหลังเพาะเลี้ยง 4 สัปดาห์ ต่อจากนั้นจะนำต้นที่ออกรากไปทดสอบการอนุบาลในวัสดุปลูกหรือระบบโฮโดร

โปนิกส์เพื่อตรวจสอบการรอดชีวิตต่อไป

6 การทดสอบสรีรวิทยาและการเจริญเติบโตของข้าวฟ่างจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

ทำการปลูกต้นกล้าข้าวฟ่างที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อทดสอบ วัสดุและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการอนุบาลต้นกล้าที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เพื่อทดสอบพันธุ์ข้าวฟ่างหวานร่วมกับพันธุ์ข้าวฟ่างมาตรฐานของไทย และทำการศึกษาสรีรวิทยา สัณฐานวิทยาและการเจริญเติบโตในระยะต่างๆ

ทำการปลูกต้นกล้าข้าวฟ่างเพื่อศึกษา เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้หน่วยงานที่ร่วมโครงการ มีส่วนร่วมในการลดก๊าซเรือนกระจกในประเทศโดยความสมัครใจ และสามารถนำปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น (คาร์บอนเครดิต) ไปใช้ในการรายงานผลการดำเนินงาน แลกเปลี่ยน หรือซื้อขายภายในประเทศ เป็นต้น

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) รวบรวมและเรียบเรียงโดยแผนกนโยบายและแผน สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

ภาพโครงการ T-VER ภายใต้การพัฒนาโดย อบก.

6.3 โครงการย่อยที่ 3 การพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวฟ่างหวานและปริมาณคาร์บอนเครดิตของผลิตภัณฑ์

6.3.1 สถานที่จัดเก็บข้าวฟ่างหวาน : แปลงปลูกวิจัยของโครงการวิจัยย่อยที่ 1 เรื่องคัดเลือกพันธุ์ข้าวฟ่างและช่วงเวลาที่เหมาะสมในการผลิตคาร์บอนเครดิตในพื้นที่เชียงใหม่ และโครงการวิจัยย่อยที่ 2 เรื่อง การคัดเลือกสายพันธุ์และการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตต้นพันธุ์ข้าวฟ่างหวาน ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ประจำปีงบประมาณ 2569

6.3.2 การคัดเลือกแบคทีเรียผู้ผลิตกรดแอซิติกสำหรับการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก

6.3.2.1 การคัดแยก Acetic acid bacteria จากแหล่งจุลินทรีย์ธรรมชาติ

คัดเลือกผลไม้ที่ปราศจากยากันรา ยากันโรคต่าง ๆ ยาฆ่าแมลง หรือสารเคมีอื่นใดที่ทำให้จุลินทรีย์ในธรรมชาติถูกกำจัดได้ จากนั้นนำผิวของเปลือกผลไม้ธรรมชาตินี้ จำนวน 10 กรัม ทำการตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้น ทำการเติมน้ำ

กลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันและนำไปทำการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 วัน ที่อัตราการเขย่า 200 rpm ทั้งนี้ การคัดแยกจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการเจริญที่อุณหภูมิ 40, 45, และ 50 องศาเซลเซียส ก็ทำการปฏิบัติเช่นเดียวกัน จากนั้น 0.1 มิลลิลิตร ของตัวอย่างที่อัตราการเจือจางต่างๆ นำมาทำการเลี้ยงบนอาหารแข็ง GYC (Glucose Yeast Carbonate) ภายใต้สภาวะ aerobic condition ณ อุณหภูมิที่ทำการคัดเลือกของตัวอย่างนั้นๆ เป็นระยะเวลา 1-5 วัน โดยอาหารเลี้ยงเชื้อ GYC ประกอบด้วย 0.5% glucose, 2% glycerol, 1% yeast extracts, 1% peptone, 1.5% potato extract, 1% $CaCO_3$, 4% ethanol, 1.5% agar และ 0.0016% bromocresol green (Duthathai et al., 2007). โคโลนีของจุลินทรีย์ที่มี clear zone สีเหลืองรอบๆ โคโลนีจะถูกคัดเลือกเพื่อมาทำการเพาะเลี้ยงในอาหาร 2 ชนิด (N'guessan et al., 2023) ได้แก่ (1) เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็ง Hestrin-Schramm - $CaCO_3$ Agar medium และ (2) อาหารเหลว HS broth. ทั้งนี้ อาหารแข็ง Hestrin-Schramm - $CaCO_3$ Agar medium ประกอบด้วย 0.05% glucose, 0.3% peptone, 0.5% Yeast extract, 1.5% $CaCO_3$, 1.2% agar และ 4 % ethanol. โคโลนีของจุลินทรีย์ที่เจริญได้ ณ สภาวะอุณหภูมิที่คัดเลือกเป็นเวลา 3-5 วัน และปรากฏ clear zone รอบ ๆ โคโลนี จะยืนยันได้ว่าโคโลนีของจุลินทรีย์นั้นสามารถผลิตกรดได้ (อาจรวมถึงความสามารถในการผลิตกรดแลคติดและกรดแอซีติก) ทั้งนี้ การเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว HS broth ที่ประกอบด้วย bromocresol purple, 0.05% glucose และ 1% acetic acid หรือ 1% lactic acid นี้ จะเป็นการคัดแยกแบคทีเรียผลิตกรดแอซีติกที่มีปฏิกิริยาของ Overoxidation ที่สามารถเปลี่ยนอะซิเตดไปเป็น CO_2 และ H_2O ซึ่งจะทำให้สีของอาหารเพาะเลี้ยงเป็นสีม่วง โดยที่แบคทีเรียที่ผ่านการเลี้ยงในอาหารนี้ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ณ อุณหภูมิคัดเลือกของกลุ่มแบคทีเรียนั้นๆ และได้สีของอาหารเหลว HS เป็นสีม่วง จะถูกคัดทิ้ง โดยจะคัดแยกเก็บเฉพาะแบคทีเรียที่ไม่ปรากฏปฏิกิริยา Overoxidation (อาหารเหลว HS ให้ผลสีของอาหารเป็นสีเหลือง)

6.3.2.2 การทดสอบ Biochemical test เบื้องต้น ของโคโลนีที่สามารถผลิตกรดได้

ผลของการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียผลิตกรดแอซีติกที่ให้ค่าอัตราส่วนของ Halo ratio สูงที่สุด เมื่อเลี้ยงบนอาหารแข็ง Hestrin-Schramm - $CaCO_3$ Agar medium และไม่ปรากฏการมีปฏิกิริยาของ Overoxidation (สีอาหารเป็นสีเหลือง เมื่อเติม acetic acid และ lactic) จะถูกนำมาทดสอบ Biochemical tests และถูกนำไปทดสอบความสามารถในการผลิตกรดแอซีติก

ในการคัดเลือกคุณสมบัติของสายพันธุ์แบคทีเรียที่คัดแยกได้ ณ ลำดับถัดไป สำหรับการทดสอบ Biochemical tests นั้น จะทดสอบ Gram staining, catalase test และ oxidase test เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นของสายพันธุ์แบคทีเรียผลิตกรดแอซีติกที่คัดแยกได้ ทั้งนี้ แบคทีเรียผลิตกรดแอซีติกที่คัดแยกได้ทั้งหมดนี้ จะทำการเก็บรักษาไว้ใน 20%(v/v) glycerol

6.3.2.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการผลิตกรดแอซีติกที่อุณหภูมิสูงของจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้

การทดสอบความสามารถในการผลิตกรดแอซีติก ณ อุณหภูมิสูง และ ณ อุณหภูมิคัดแยก โดยจะทำการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว Hestrin-Schramm broth (150 ml) ที่มีการเติมเอทานอล 2.5%(v/v) และ 4%(v/v) โดยไม่มีการเติมกลูโคส และ $CaCO_3$ โดยที่ส่วนประกอบอื่น ๆ ของอาหารเพาะเลี้ยงได้แก่ 0.5% yeast extract, 0.5% peptone, 0.27% Na_2HPO_4 และ 0.01% $MgSO_4$ และปรับค่า pH ที่ 6 โดยใช้หัวเชื้อแบคทีเรียที่มีอายุการเจริญ 24 ชั่วโมง หรือมีค่า (OD600 = 0.5). ปริมาตร 1 ml จากนั้นทำการเลี้ยงแบคทีเรีย ณ อุณหภูมิเท่ากับหรือสูงกว่าอุณหภูมิที่คัดแยกได้ จนถึง 50 องศาเซลเซียส ที่อัตราการเขย่า 200 rpm เป็นเวลา 10 วัน โดยในทุกๆ 24 ชั่วโมง ตัวอย่างจะทำการเก็บตัวอย่างเพื่อวัดค่า total acidity โดยการไตเตรดด้วย 0.1 N NaOH และใช้ phenolphthalein เป็น indicator

6.3.2.4 การวิเคราะห์ความทนทานต่อเอทานอลและกรดแอซีติกของจุลินทรีย์คัดแยกได้

ในการทดสอบการเจริญของแบคทีเรียในอาหารเหลว Hestrin-Schramm broth (150 ml) ที่ทนต่อความเข้มข้นของเอทานอลและกรดแอซีติกที่ความเข้มข้นสูงได้ดีนั้น จะทำการทดลองแบงเป็น 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 อาหารเหลว Hestrin-Schramm broth จะทำการเติมกรดแอซีติกที่ความเข้มข้นระหว่าง 1-10%(v/v) โดยมีเอทานอล 2.5%(v/v) ความเข้มข้นกรดแอซีติกสูงสุดที่คัดเลือกได้ จะนำมาใช้เป็นค่าปริมาณกรดที่จะเติมในการทดลองชุดที่ 2 ที่มีการเติมเอทานอลความเข้มข้นระหว่าง 2.5%(v/v) ถึง 10%(v/v) ทั้งนี้ ทั้ง 2 ชุด การทดลอง จะทำการเลี้ยงที่ 200 rpm เป็นระยะเวลา 1- 5 วัน หรือจนกระทั่งการเจริญคงที่ ณ อุณหภูมิสูงสุดที่แบคทีเรียผลิตกรดเจริญได้และให้ประสิทธิภาพการผลิตกรดที่สูงที่สุด (จากข้อ 3) ในการวัดค่าการเจริญนั้น จะวัดที่ค่าการดูดกลืนแสงที่ OD600 (N'guessan et al., 2023) ทั้งนี้ แบคทีเรียผลิตกรดแอซีติกที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิและสามารถทนต่อความเข้มข้นเอทานอลและกรดแอซีติกที่สูงได้ โดยที่ยังคงให้ประสิทธิภาพในการผลิตกรดแอซีติกได้สูง จะถูกนำมาวิเคราะห์ชนิดของสายพันธุ์แบคทีเรียผลิตกรด

6.3.2.5 การวิเคราะสายพันธุ์แบคทีเรียด้วยเทคนิค DNA sequencing

ในการระบุสายพันธุ์แบคทีเรียผลิตกรดแอซีติกจะระบุด้วยเทคนิคด้วย DNA sequencing โดยใช้ 16s rRNA universal primer จากนั้นนำลำดับสาย DNA sequencing ที่ sequencing ได้ มาทำการ BLAST ที่ http://www.blast.ncbi.nlm.nih.gov

6.3.3 การผลิตเอทานอลในระดับห้องปฏิบัติการ

ในการหมักเอทานอลจะทำการหมักเอทานอลโดยการเปลี่ยนน้ำตาลที่ได้จากการปรับสภาพในข้อ 6.2 และน้ำตาลที่ได้โดยตรงจากข้าวฟ่างหวานด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* โดยใช้ความเข้มข้นน้ำตาลเริ่มต้น 200 กรัมต่อลิตร โดยทำการหมักที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส จนกระทั่งกระบวนการหมักเอทานอลเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ (ความเข้มข้นเอทานอลคงที่โดยมีค่าความเข้มข้นเอทานอลในช่วง 10 - 12% (v/v)) ในระหว่างการหมักทำการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นเอทานอลที่เกิดขึ้น การลดลงของความเข้มข้นน้ำตาลและการเจริญของยีสต์ พร้อมประเมินประสิทธิภาพการผลิตเอทานอล และจลนพลศาสตร์ของการหมักเอทานอล จากนั้น ค่าประสิทธิภาพการหมักเอทานอลที่ได้จะนำมาเปรียบเทียบเพื่อประเมินประสิทธิภาพการกลั่นเอทานอลจากข้อมูลงานวิจัยต่าง ๆที่ผ่านมา เพื่อนำมาประเมินความเป็นไปได้ในการผลิตเอทานอลจากข้าวฟ่างหวานแบบครบระบบกระบวนการผลิต

6.3.4 การผลิตน้ำส้มสายชูหมักเทียบกับแบคทีเรียผู้ผลิตกรดแอซีติกมาตรฐาน

แบคทีเรียที่คัดเลือกได้ และแบคทีเรีย AAB ทางการค้า นำมาทำการหมักกรดแอซีติก ณ สภาวะที่คัดเลือกได้สำหรับแบคทีเรียที่คัดเลือก และหมักในสภาวะปกติ สำหรับแบคทีเรีย ABB ทางการค้า น้ำส้มสายชูหมักที่ได้นำมาวิเคราะห์ปริมาณและชนิดของสารองค์ประกอบในน้ำส้มสายชู

6.3.5 การประเมินการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอนเครดิตในการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก

ผลการวิจัยจากข้างต้น จะนำมาวิเคราะห์การปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอนเครดิตในการผลิตเอทานอล โดยคำนวนจากสภาวะที่ให้ประสิทธิภาพการผลิตเอทานอลที่ดีสุด

6.4 โครงการย่อยที่ 4 ถุงเพาะชำรักษ์โลกจากกระดาษข้าวฟ่างเคลือบยางพารา

6.1 ศึกษาการทำเยื่อกระดาษและกระดาษจากต้นข้าวฟ่าง

การเก็บรวบรวมเส้นใยข้าวฟ่าง: เก็บรวบรวมเส้นใยข้าวฟ่างจากพื้นที่การเกษตรและทำความสะอาดเพื่อลดสิ่งปนเปื้อน

การทำเยื่อกระดาษ (Pulping): เส้นใยข้าวฟ่างจะถูกทำให้ละเอียดผ่านกระบวนการทางกลหรือทางเคมี เพื่อให้ได้เยื่อกระดาษที่สามารถนำไปใช้ในการผลิตถุงเพาะชำได้

กระบวนการทางกล: การบดเส้นใยด้วยเครื่องบดเพื่อให้เส้นใยแยกออกจากกัน

กระบวนการทางเคมี: การใช้สารเคมีในการละลายลิกนินและแยกเส้นใยเพื่อให้ได้เยื่อที่มีความบริสุทธิ์สูง

การทำแผ่นกระดาษ (Sheet Formation): นำเยื่อกระดาษที่ได้มาทำเป็นแผ่นกระดาษด้วยกระบวนการขึ้นรูปบนตะแกรงและอบแห้งเพื่อให้ได้แผ่นกระดาษข้าวฟ่างที่พร้อมสำหรับการเคลือบยางพารา

6.2 ศึกษาสูตรยางธรรมชาติที่เหมาะสมเป็นสารเคลือบบนกระดาษ

6.2.1 การเคลือบยางพาราบนกระดาษข้าวฟ่าง:

การเตรียมยางพารา: สกัดยางพาราจากน้ำยางพาราและเตรียมสารละลายยางพาราที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบ

การเคลือบ: ใช้เทคนิคการเคลือบเช่น การเคลือบด้วยการพ่นหรือการทาด้วยแปรงบนกระดาษข้าวฟ่าง เพื่อให้ยางพาราซึมเข้าสู่เส้นใยกระดาษและเพิ่มความคงทน

การอบแห้งและการเคลือบซ้ำ: อบแห้งกระดาษที่เคลือบแล้วและทำการเคลือบซ้ำหากจำเป็นเพื่อให้ได้ชั้นเคลือบที่สมบูรณ์และคงทน

6.2.2 การขึ้นรูปเป็นถุงเพาะชำ:

การตัดและขึ้นรูป: ตัดกระดาษข้าวฟ่างเคลือบยางพาราให้เป็นขนาดและรูปทรงที่ต้องการสำหรับการทำถุงเพาะชำ

การติดกาว: ใช้การติดกาวในการประกอบแผ่นกระดาษเข้าด้วยกันเพื่อสร้างถุงเพาะชำที่มีความแข็งแรงและสามารถใช้งานได้

6.3 การทดสอบคุณสมบัติของถุงเพาะชำ

6.3.1 ทดสอบความคงทนทางกายภาพ:

ความแข็งแรงในการรับน้ำหนัก: ทดสอบความสามารถในการรับน้ำหนักของถุงเพาะชำโดยการใส่ดินและต้นกล้าและดูว่าเกิดการฉีกขาดหรือไม่ มีการทดสอบต่าง ๆ เช่น ทดสอบสัณฐานวิทยา ทดสอบความต้านทานแรงดึงและระยะยืดเมื่อขาด ทดสอบการเร่งการเสื่อมอายุ ทดสอบการบวมพอง ทดสอบการดูดซับน้ำ

การทนต่อความชื้น: ทดสอบความสามารถของถุงในการทนต่อความชื้นและการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เช่น การทดสอบการแช่น้ำและการอบแห้งซ้ำ ๆ

6.3.2 ทดสอบการย่อยสลายในสภาพแวดล้อมธรรมชาติ:

การทดสอบการย่อยสลาย: ฝังถุงเพาะชำในดินและทดสอบการย่อยสลายโดยการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและการลดลงของมวลถุงในช่วงเวลาที่กำหนด

การวิเคราะห์การย่อยสลาย: วิเคราะห์การย่อยสลายของถุงในดินโดยใช้เทคนิคทางวิทยาศาสตร์ เช่น การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยาในดิน

6.3.3 การวิเคราะห์ Carbon Credit:

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก: คำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตและการใช้ถุงเพาะชำจากกระดาษข้าวฟ่างเคลือบยางพารา เปรียบเทียบกับถุงพลาสติก

การประเมินการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก: ประเมินการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ถุงเพาะชำที่ย่อยสลายได้และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

7. ส่วนที่ 3 แผนการดำเนินงานชุดโครงการวิจัย :

ปีงบประมาณ	กิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ร้อยละของกิจกรรมในปีงบประมาณ
ปีที่ 1 (2569)	ประชุมผู้ร่วมวิจัยเพื่อวางแผนการดำเนินงานของโครงการย่อยต่าง ๆ เพื่อให้สอดคล้องกับแผนของโครงการชุด และแผนการดำเนินงานของแผนโครงการบูรณาการ (ชุดโครงการ)	✓												5
	โครงการย่อยดำเนินงานตามขั้นตอนและแผนการดำเนินงานของโครงการและชุด (ชุดโครงการ)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	75
	ประชุมติดตามการดำเนินงานของโครงการย่อยต่าง ๆ ในช่วงความก้าวหน้าที่ 1 (5 เดือน) (ชุดโครงการ)					✓								5
	ประชุมติดตามการดำเนินงานของโครงการย่อยต่าง ๆ ในช่วงความก้าวหน้าที่ 2 (9 เดือน) (ชุดโครงการ)									✓				5
	รวบรวมข้อมูลเพื่อจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์ (ชุดโครงการ)											✓	✓	10

7.1 แผนการดำเนินงานในโครงการย่อยที่ 1 : คัดเลือกพันธุ์ข้าวฟ่างและช่วงเวลาที่เหมาะสมในการผลิตคาร์บอนเครดิต ในพื้นที่เชียงใหม่

ปีงบประมาณ	กิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ร้อยละของกิจกรรมในปีงบประมาณ
ปีที่ 1 (2569)	รวบรวมสายพันธุ์/พันธุ์ข้าวฟ่าง	✓												5
	การวิเคราะห์ความงอก และความแข็งแรงของเมล็ดข้าวฟ่าง	✓												5
	การปลูกและคัดเลือกสายพันธุ์/พันธุ์ข้าวฟ่าง		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					40
	การศึกษาช่วงระยะเวลาปลูกข้าวฟ่าง		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				10
	การประเมินการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของข้างฟ่าง			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				10
	การคำนวณปริมาณคาร์บอนเครดิต			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				10
	รวบรวมพร้อมวิเคราะห์ข้อมูล										✓	✓	✓	20

7.2 แผนการดำเนินงานในโครงการย่อยที่ 2 : การคัดเลือกสายพันธุ์และการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตต้นพันธุ์ข้าวฟ่างหวาน ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

ปีงบประมาณ	กิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ร้อยละของกิจกรรมในปีงบประมาณ
ปีที่ 1 (2569)	ทดสอบผลของไซโตไคนินต่อการเพิ่มปริมาณยอด ในระบบ TIB	✓	✓	✓	✓	✓								25
	ทดสอบผลของความถี่และระยะเวลาให้อาหารเหลวต่อการเพิ่มปริมาณยอดในระบบ TIB					✓	✓	✓	✓					15
	การทดสอบผลของออกซินต่อการชักนำให้ต้นออกรากในระบบ TIB						✓	✓	✓	✓	✓			25
	การทดสอบสรีรวิทยาและการเจริญเติบโตของข้าวฟ่างจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ							✓	✓	✓	✓			15
	การคำนวณปริมาณคาร์บอนเครดิต								✓	✓	✓			10
	รวบรวมพร้อมวิเคราะห์ข้อมูล จัดทำรายงาน											✓	✓	10

7.3 แผนการดำเนินงานในโครงการย่อยที่ 3: การพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวฟ่างหวานและปริมาณคาร์บอนเครดิตของผลิตภัณฑ์

ปีงบประมาณ	กิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ร้อยละของกิจกรรมในปีงบประมาณ
ปีที่ 1 (2569)	การคัดเลือกแบคทีเรียผู้ผลิตกรดแอซิติกสำหรับการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						60
	การผลิตเอทานอลในระดับห้องปฏิบัติการ								✓	✓				10
	การผลิตน้ำส้มสายชูหมักเทียบกับแบคทีเรียผู้ผลิตกรดแอซีติกมาตรฐาน								✓	✓				10
	การประเมินการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอนเครดิต (ข้อ										✓	✓		10
	จัดทำรายงานการวิจัย												✓	10
รวมทั้งหมด														**100**

7.4 แผนการดำเนินงานในโครงการย่อยที่ 4: ถุงเพาะชำรักษ์โลกจากกระดาษข้าวฟ่างเคลือบยางพารา

ปีงบประมาณ	กิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ร้อยละของกิจกรรมในปีงบประมาณ
ปีที่ 1 (2569)	การศึกษาการทำเยื่อกระดาษและกระดาษจากต้นข้าวฟ่าง	✓	✓	✓										20
	การศึกษาสูตรยางธรรมชาติที่เหมาะสมเป็นสารเคลือบบนกระดาษ				✓	✓	✓							30
	การทดสอบคุณสมบัติของถุงเพาะชำ							✓	✓	✓	✓	✓	✓	50

1. พื้นที่ทำวิจัย : สถานที่ทำวิจัยจำแนกตามโครงการวิจัยโดยใช้ฐานข้อมูลจากระบบ

ใน/ต่างประเทศ	ชื่อประเทศ/จังหวัด	ชื่อสถานที่
ในประเทศ	เชียงใหม่	ห้องปฏิบัติการหน่วยบริการวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ในประเทศ	เชียงใหม่	ห้องแลปปฏิบัติการวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ในประเทศ	เชียงใหม่	ห้องปฏิบัติติการเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ในประเทศ	เชียงใหม่	ห้องปฏิบัติการศูนย์กล้วยไม้และไม้ดอกไม้ประดับ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ในประเทศ	เชียงใหม่	ห้องปฏิบัติการสาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ในประเทศ	เชียงใหม่	พื้นที่ปลูกข้าวฟ่างหวานในแปลงทดลอง มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ในประเทศ	เชียงใหม่	อาคารปฏิบัติการสาขาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

2. พื้นที่ที่ได้รับประโยชน์จากการวิจัย

ในประเทศ/ต่างประเทศ	ชื่อประเทศ/จังหวัด	ชื่อสถานที่
ในประเทศ	ทุกจังหวัด	โรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำส้มสายชูหมัก กรดแอซิติก SME และวิสาหกิจชุมชน
ในประเทศ	เชียงใหม่	สถานที่ปลูกต้นข้าวฟ่างใน จ.เชียงใหม่ และจังหวัดอื่นๆ ในเขตภาคเหนือ
ในประเทศ	จังหวัดทั่วไป ที่ทำการปลูกข้าวฟ่าง ประเทศไทย	กลุ่มเกษตรกรการยางพร้าว กลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรยางพาราดอยสะเก็ด

3. แผนการใช้จ่ายงบประมาณของโครงการวิจัย

งบประมาณรวมที่ใช้ในการดำเนินงานของชุดโครงการ สรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

โครงการ	งบดำเนินงาน (บาท)						งบลงทุน	รวม (บาท)
	ค่าจ้าง *	ค่าใช้สอย	ค่าวัสดุ	สาธารณูปโภค	ค่าเดินทางต่างประเทศ	ค่าซ่อมแซมครุภัณฑ์	ครุภัณฑ์ (บาท)	
โครงการที่ 1	144,000.00	55,500.00	285,600.00	4,900.00	-	-	-	490,000.00
โครงการที่ 2	216,000.00	39,000.00	235,480.00	4,520.00	-	-	-	495,000.00
โครงการที่ 3	-	114,000.00	376,050.00	4,950.00	-	-	-	495,000.00
โครงการที่ 4	135,000.00	130,490.00	185,950.00	4,560.00	-	-	-	456,000.00
รวม	**495,000.00**	**338,990.00**	**1,083,080.00**	**18,930.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**1,936,000.00**

โดยรายละเอียดงบประมาณของแต่ละโครงการย่อยเป็นไปดังต่อไปนี้

โครงการย่อยที่ 1 คัดเลือกพันธุ์ข้าวฟ่างและช่วงเวลาที่เหมาะสมในการผลิตคาร์บอนเครดิต ในพื้นที่เชียงใหม่

งบประมาณ	หมวดงบประมาณ	รายละเอียดงบประมาณ	จำนวน	หน่วยนับ	คน/รายการ	ครั้ง/เดือน	ราคาต่อหน่วย	งบประมาณ (บาท)	งบประมาณรวม (บาท)
งบดำเนินงาน									**490,000**
	1 ค่าจ้าง								**144,000**
		ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยวุฒิปริญญาตรี (โครงการย่อยที่ 1)	8	เดือน	1	1	18,000	144,000	
	2 ค่าวัสดุ								**285,600**
	วัสดุเกษตร								**222,900**
		วัสดุเกษตร :ปุ๋ย 15-15-15 (โครงการย่อยที่ 1)	10	กระสอบ	1	1	1,500	15,000	
		วัสดุเกษตร :ปุ๋ย 46-0-0 (โครงการย่อยที่ 1)	10	กระสอบ	1	1	1,800	18,000	
		วัสดุเกษตร :ปุ๋ย 16-20-0 (โครงการย่อยที่ 1)	10	กระสอบ	1	1	1,000	10,000	
		วัสดุเกษตร :สารกำจัดเชื้อรา (โครงการย่อยที่ 1)	5	ขวด	1	1	1000	5,000	
		วัสดุเกษตร :สารกำจัดศัตรูพืช (โครงการย่อยที่ 1)	5	ขวด	1	1	1000	5,000	
		วัสดุเกษตร :สารกำจัดวัชพืช (โครงการย่อยที่ 1)	5	ขวด	1	1	750	3,750	
		วัสดุเกษตร :สายน้ำหยด (โครงการย่อยที่ 1)	5	ม้วน	1	1	1,500	7,500	
		วัสดุเกษตร :พลาสติกคลุมแปลง (โครงการย่อยที่ 1)	6	ม้วน	1	1	1,500	9,000	
		วัสดุเกษตร :ตาข่ายกันนก (โครงการย่อยที่ 1)	10	ม้วน	1	1	3,000	30,000	
		วัสดุเกษตร :วัสดุเพาะ (โครงการย่อยที่ 1)	20	กระสอบ	1	1	400	8,000	
		วัสดุเกษตร :ถาดเพาะ (โครงการย่อยที่ 1)	1	กล่อง	1	1	2,500	2,500	
		วัสดุเกษตร :สารชีวภัณฑ์ (โครงการย่อยที่ 1)	5	ขวด	1	1	300	1,500	
		วัสดุเกษตร :ถุงเก็บตัวอย่าง (โครงการย่อยที่ 1)	500	ใบ	1	1	50	25,000	
		วัสดุเกษตร :สารปรับสภาพดิน (โดโรไมต์) (บรรจุ1 ถุง25 กิโลกรัม) (โครงการย่อยที่ 1)	30	ถุง	1	1	100	3,000	
		วัสดุเกษตร :ปุ๋ยอินทรีย์ (โครงการย่อยที่ 1)	30	กระสอบ	1	1	450	13,500	
		วัสดุเกษตร :ป้ายแทค (โครงการย่อยที่ 1)	30	ถุง	1	1	100	3,000	

งบประมาณ	หมวดงบประมาณ	รายละเอียดงบประมาณ	จำนวน	หน่วยนับ	คน/รายการ	ครั้ง/เดือน	ราคาต่อหน่วย	งบประมาณ (บาท)	งบประมาณรวม (บาท)
		วัสดุเกษตร :ตลับเมตร (โครงการย่อยที่ 1)	5	ม้วน	1	1	900	4,500	
		วัสดุเกษตร :กระถางพลาสติกดำ ขนาด 12 นิ้ว (โครงการย่อยที่ 1)	300	ใบ	1	1	30	9,000	
		วัสดุเกษตร :ขุยมะพร้าว (โครงการย่อยที่ 1)	50	กระสอบ	1	1	120	6,000	
		วัสดุเกษตร :จอบ (โครงการย่อยที่ 1)	10	ด้าม	1	1	500	5,000	
		วัสดุเกษตร :กระถางพลาสติกดำ ขนาด 16 นิ้ว (โครงการย่อยที่ 1)	300	ใบ	1	1	35	10,500	
		วัสดุเกษตร :ไม้ไผ่ (โครงการย่อยที่ 1)	100	ลำ	1	1	30	3,000	
		วัสดุเกษตร :ไม้ยูคาลิปตัส (โครงการย่อยที่ 1)	50	ลำ	1	1	50	2,500	
		วัสดุเกษตร :เชือกไนล่อน (โครงการย่อยที่ 1)	10	ม้วน	1	1	200	2,000	
		วัสดุเกษตร :แกลบดำ (โครงการย่อยที่ 1)	50	กระสอบ	1	1	80	4,000	
		วัสดุเกษตร :ดินดำ (โครงการย่อยที่ 1)	4	ลำ	1	1	2,500	10,000	
		วัสดุเกษตร :ถุงกระดาษสีน้ำตาล เก็บตัวอย่างพืช (โครงการย่อยที่ 1)	24	ห่อ	1	1	100	2,400	
		วัสดุเกษตร :ท่อไมโคพีอี MT/Peขนาด 4/7 มม. (โครงการย่อยที่ 1)	10	เส้น	1	1	425	4250	
		วัสดุเกษตร :หัวมินิสปริงเกอร์ (โครงการย่อยที่ 1)	5	แพ็ค	1	1	700	3500	
		วัสดุเกษตร :ขำปักดิน สูง 40 (โครงการย่อยที่ 1)	2	กล่อง	1	1	1500	3000	
		วัสดุเกษตร :ปูนขาว 25 กก. (โครงการย่อยที่ 1)	20	กระสอบ	1	1	250	5000	
	วัสดุสำนักงาน :								**9,900**
		วัสดุสำนักงาน :กระดาษ A4 (โครงการย่อยที่ 1)	5	กล่อง	1	1	700	3,500	
		วัสดุสำนักงาน :ปากกาไวบอร์ด (โครงการย่อยที่ 1)	10	กล่อง	1	1	260	2,600	
		วัสดุสำนักงาน :แฟ้มใส (โครงการย่อยที่ 1)	10	แพค	1	1	80	800	
		วัสดุสำนักงาน :แฟ้มหนีบ (โครงการย่อยที่ 1)	20	อัน	1	1	80	1,600	
		วัสดุสำนักงาน :คลิปบอร์ด A4 (โครงการย่อยที่ 1)	10	อัน	1	1	40	400	
		วัสดุสำนักงาน :คัตเตอร์ 8 นิ้ว (โครงการย่อยที่ 1)	10	อัน	1	1	60	600	
		วัสดุสำนักงาน :คลีปบอร์ด (โครงการย่อยที่ 1)	10	อัน	1	1	40	400	

งบประมาณ	หมวดงบประมาณ	รายละเอียดงบประมาณ	จำนวน	หน่วยนับ	คน/รายการ	ครั้ง/เดือน	ราคาต่อหน่วย	งบประมาณ (บาท)	งบประมาณรวม (บาท)
	วัสดุคอมพิวเตอร์		0	0	0	0	0	0	**0**
	วัสดุวิทยาศาสตร์								**52,800**
		วัสดุวิทยาศาสตร์ : กระดาษเพาะเมล็ด (โครงการย่อยที่ 1)	5	ม้วน	1	1	600	3,000	
		วัสดุวิทยาศาสตร์ : ถุงมือ เบอร์ M (โครงการย่อยที่ 1)	10	กล่อง	1	1	120	1,200	
		วัสดุวิทยาศาสตร์ : ถุงมือ เบอร์ L (โครงการย่อยที่ 1)	10	กล่อง	1	1	120	1,200	
		วัสดุวิทยาศาสตร์ : Thumb (Dressing) Forceps 8" (โครงการย่อยที่ 1)	15	อัน	1	1	200	3,000	
		วัสดุวิทยาศาสตร์ : เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล (โครงการย่อยที่ 1)	6	อัน	1	1	2,000	12,000	
		วัสดุวิทยาศาสตร์ : เวอร์เนียร์ (โครงการย่อยที่ 1)	10	อัน	1	1	3,000	30,000	
		วัสดุวิทยาศาสตร์ : กระบอกฉีดน้ำ (โครงการย่อยที่ 1)	20	อัน	1	1	120	2,400	
	3 ค่าใช้สอย								**55,500**
		ค่าตอบแทนผู้ทรงคุณวุฒิตรวจประเมินร่างรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ (โครงการย่อยที่ 1)	3	คน	1	1	1,500	4,500	
		ค่าจ้างเหมาดูแลแปลง (ใส่ปุ๋ย กำจัดวัชพืช โรคพืช ศัตรูพืช)(โครงการย่อยที่ 1)	12	ครั้ง	1	1	2,000	24,000	
		ค่าจ้างเหมาเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล (โครงการย่อยที่ 1)	3	ครั้ง	1	1	4,000	12,000	
		ค่าจ้างเตรียมแปลงปลูก (โครงการย่อยที่ 1)	3	ครั้ง	1	1	5,000	15,000	
	4 ค่าสาธารณูปโภค	ค่าสาธารณูปโภค เช่น ค่าน้ำ ค่าไฟ (โครงการย่อยที่ 1)						4,900	**4,900**
รวม									**490,000**

โครงการย่อยที่ 2 การคัดเลือกสายพันธุ์และการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตต้นพันธุ์ข้าวฟ่างหวาน ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

งบประมาณ	รายการ	รายละเอียด	จำนวน	หน่วยนับ	คน/รายการ	ครั้ง/เดือน	ราคาต่อหน่วย	งบประมาณรวม (บาท)	งบประมาณรวม (บาท)
งบประมาณทั้งสิ้นปี 2569									**495,000.00**
งบดำเนินงาน	**1. งบดำเนินงาน: ค่าจ้าง**								**216,000**
		ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยวุฒิปริญญาตรี(โครงการที่ 2)	12	เดือน	1	1	18,000	216,000	
	2. งบดำเนินงาน: ค่าวัสดุ								**235,480**
	วัสดุวิทยาศาสตร์								**122,000**
		วัสดุวิทยาศาสตร์: ค่าสารเคมี เลซิทิน (โครงการที่ 2)	1	kg	1	1	450	450	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: เอทานอล (โครงการที่ 2)	5	ถัง	1	1	1,690	8,450	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: ทวีน 80 (โครงการที่ 2)	2	kg	1	1	380	760	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: น้ำกลั่น (โครงการที่ 2)	20	แกลลอน	1	1	250	5,000	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: BENZYLAMINOPURINE (BAP) (โครงการที่ 2)	3	กระปุก	1	1	5,900	17,700	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: บีกเกอร์ขนาด 500 มล (โครงการที่ 2)	12	ใบ	1	1	200	2,400	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: บีกเกอร์ขนาด 250 มล (โครงการที่ 2)	20	ใบ	1	1	150	3,000	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: บีกเกอร์ขนาด 1000 มล (โครงการที่ 2)	9	ใบ	1	1	250	2,250	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: ขวดแก้วสารฝาเกลี่ยวขนาด 250 มล (โครงการที่ 2)	12	ใบ	1	1	200	2,400	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: ขวดแก้วสารฝาเกลี่ยวขนาด 600 มล (โครงการที่ 2)	10	ใบ	1	1	250	2,500	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: กระดาษกรอง (Filter paper) (โครงการที่ 2)	4	กล่อง	1	1	550	2,200	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: ขวดแก้วสารฝาเกลี่ยวขนาด 1000 มล (โครงการที่ 2)	40	ใบ	1	1	270	10,800	

งบประมาณ	รายการ	รายละเอียด	จำนวน	หน่วยนับ	คน/รายการ	ครั้ง/เดือน	ราคาต่อหน่วย	งบประมาณรวม (บาท)	งบประมาณรวม (บาท)
		วัสดุวิทยาศาสตร์: ขวดวัดปริมาตรขนาด 500 มล (โครงการที่ 2)	10	ใบ	1	1	350	3,500	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: ขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 มล (โครงการที่ 2)	10	ใบ	1	1	400	4,000	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: แท่งแก้วคน (โครงการที่ 2)	10	อัน	1	1	20	200	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: ขวดก้นกลม ขนาด 500 มล (โครงการที่ 2)	35	อัน	1	1	450	15,750	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: ปิเปตขนาด 5 มล (โครงการที่ 2)	20	อัน	1	1	45	900	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: ปิเปตขนาด 2 มล (โครงการที่ 2)	20	อัน	1	1	34	680	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: ปิเปตขนาด 10 มล (โครงการที่ 2)	20	อัน	1	1	40	800	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: ขวดขนาด 8 ออนซ์พร้อมฝา (โครงการที่ 2)	10	ลัง	1	1	950	9,500	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: NAPHTHALENEACETIC ACID (NAA)(โครงการที่ 2)	3	กระปุก	1	1	950.00	2,850	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: Myo-Inositol 25g (โครงการที่ 2)	3	ขวด	1	1	630.00	1,890	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: tri-Calcium phosphate 500g (โครงการที่ 2)	3	ขวด	1	1	1,000.00	3,000	
		วัสดุวิทยาศาสตร์:Potassium nitrate 1kg.(โครงการที่ 2)	3	ขวด	1	1	720.00	2,160	
		วัสดุวิทยาศาสตร์:Thermometer alcohol(โครงการที่ 2)	3	อัน	1	1	80.00	240	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: กระบอกฉีดน้ำ(โครงการที่ 2)	15	อัน	1	1	105.00	1,575	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: Beaker 1L มีหู(โครงการที่ 2)	5	อัน	1	1	140.00	700	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: Beaker 500ml มีหู(โครงการที่ 2)	5	อัน	1	1	120.00	600	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: Beaker 250ml มีหู(โครงการที่ 2)	5	อัน	1	1	130.00	650	

งบประมาณ	รายการ	รายละเอียด	จำนวน	หน่วยนับ	คน/รายการ	ครั้ง/เดือน	ราคาต่อหน่วย	งบประมาณรวม (บาท)	งบประมาณรวม (บาท)
		วัสดุวิทยาศาสตร์: Beaker 100ml ไม่มีหู(โครงการที่ 2)	5	อัน	1	1	56.00	280	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: ครอบตานิรภัย ป้องกันสารเคมี (โครงการที่2)	5	อัน	1	1	150.00	750	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: Activated carbon 1kg(โครงการที่ 2)	2	แพค	1	1	195.00	390	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: Beaker 1L (โครงการที่ 2)	1	อัน	1	1	240.00	240	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: Stainless Steel Blade No.10(โครงการที่ 2)	2	กล่อง	1	1	700.00	1,400	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: Filter paper No.1(โครงการที่ 2)	2	กล่อง	1	1	370.00	740	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: Magnesium sulfate 7H2O 500g(โครงการที่ 2)	2	ขวด	1	1	525.00	1,050	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: แท่งแก้วคนสาร ยาว 12 นิ้ว (โครงการที่ 2)	10	อัน	1	1	32.00	320	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: Thumb (Dressing) Forceps 7" (โครงการที่ 2)	10	อัน	1	1	180.00	1,800	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: Thumb (Dressing) Forceps 8" (โครงการที่ 2)	10	อัน	1	1	210.00	2,100	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: Scalple Handlec No3 (โครงการที่ 2)	10	อัน	1	1	110.00	1,100	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: ถุงมือ เบอร์ M(โครงการที่ 2)	5	กล่อง	1	1	120.00	600	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: ถุงมือ เบอร์ S(โครงการที่ 2)	5	กล่อง	1	1	120.00	600	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: แปรงล้างฟลาส-เล็ก(โครงการที่ 2)	4	อัน	1	1	50.00	200	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: Syringe dispossable ไม่ติดเข็ม (โครงการที่ 2)	1	กล่อง	1	1	275.00	275	

งบประมาณ	รายการ	รายละเอียด	จำนวน	หน่วยนับ	คน/รายการ	ครั้ง/เดือน	ราคาต่อหน่วย	งบประมาณรวม (บาท)	งบประมาณรวม (บาท)
		วัสดุวิทยาศาสตร์: แมสแบบคล้องหู(โครงการที่ 2)	5	กล่อง	1	1	95.00	475	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: ขวดหยดสีชา 60ml.(โครงการที่ 2)	5	อัน	1	1	15.00	75	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: Clorox Triple Action Total (โครงการที่ 2)	5	ขวด	1	1	90	450	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: Tween 20 (Polysorbate 20) (โครงการที่ 2)	9	ขวด	1	1	250	2,250	
	วัสดุเกษตร								79,000.00
		วัสดุเกษตร: ถาดเพาะ 104 หลุม (โครงการที่ 2)	60	ใบ	1	1	12	720	
		วัสดุเกษตร: ถาดเพาะกลม 60 หลุม(โครงการที่ 2)	60	ใบ	1	1	15	900	
		วัสดุเกษตร: กระถางพลาสติก 6 นิ้ว(โครงการที่ 2)	60	ใบ	1	1	4	240	
		วัสดุเกษตร: กระถางพลาสติก 8 นิ้ว(โครงการที่ 2)	60	ใบ	1	1	8	480	
		วัสดุเกษตร: กระถางพลาสติก 10 นิ้ว(โครงการที่ 2)	60	ใบ	1	1	11	660	
		วัสดุเกษตร: กระถางพลาสติก 12 นิ้ว(โครงการที่ 2)	59	ใบ	1	1	10	590	
		วัสดุเกษตร: สแลนสีดำ 100 เมตร(โครงการที่ 2)	2	ผืน	1	1	800	1,600	
		วัสดุเกษตร: ผ้ายางพลาสติก(โครงการที่ 2)	2	ผืน	1	1	1,200	2,400	
		วัสดุเกษตร: พลาสติกคลุมโรงเรือนขนาด 2*4 เมตร (โครงการที่ 2)	2	ผืน	1	1	1,300	2,600	
		วัสดุเกษตร: ป้ายแทค(โครงการที่ 2)	20	ถุง	1	1	90	1,800	
		วัสดุเกษตร: สารป้องกันกำจัดเชื้อราไพราโคสโตรบิน (โครงการที่ 2)	1	ขวด	1	1	1,000	1,000	
		วัสดุเกษตร: ปุ๋ย 15-15-15(โครงการที่ 2)	2	กระสอบ	1	1	1,200	2,400	
		วัสดุเกษตร: ปุ๋ย 46-0-0(โครงการที่ 2)	2	กระสอบ	1	1	1,800	3,600	
		วัสดุเกษตร: ปุ๋ย 0-0-60(โครงการที่ 2)	2	กระสอบ	1	1	1,000	2,000	

งบประมาณ	รายการ	รายละเอียด	จำนวน	หน่วยนับ	คน/รายการ	ครั้ง/เดือน	ราคาต่อหน่วย	งบประมาณรวม (บาท)	งบประมาณรวม (บาท)
		วัสดุเกษตร: ปุ๋ยออสโมโคส(โครงการที่ 2)	3	กล่อง	1	1	400	1,200	
		วัสดุเกษตร: เดทมีล-5 ยากำจัดหอย 1 กิโลกรัม (โครงการที่ 2)	2	ถุง	1	1	180	360	
		วัสดุเกษตร: สตาร์เกิล-จี(โครงการที่ 2)	3	ถุง	1	1	200	600	
		วัสดุเกษตร: รองเท้าบูทยาวยาง(โครงการที่ 2)	6	คู่	1	1	350	2,100	
		วัสดุเกษตร: สแฟกนั่มมอส 3 ก.ก.(โครงการที่ 2)	10	ก้อน	1	1	4,200	42,000	
		วัสดุเกษตร: มะพร้าวสับ(โครงการที่ 2)	10	กระสอบ	1	1	100	1,000	
		วัสดุเกษตร: ขุยมะพร้าวละเอียด(โครงการที่ 2)	10	กระสอบ	1	1	100	1,000	
		วัสดุเกษตร: ดินมีเดียคลาสแมน 70 ล.(โครงการที่2)	20	กระสอบ	1	1	350	7,000	
		วัสดุเกษตร: สายยางสีฟ้าขนาด5หุน 100 ม(โครงการที่ 2)	1	เส้น	1	1	1,700	1,700	
		วัสดุเกษตร: ถังพ่นปุ๋ยขนาด 5 ลิตร (โครงการที่ 2)	3	ถัง	1	1	350	1,050	
	วัสดุคอมพิวเตอร์								9,800
		วัสดุคอมพิวเตอร์: หมึกปริ้น HP สีดำ CZ637AA เบอร์ 46 (โครงการที่ 2)	10	กล่อง	1	1	200	2,000	
		วัสดุคอมพิวเตอร์: หมึกปริ้น HP สามสี CZ638AA เบอร์ 46 (โครงการที่ 2)	10	กล่อง	1	1	200	2,000	
		วัสดุคอมพิวเตอร์: DATATRAVELER 64 GB (โครงการที่ 2)	4	อัน	1	1	450	1,800	
		วัสดุคอมพิวเตอร์: แผ่นซีดี (โครงการที่ 2)	2	โหล	1	1	200	400	
		วัสดุคอมพิวเตอร์: หมึกปริ้น canon MP287 (โครงการที่ 2)	4	ขวด	1	1	450	1,800	
		วัสดุคอมพิวเตอร์: หมึกปริ้น EPSON 003 (โครงการที่ 2)	4	ขวด	1	1	450	1,800	
	วัสดุสำนักงาน								8,900.00

งบประมาณ	รายการ	รายละเอียด	จำนวน	หน่วยนับ	คน/รายการ	ครั้ง/เดือน	ราคาต่อหน่วย	งบประมาณรวม (บาท)	งบประมาณรวม (บาท)
		วัสดุสำนักงาน: แฟ้มใส(โครงการที่ 2)	4	แพค	1	1	80	320	
		วัสดุสำนักงาน: กระดาษ A4(โครงการที่ 2)	10	กล่อง	1	1	500	5,000	
		วัสดุสำนักงาน: เทปใส(โครงการที่ 2)	4	แพ็ค	1	1	95	380	
		วัสดุสำนักงาน: ปากกา(โครงการที่ 2)	3	โหล	1	1	95	285	
		วัสดุสำนักงาน: ไม้บรรทัด(โครงการที่ 2)	6	อัน	1	1	50	300	
		วัสดุสำนักงาน: คลิปบอร์ด A4 (โครงการที่ 2)	12	อัน	1	1	30	360	
		วัสดุสำนักงาน: คัตเตอร์ 8 นิ้ว(โครงการที่ 2)	5	อัน	1	1	31	155	
		วัสดุสำนักงาน: แฟ้มสันกว้าง A4 สัน 2 นิ้ว(โครงการที่ 2)	20	อัน	1	1	95	1,900	
		วัสดุสำนักงาน: เครื่องเหลาดินสอ(โครงการที่ 2)	2	ชิ้น	1	1	100	200	
	ค่าวัสดุงานบ้านงานครัว								13,780.00
		วัสดุงานบ้านงานครัว: กระดาษชำระ(โครงการที่ 2)	8	กล่อง	1	1	850	6,800	
		วัสดุงานบ้านงานครัว: ตะกร้าเหลี่ยม(โครงการที่ 2)	1	โหล	1	1	400	400	
		วัสดุงานบ้านงานครัว: กล่องพลาสติกถนอมอาหาร (โครงการที่ 2)	24	ใบ	1	1	60	1,440	
		วัสดุงานบ้านงานครัว: กะละมัง(โครงการที่ 2)	1	โหล	1	1	120	120	
		วัสดุงานบ้านงานครัว: ถุงร้อนใส 9*14" (โครงการที่ 2)	2	กก	1	1	100	200	
		วัสดุงานบ้านงานครัว: ถุงร้อนใส 12*18" (โครงการที่ 2)	2	กก	1	1	100	200	
		วัสดุงานบ้านงานครัว: กระบอกฉีดน้ำฟอกกี้ 650 มิลลิลิตร (โครงการที่ 2)	24	ขวด	1	1	50	1,200	
		วัสดุงานบ้านงานครัว: แรป ขนาด 12 นิ้ว (โครงการที่ 2)	3	ม้วน	1	1	540	1,620	
		วัสดุงานบ้านงานครัว: แรป ขนาด 10 นิ้ว (โครงการที่ 2)	4	ม้วน	1	1	450	1,800	
	ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง								2,000
		วัสดุเชื้อเพลิง: ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง(โครงการที่ 2)	1	ครั้ง	1	1	2,000	2,000	

งบประมาณ	รายการ	รายละเอียด	จำนวน	หน่วยนับ	คน/รายการ	ครั้ง/เดือน	ราคาต่อหน่วย	งบประมาณรวม (บาท)	งบประมาณรวม (บาท)
	3. งบดำเนินงาน : ค่าใช้สอย								39,000
		ค่าตอบแทนผู้ทรงคุณวุฒิตรวจประเมินร่างรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์(โครงการที่ 2)	3	คน	1	1	1,500	4,500	
		ค่าจ้างเหมาถ่ายเอกสารเข้าเล่มรายงาน (โครงการที่ 2)	1,000	แผ่น	1	1	2	2,000	
		ค่าจ้างเหมาเตรียมอาหาร ล้างขวด ดูแลรดน้ำ พ่นปุ๋ย กำจดวัชพืช (โครงการที่ 2)	1	ครั้ง	1	1	14,000	14,000	
		ค่าจ้างเหมาเก็บข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล (โครงการที่ 2)	1	ครั้ง	1	1	14,000	14,000	
		ค่าที่พัก 2 คืน คืนละ 1,000 บาท (โครงการที่ 2)	1	ครั้ง	1	1	2,000	2,000	
		ค่าเดินทางไปประชุมวิชาการ (โครงการที่ 2)	1	ครั้ง	1	1	2,500	2,500	
	4าสาธารณูปโภคทั้งโครงการ								4,520.00
		ค่าสาธารณูปโภค เช่น ค่าน้ำ ค่าไฟ (โครงการที่ 2)						4,520	
	5 ค่าเดินทางต่างประเทศ								
	6 ค่าซ่อมแซมครุภัณฑ์								
งบลงทุน	**7 ค่าครุภัณฑ์**								
รวม									**495,000.00**

โครงการย่อยที่ 3 การพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวฟ่างหวานและปริมาณคาร์บอนเครดิตของผลิตภัณฑ์

รายการ	รายละเอียด	จำนวน	หน่วยนับ	คน/รายการ	ครั้ง/เดือน	ราคาต่อหน่วย	งบประมาณรวม (บาท)
งบประมาณทั้งสิ้นปี 2569							**495,000**
1. งบดำเนินงาน:	**ค่าตอบแทน**						**0**
2. งบดำเนินงาน: ค่าใช้สอย							**114,000**
	ค่าจ้างผู้ทรงคุณวุฒิสำหรับโครงการ (โครงการย่อย 3)	3	คน	1	1	1,500	4,500
	ค่าจ้างผู้ทรงคุณวุฒิสำหรับชุดโครงการ (โครงการย่อย 3)	3	คน	1	1	1,500	4,500
	ค่าจ้างบริการวิเคราะห์ความเข้มข้นสารมาตรฐานในน้ำส้มสายชู (โครงการย่อย 3)	10	ครั้ง	1	1	3,500	35,000
	ค่าจ้างบริการสกัดดีเอ็นเอ (โครงการย่อย 3)	20	ตัวอย่าง	1	1	1,000	20,000
	ค่าจ้างเหมาวิเคราะห์ลำดับสายดีเอ็นเอ (โครงการย่อย 3)	20	ครั้ง	1	1	2,500	50,000
2. งบดำเนินงาน : ค่าวัสดุ							**376,050**
ค่าวัสดุวิทยาศาสตร์	วัสดุวิทยาศาสตร์ : กระดาษฟอยด์ (โครงการย่อย 3)	12	กล่อง	1	1	360	4,320
	วัสดุวิทยาศาสตร์ : ถุงมือยางปลอดเชื้อ (โครงการย่อย 3)	12	กล่อง	1	1	650	7,800
	วัสดุวิทยาศาสตร์ : แบรดฟอร์ดรีเอเจ้นท์ สำหรับการวิเคราะห์โปรตีน (โครงการย่อย 3)	4	ขวด	1	1	10,000	40,000
	วัสดุวิทยาศาสตร์ : 3,5- ไดไนโตรซาลิไซลิค สำหรับการวิเคราะห์น้ำตาล (โครงการย่อย 3)	3	ขวด	1	1	7,500	22,500
	วัสดุวิทยาศาสตร์ : เชื้อจุลินทรีย์มาตรฐานผลิตกรดแอซีติก (โครงการย่อย 3)	2	แอมปู้	1	1	50,000	100,000
	วัสดุวิทยาศาสตร์ : ขวดแก้วขนาด 2 ลิตร (ฝาน้ำเงิน) (โครงการย่อย 3)	20	ขวด	1	1	500	10,000
	วัสดุวิทยาศาสตร์ : ขวดแก้วขนาด 1 ลิตร (ฝาน้ำเงิน) (โครงการย่อย 3)	16	ขวด	1	1	350	5,600
	วัสดุวิทยาศาสตร์ : เอทานอล 99.99% มาตรฐาน (โครงการย่อย 3)	5	ขวด	1	1	2,500	12,500
	วัสดุวิทยาศาสตร์ : กรดแอซีติกมาตรฐาน (โครงการย่อย 3)	5	ขวด	1	1	2,450	12,250
	วัสดุวิทยาศาสตร์ : ซูโครสมาตรฐาน ขวดละ 1 กิโลกรัม (โครงการย่อย 3)	10	ขวด	1	1	850	8,500
	วัสดุวิทยาศาสตร์ : อาหารเลี้ยงเชื้อ yeast extract (โครงการย่อย 3)	2	ขวด	1	1	4,500	9,000
	วัสดุวิทยาศาสตร์ : อาหารเลี้ยงเชื้อ Malt extract (โครงการย่อย 3)	2	ขวด	1	1	4,500	9,000

รายการ	รายละเอียด	จำนวน	หน่วยนับ	คน/รายการ	ครั้ง/เดือน	ราคาต่อหน่วย	งบประมาณรวม (บาท)
	วัสดุวิทยาศาสตร์ : อาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียผลิตกรดแอซีติก (โครงการย่อย 3)	3	ขวด	1	1	4,500	13,500
	วัสดุวิทยาศาสตร์ : กระดาษกรองเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 CM (โครงการย่อย 3)	10	กล่อง	1	1	650	6,500
	วัสดุวิทยาศาสตร์ : กระดาษกรองเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 CM (รูกรอง 0.45ไมครอน) (โครงการย่อย 3)	10	กล่อง	1	1	2,500	25,000
	วัสดุวิทยาศาสตร์ : หัวกรองสำหรับกระดาษกรอง 0.45 ไมครอน ขนาด 1 cm (โครงการย่อย 3)	3	อัน	1	1	2,500	7,500
	วัสดุวิทยาศาสตร์ : วุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อ (โครงการย่อย 3)	2	ขวด	1	1	4,500	9,000
	วัสดุวิทยาศาสตร์ : จานอาหารเลี้ยงเชื้อพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 cm(โครงการย่อย 3)	4	แพ็ค	1	1	3,500	14,000
	วัสดุวิทยาศาสตร์ : ฟลาก์สขนาด 2 ลิตร (โครงการย่อย 3)	2	อัน	1	1	1,000	2,000
	วัสดุวิทยาศาสตร์ : สายยางซิลิโคนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 cm ยาว 15 เมตร (โครงการย่อย 3)	1	กล่อง	1	1	1,330	1,330
	วัสดุวิทยาศาสตร์ : หลอดเก็บตัวอย่างขนาด 10 มิลลิลิตร กล่องละ 100 ขวด (โครงการย่อย 3)	3	กล่อง	1	1	3,500	10,500
	วัสดุวิทยาศาสตร์ : หลอดเก็บตัวอย่างขนาด 5 มิลลิลิตร กล่องละ 100 ขวด (โครงการย่อย 3)	3	กล่อง	1	1	2,500	7,500
ค่าวัสดุสำนักงาน	วัสดุสำนักงาน :หมึกปริ้นเลเซอร์ 4 สี (โครงการย่อย 3)	2	ชุด	1	1	18,000	36,000
ค่าวัสดุงานบ้านงานครัว	วัสดุงานบ้านงานครัว :น้ำยาล้างจาน (โครงการย่อย 3) ขนาด 5 ลิตร	7	ขวด	1	1	250	1,750
4. งบดำเนินงาน:	**ค่าสาธารณูปโภค**						**4,950**
สาธารณูปโภค	สาธารณูปโภค เช่น ค่าน้ำ ค่าไฟ (โครงการย่อย 3)						4,950
5. งบประมาณครุภัณฑ์							**0**
รวมทั้งสิ้น							**495,000**

โครงการย่อยที่ 4 ถุงเพาะชำรักษ์โลกจากกระดาษข้าวฟ่างเคลือบยางพารา

งบประมาณ	รายการ	รายละเอียด	จำนวน	หน่วยนับ	คน/รายการ	ครั้ง/เดือน	ราคาต่อหน่วย	งบประมาณรวม (บาท)	งบประมาณรวม (บาท)
งบประมาณทั้งสิ้นปี 2567									**456,000.00**
งบดำเนินงาน	**1. งบดำเนินงาน:**	**ค่าจ้าง**							**135,000**
		ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยวุฒิปริญญาตรี (โครงการที่ 4)	9	เดือน	1	1	15,000	135,000	
	2. งบดำเนินงาน :	**ค่าวัสดุ**							**185,950**
	วัสดุวิทยาศาสตร์								**166,300**
		วัสดุวิทยาศาสตร์: 60% น้ำยางข้น(โครงการที่ 4)	100	กิโลกรัม	1	1	110	11,000	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: 50% กำมะถัน (โครงการที่ 4)	20	กิโลกรัม	1	1	100	2,000	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: 50% แซด เอ็ม บี ที (โครงการที่ 4)	20	กิโลกรัม	1	1	228	4,560	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: 50% แซด ดี อี ซี (โครงการที่ 4)	20	กิโลกรัม	1	1	220	4,400	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: 50% โลวีน็อก ซีพีแอล (โครงการที่ 4)	20	กิโลกรัม	1	1	240	4,800	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: 12.5% เอส เอส เอฟ (โครงการที่ 4)	20	กิโลกรัม	1	1	115	2,300	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: 30% ดี พี จี (โครงการที่ 4)	20	กิโลกรัม	1	1	235	4,700	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: 50% ติตาเนี่ยมไดออกไซด์ (โครงการที่ 4)	20	กิโลกรัม	1	1	180	3,600	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: 50% แคลเซียมคาร์บอเนต (โครงการที่ 4)	20	กิโลกรัม	1	1	75	1,500	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: 10%เขม่าดำ(carbon black) (โครงการที่ 4)	20	กิโลกรัม	1	1	120	2,400	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: 10% โพแตสเซียมไฮดรอกไซด์(โครงการที่4)	20	กิโลกรัม	1	1	67	1,340	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: 10% โพแตสเซียม โอลิเอต (โครงการที่ 4)	20	กิโลกรัม	1	1	105	2,100	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: 50% ซิงค์ออกไซด์ (โครงการที่ 4)	20	กิโลกรัม	1	1	180	3,600	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: แป้งข้าวเจ้าหรือแป้งมันสัมปะหลัง	40	กิโลกรัม	1	1	50	2,000	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: เครื่องแก้ว (โครงการที่ 4)	20	ชุด	1	1	5,000	100,000	
		วัสดุวิทยาศาสตร์: กระดาษคราฟ (โครงการที่ 4)	20	รีม	1	1	800	16,000	
	วัสดุเกษตร								**9,400**

งบประมาณ	รายการ	รายละเอียด	จำนวน	หน่วยนับ	คน/รายการ	ครั้ง/เดือน	ราคาต่อหน่วย	งบประมาณรวม (บาท)	งบประมาณรวม (บาท)
		วัสดุเกษตร: ปุ๋ย 46-0-0(โครงการที่ 4)	5	กระสอบ	1	1	1,800	9000	
		วัสดุเกษตร: ต้นข้าวฟ่าง(โครงการที่ 4)	20	กิโลกรัม	1	1	20	400	
	วัสดุสำนักงาน								6,250
		วัสดุสำนักงาน: ฟิวเจอร์บอร์ด4x8 ฟุต หนา 4 มิลลิเมตร (โครงการที่ 4)	10	แผ่น	1	1	250	2500	
		วัสดุสำนักงาน: กระดาษ A4 (โครงการที่ 4)	5	กล่อง	1	1	550	2750	
		วัสดุสำนักงาน: ปากกา(โครงการที่ 4)	1	กล่อง	1	1	260	260	
		วัสดุสำนักงาน: แฟ้มหนีบ(โครงการที่ 4)	4	อัน	1	1	60	240	
		วัสดุสำนักงาน: กระดาษ สี(โครงการที่ 4)	5	รีม	1	1	100	500	
	วัสดุคอมพิวเตอร์								**4,000**
		วัสดุคอมพิวเตอร์: หมึกสีดำ (โครงการที่ 4)	5	ขวด	1	1	200	1,000	
		วัสดุคอมพิวเตอร์: หมึกสีเหลือง (โครงการที่ 4)	5	ขวด	1	1	200	1,000	
		วัสดุคอมพิวเตอร์: หมึกสีแดง (โครงการที่ 4)	5	ขวด	1	1	200	1,000	
		วัสดุคอมพิวเตอร์: หมึกสีน้ำเงิน (โครงการที่ 4)	5	ขวด	1	1	200	1,000	
	3. งบดำเนินงาน:	**ค่าใช้สอย**							**130,490**
		ค่าตอบแทนผู้ทรงคุณวุฒิตรวจประเมิน (โครงการที่ 4)	3	คน	1	1	1,500	4,500	
		ค่าถ่ายเอกสาร (โครงการที่ 4)	7,980	แผ่น	1	1	0.5	3,990	
		จ้างเหมาวิเคราะห์ สมบัติเชิงกลและกายภาพ (โครงการที่ 4)	20	ตัวอย่าง	1	1	4,900	98,000	
		จ้างเหมาทดสอบและวิเคราะห์การใช้งานจริง (โครงการที่ 4)	8	ครั้ง	1	1	3,000	24,000	
	4. สาธารณูปโภค								**4,560.00**
		ค่าสาธารณูปโภค เช่น ค่าน้ำ ค่าไฟ (โครงการที่ 4)						4,560	
งบลงทุน	**7 ค่าครุภัณฑ์**								
รวม									**456,000**

4.1 รายละเอียดการจัดซื้อครุภัณฑ์ : กรณีมีความต้องการซื้อครุภัณฑ์ให้ใส่รายละเอียด ดังนี้

ชื่อครุภัณฑ์	ครุภัณฑ์ที่ขอสนับสนุน			เหตุผลและความจำเป็นต่อโครงการ	การใช้ประโยชน์ของครุภัณฑ์นี้เมื่อโครงการสิ้นสุด
	รายละเอียดครุภัณฑ์	ครุภัณฑ์ที่มีอยู่เดิม และเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย (ถ้ามี)	สถานภาพการใช้งาน ณ ปัจจุบัน		
-	-	-	-	-	-

- แนบใบเสนอราคาจาก 3 บริษัทประกอบมาด้วย

4. มาตรฐานการวิจัย

☐ มีการใช้สัตว์ทดลอง

☐ มีการวิจัยในมนุษย์

☑ มีการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานด้านเทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่ (โครงการย่อยที่ 1 และ 2)

☑ มีการใช้ห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวกับสารเคมี (โครงการย่อยที่ 3)

5. หน่วยงานร่วมดำเนินการ/ภาคเอกชนหรือชุมชนที่ร่วมลงทุนหรือดำเนินการ

ลำดับที่	ปีงบประมาณ	ชื่อหน่วยงานรัฐ/บริษัท/หน่วยงานต่างประเทศ	แนวทางร่วมดำเนินการ	การร่วมลงทุนในรูปแบบตัวเงิน (in-cash) (บาท)	การร่วมลงทุนในรูปแบบอื่น (in-kind)	รวม
1	2569	โคกหนองนาตำบลท่ายาว อ. สันทราย จ.เชียงใหม่	ทำการทดลองร่วมกันและรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี			
2	2569	กลุ่มเกษตรกรการยางพร้าว อ.พร้าว จ.เชียงใหม่	ทำการทดลองร่วมกันและรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี			
3	2569	กลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรยางพาราดอยสะเก็ด	ทำการทดลองร่วมกันและรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี			

7. ระดับความพร้อมที่มีอยู่ในปัจจุบัน

7.1 ระดับความพร้อมทางเทคโนโลยี (Technology Readiness Level: TRL) และ ระดับความพร้อมทางสังคม (Societal Readiness Level: SRL) หลังชุดโครงการและโครงการย่อยดำเนินการแล้วเสร็จ เป็นดังนี้

ระดับความพร้อมทางเทคโนโลยี (Technology Readiness Level: TRL)		
โครงการย่อยที่ 1-2	TRL เริ่มต้น	ระดับ 2 มีเทคโนโลยีในการปลูกข้าวฟ่างหวานในพื้นที่ต่างประเทศ รวมถึงเทคโนโลยีในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตาลซูโครส รวมถึงการผลิตถุงเพาะชำกระดาษข้าวฟ่างหวานเคลือบยางพารา ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นการใช้วัสดุลิกโนเซลลูโลสอื่นๆ ที่ไม่ใช้ข้าวฟ่างหวาน
	TRL เสร็จสิ้น	ระดับ 3 เทคโนโลยีในการผลิตข้าวฟ่างหวาน (สายพันธุ์ดังเดิมและสายพันธุ์ที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์) ในพื้นที่เพาะปลูกและด้วยระบบเซลล์เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชพื้นที่ทดสอบ รวมถึง การประเมินการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์
โครงการย่อยที่ 3	TRL เริ่มต้น	ระดับ 2 สรุปผลงานวิจัยในการคัดเลือกพัฒนาสายพันธุ์แบคทีเรียผลิตกรดแอซีติกให้ได้แบคทีเรียที่มีคุณสมบัติในการเจริญได้ที่อุณหภูมิสูง ภายใต้ความเข้มข้นเอทานอลสูง เพื่อให้ได้กรดแอซีติกที่ความเข้มข้นสูงเป็นผลิตภัณฑ์ พร้อมวิเคราะห์เทคโนโลยีการผลิตกรดแอซีติกจากงานวิจัยเดิมให้ได้แนวทางพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกรดแอซีติกให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
	TRL เสร็จสิ้น	ระดับ 4 ต้นแบบเทคโนโลยีการหมักกรดแอซีติกด้วยการใช้ต้นแบบแบคทีเรียผลิตกรดแอซีติกที่คัดเลือกได้ พร้อมข้อมูลปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์หรือคาร์บอนเครดิตของน้ำส้มสายชูหมัก นอกจากนี้ต้นแบบเทคโนโลยีการหมักกรดแอซีติก สามารถที่จะพัฒนาต่อในระดับขยายต้นแบบ Pilot scale เพื่อเป็นการต่อยอดเทคโนโลยีให้อยู่ในระดับ TRL ที่สูงขึ้นได้
โครงการย่อยที่ 4	TRL เริ่มต้น	ระดับ 3 มีการทำวิจัยก่อนหน้าได้ผลเป็นที่น่าพอใจ มีการตรวจสอบองค์ประกอบที่สำคัญของต้นแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ในห้องปฏิบัติการ
	TRL เสร็จสิ้น	ระดับ 4 ต้นแบบผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพิสูจน์การใช้งาน

ระดับความพร้อมทางสังคม (Societal Readiness Level: SRL)		
โครงการย่อยที่ 1 และ 2	SRL เริ่มต้น	ระดับ 1 ยังไม่ปรากฏพบชุมชนที่มีการปลูกข้าวฟ่างหวานมาก่อน เนื่องจากเป็นพืชทางเลือกใหม่ ถึงแม้ว่าข้าวฟ่างหวานจะมีความคล้ายคลึงกับอ้อย
	SRL เสร็จสิ้น	ระดับ 5 เทคโนโลยีในการผลิตข้าวฟ่างหวานในพื้นที่เพาะปลูกด้วยระบบเซลล์เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในพื้นที่ทดสอบที่สามารถผลิตได้จริงในพื้นที่ของเกษตรกรหรือผู้ที่สนใน ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งด้านอาชีพ ผลิตผลิตภัณฑ์จากข้าวฟ่างหวาน ความเป็นพืชพลังงานและพืชอาหารใหม่ รวมถึงประเมินการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจริงในระหว่างการผลิตข้าวฟ่างหวาน โดยเกษตรกร
โครงการย่อยที่ 3	SRL เริ่มต้น	ระดับ 1 แนวทางการใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างหวาน ซึ่งเป็นพืชทางเลือกทดแทนอ้อยสำหรับการผลิตน้ำตาล และ ปัญหาการกำจัดวัสดุลิกโนเซลลูโลสเหลือใช้จากข้าวฟ่างหวานและวัสดุเหลือใช้พืชลิกโนเซลลูโลสอื่น ๆ ชุมชนส่วนใหญ่ใช้วิธีการเผาเพื่อกำจัดวัสดุเหล่านี้ ซึ่งมีผลนำไปสู่ปัญหามลพิษทางอากาศ โดยเฉพาะปัญหา PM 2.5 ซึ่งปัจจุบัน ปัญหามลพิษ PM 2.5 เกิดขึ้นเกือบทั้งปี ในพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทย และมีปัญหาอย่างหนักถึงขั้นวิกฤต (Hazardous) ในพื้นที่ภาคเหนือ และภาคกลาง และกรุงเทพมหานคร
	SRL เสร็จสิ้น	ระดับ 4 การได้รับความร่วมมือจากชุมชนหรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการนำน้ำตาลจากข้าวฟ่างหวานมาใช้ในการผลิตกรดแอซีติกหรือน้ำส้มสายชูหมัก ซึ่งชุมชนสามารถนำไปในระดับ SME ได้ พร้อมนำข้อมูลรายงานผลการประเมินการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอนเครดิตมาใช้ในการจัดการพลังงานและ การใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งให้มากที่สุดเพื่อเข้าสู่การผลิตแบบ Zero waste ด้วยการ ใช้กากชานอ้อยนำไปใช้เป็นวัสดุตั้งต้นในการผลิตเอทานอลจากชานอ้อย หรือผลิต ถุงเพาะชำรักษ์โลกจากกระดาษข้าวฟ่างเคลือบยางพารา จากโครงการย่อยที่ ภายใต้ชุดโครงการเดียวกันนี้ ซึ่งจะเป็นการส่งเสริมการลดปริมาณการเผาวัสดุการเกษตรวัสดุลิกโนเซลลูโลสต่างๆ และลดปัญหาความรุนแรงของปัญหามลพิษ PM 2.5 พร้อมลดปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ความร้อน จากการเผาเข้าสู่ชั้นบรรยากาศของประเทศได้เป็นอย่างดี นำไปสู่การการพัฒนาคุณภาพชีวิต สร้างคุณค่าและสร้างการอยู่ร่วมกันอย่างมีความสุข
โครงการย่อยที่ 4	SRL เริ่มต้น	ระดับ 3 ทดสอบแนวทางการพัฒนาหรือแก้ปัญหาที่กำหนดขึ้นร่วมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้อง
	SRL เสร็จสิ้น	ระดับ 4 ตรวจสอบแนวทางการแก้ปัญหาโดยการทดสอบในพื้นที่นำร่องเพื่อยืนยันผลกระทบตามที่คาดว่าจะเกิดขึ้น และดูความพร้อมขององค์ประกอบเทคโนโลยี

8. แนวทางการขับเคลื่อนผลงานวิจัยและนวัตกรรมไปสู่ผลลัพธ์และผลกระทบ

8.1 การเชื่อมโยงกับนักวิจัยที่เป็นผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชาที่ทำการวิจัยทั้งในและต่างประเทศ (ถ้ามี) (Connections with other experts within and outside Thailand) และแผนที่จะติดต่อหรือสร้างความสัมพันธ์กับผู้เชี่ยวชาญ รวมทั้งการสร้างทีมงานวิจัยในอนาคตด้วย

โครงการย่อยที่	รายละเอียด
1	มีแนวทางเชื่อมโยงกับนักวิจัยที่เป็นผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชาที่ทำการวิจัยทั้งในและต่างประเทศ
	ความสัมพันธ์กับผู้เชี่ยวชาญ รวมทั้งการสร้างทีมงานวิจัยในอนาคตด้วย
2	ความสัมพันธ์กับผู้เชี่ยวชาญ รวมทั้งการสร้างทีมงานวิจัยในอนาคตด้วย มีแนวทางเชื่อมโยงกับนักวิจัยที่เป็นผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชาที่ทำการวิจัยทั้งในและต่างประเทศ
3	ประสานงาน ดร.สังคม สิงหราช ซึ่งเป็นอาจารย์และนักวิจัยจากมหาวิทยาลัยแห่งชาติลาว มาเป็นกลุ่มเป้าหมายในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตน้ำส้มสายชูหมักและนำไปสู่การหาแนวทางการต่อยอดนวัตกรรมจากผลงานวิจัยนี้ อันจะนำไปสู่การสร้างแนวทางร่วมกันในการผลิตเอทานอลและน้ำส้มสายชูหมักจากวัสดุเหลือทิ้งและร่วมกันสร้างแนวทางการลดปริมาณการเผา ความร้อนและการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผา ปัญหามลพิษ PM2.5 ที่เกิดขึ้นบริเวณชายแดนประเทศไทยและประเทศลาว
4	การเชื่อมโยงกับนักวิจัยและผู้เชี่ยวชาญทั้งในและต่างประเทศจะช่วยเสริมสร้างความรู้และเทคโนโลยีในการพัฒนาถุงเพาะชำที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และการสร้างทีมงานวิจัยที่มีความเชี่ยวชาญจะเป็นพื้นฐานสำคัญในการดำเนินโครงการวิจัยในอนาคต

8.2 การเชื่อมโยงหรือความร่วมมือกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้ใช้ประโยชน์จากงานวิจัย (Stakeholder and User Engagement) โดยระบุชื่อหน่วยงานภาครัฐ เอกชน ประชาสังคมและชุมชน โดยอธิบายกระบวนการดำเนินงานร่วมกันและการเชื่อมโยงการขับเคลื่อนผลการวิจัยไปสู่การใช้ประโยชน์อย่างชัดเจน รวมถึงอธิบายกระบวนการดำเนินงานต่อเนื่องของผู้ใช้ประโยชน์จากงานวิจัยเมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น

โครงการย่อยที่	**รายละเอียด**
1-2	มีการเชื่อมโยงหรือความร่วมมือกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้ใช้ประโยชน์จากงานวิจัย เช่น หน่วยงานศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี มีการเชื่อมโยงปลูกตรวจสอบสายพันธุ์ข้าวฟ่างหวานข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่เหมาะสมกับภาคเหนือ ส่งเสริมให้เกษตรกรปลูก เพื่อเป็นอาหารสัตว์และใช้เป็นพลังงานทดแทน
3	การสร้างความร่วมมือกับชุมชมและเกษตรกรที่มีความสนใจจะปลูกข้าวฟ่างหวานเพื่อเป็นวัตถุดิบให้แก่โรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาลหรือโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำส้มสายชูหมักหรือกรดแอซีติกจากน้ำตาลอ้อยหรือน้ำตาลข้าวฟ่างหวาน เพื่อสร้างแนวทางการใช้ประโยชน์จากงานวิจัย โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคเหนือ ด้วยการบริการวิชาการหลังการวิจัยเสร็จสิ้นและการประชาสัมพันธ์ผลการวิจัยและผลการประเมินความเป็นไปได้ในการผลิตและเอทานอลควบคู่การผลิตน้ำส้มสายชูหมักในเชิงพาณิชย์จากน้ำตาลข้าวฟ่างหวานให้แก่หน่วยงานภาคเอกชนที่สนใจ หรือหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน เป็นต้น
4	การเชื่อมโยงและความร่วมมือกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและผู้ใช้ประโยชน์จากงานวิจัยจะช่วยให้โครงการสามารถขับเคลื่อนผลการวิจัยไปสู่การใช้ประโยชน์อย่างแท้จริงและยั่งยืน กระบวนการดำเนินงานร่วมกัน: การทำงานร่วมกับชุมชนเกษตรกรในการทดลองใช้ถุงเพาะชำ และการฝึกอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้ถุงเพาะชำที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

9. ประสบการณ์การบริหารงานของหัวหน้าชุดโครงการ ในการบริหารโครงการย้อนหลังไม่เกิน 5 ปี (กรอกไม่เกิน 5 ลำดับโดยเน้นโครงการที่เกิดผลกระทบสูง)

9.1 หัวหน้าชุดโครงการ : ดร.ณัฐต์ณิชา สุขเกษม

ชื่อโครงการวิจัย	ปีที่ได้รับงบประมาณ	งบประมาณ (บาท)	การนำไปใช้ประโยชน์
การพัฒนากระบวนการผลิตไบโอเอทานอลจากวัสดุเหลือทิ้งไร่ข้าวโพด โดยการหมักแบบแยกกระบวนการผลิต	2561	287,500	ข้อมูลการประเมินความเป็นไปได้ในการผลิตเอทานอลจากวัสดุลิกโนเซลลูโลส มาใช้ในการประเมินความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์
การพัฒนากระบวนการปรับสภาพพืชลิกโนเซลลูโลสทางใบปาล์มเพื่อเพิ่มผลผลิตน้ำตาลสำหรับการผลิตเอทานอล (ปีที่1)	2564	1,260,000	เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันได้แนวทางของการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุลิกโนเซลลูโลสทางใบปาล์ม และเป็นการสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรอีกด้วย
การพัฒนากระบวนการปรับสภาพพืชลิกโนเซลลูโลสทางใบปาล์มเพื่อเพิ่มผลผลิต น้ำตาลสำหรับการผลิตเอทานอล (ปีที่2)	2565	375,000	เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันได้แนวทางของการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุลิกโนเซลลูโลสทางใบปาล์ม และเป็นการสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรอีกด้วย
การประเมินการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในการพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจมูกข้าวโพดหวานจากจมูกข้าวโพดหวานคัดทิ้งในอุตสาหกรรมข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง	2566	377,500	โครงการนี้เป็นโครงการวิจัยต่อเนื่อง โดยปีที่ 1 วิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนเครดิตและการใช้น้ำในการปลูกข้าวฟ่างหวาน (ปีงบประมาณ 2566) ซึ่งได้ดำเนินการแล้วเสร็จ และ ในปีที่ 2 จะเป็นการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนเครดิตของการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากจมูกข้าวโพดหวาน (ซึ่งไม่ได้ดำเนินการขอรับงบประมาณต่อ)
การประเมินคาร์บอนเครดิตในการผลิตเอทานอลจากน้ำตาลข้าวฟ่างหวานและลิกโนเซลลูโลสข้าวฟ่างหวาน	2568	363,200	รอดำเนินการในปีงบประมาณ 2568

อาจารย์ธิดารัตน์ ศิริบูรณ์

ชื่อโครงการวิจัย	หน่วยงานที่ได้รับทุน	ปีที่ได้รับงบประมาณ
การศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆต่อการเปลี่ยน แปลงปริมาณธาตุอาหารในดินของข้าวไรซ์เบอรี่อินทรีย์	ทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2562 มหาวิทยาลัยแม่โจ้	2562
การศึกษาการเจริญเติบโตและลักษณะทางพืชไร่ของคำฝอยภายใต้การจัดการน้ำและปุ๋ยในระบบอินทรีย์	คณะผลิตกรรมการเกษตร	2565
การยกระดับคุณภาพชีวิตเกษตรกรและชุมชนด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม :บริบทพื้นที่ลำพูน	หน่วยบริหารและจัดการทุน บพท. ด้านการพัฒนาระดับพื้นที่	2565
การพัฒนาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงสำหรับการปลูกในระบบอินทรีย์	สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม	2567

อาจารย์ ดร. จุฑามาศ พิลาดี

ชื่อโครงการวิจัย	หน่วยงานที่ได้รับทุน	ปีที่ได้รับงบประมาณ	งบประมาณ (บาท)
การพัฒนาระบบการปลูกเลี้ยงและการเพิ่มศักยภาพการผลิตในการสกัดกลิ่นหอมของกล้วยไม้ไทยพันธุ์แท้บางชนิดเพื่อเป็นต้นแบบการนำไปใช้ประโยชน์ด้านเครื่องสำอางและการอนุรักษ์	สวก	2566	382,000
การเก็บรักษาเชื้อพันธุกรรมกล้วยไม้ไทยพันธุ์แท้ ในระยะยาวในธนาคารทรัพยากรชีวภาพแห่งชาติ	สวทช.	2562-2564	3,726,000
การรวบรวมและขยายพันธุ์กล้วยไม้ไทยพันธุ์แท้ โดยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เพื่อการอนุรักษ์และใช้เป็นยา	อพ.สธ.	2563	100,000
การมีส่วนร่วมในการศึกษารวบรวมกล้วยไม้ไทยพันธุ์แท้ พันธุ์แท้ที่มีกลิ่นหอมเพื่อการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์โดยการสกัดกลิ่นด้วยเชียร์บัตเตอร์	อพ.สธ.	2563	100,000
การศึกษาการเพาะเลี้ยงเอ็มบริโอและการขยายพันธุ์อินทผาลัมพันธุ์แม่โจ้ 36 โดยเทคนิควิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช	สวก.	2559-2560	1,304,600

<u>ส่วนที่ 4 ผลผลิต/ผลลัพธ์/ผลกระทบ</u>

1. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

☑ ด้านวิชาการ

บทความวิจัย	การเจริญเติบโตของข้าวฟ่างและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวฟ่างหวานสสายพันธุ์ดังเดิมและสายพันธุ์ที่ได้รับการพัฒนา เมื่อมีการปลูกแบบระบบน้ำหยดและการให้น้ำปกติ และการประเมินการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์
	ต้นแบบ/เทคโนโลยีการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตาลข้าวฟ่างหวานรวมถึงข้อมูลการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอนเครดิตในการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก
	การวิจัยและพัฒนาถุงเพาะชำจากกระดาษข้าวฟ่างเคลือบยางพาราจะช่วยเสริมสร้างความรู้ใหม่ในด้านการผลิตวัสดุธรรมชาติที่มีความคงทนและย่อยสลายได้ ผลการวิจัยนี้จะช่วยเสริมสร้างฐานความรู้ในด้านวิทยาศาสตร์การเกษตรและวัสดุศาสตร์
ผู้ได้รับผลประโยชน์	นักวิจัย คณาจารย์ นักศึกษา หน่วยงานเอกชน และประชาชนผู้สนใจ รวมถึงโรงงานอุตสาหกรรมที่มีความต้องการในการนำผลงานวิจัยนี้ไปใช้ประโยชน์

☑ ด้านสังคม

ด้านชุมชนและพื้นที่ และสิ่งแวดล้อม	นำองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่ได้ไปต่อยอดเพิ่มศักยภาพการผลิตต้นพันธุ์ข้าวฟ่าง และพัฒนาเป็นแหล่งเรียนรู้เผยแพร่ต่อไป
	นำองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่ได้ไปต่อยอดเพิ่มศักยภาพการผลิตต้นพันธุ์ข้าวฟ่าง และพัฒนาเป็นแหล่งเรียนรู้เผยแพร่ต่อไป
	การใช้ถุงเพาะชำจากกระดาษข้าวฟ่างเคลือบยางพาราจะช่วยลดปริมาณขยะพลาสติกในสิ่งแวดล้อม เนื่องจากวัสดุธรรมชาติเหล่านี้ย่อยสลายได้ง่ายในธรรมชาติ นอกจากนี้ การใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจะช่วยลดการสูญเสียทรัพยากรและเพิ่มความยั่งยืนในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ
ผู้ได้รับผลประโยชน์	เกษตรกร นักวิจัย นักศึกษา หน่วยงานเอกชน ประชาชนผู้สนใจ

☑ ด้านนโยบาย

ด้านนโยบาย	ส่งเสริมให้มีสายพันธุ์ข้าวฟ่างหวานที่เหมาะสมในการปลูกในสภาพแวดล้อมภาคเหนือ
ผู้รับผลประโยชน์	เกษตรกร นักวิจัย นักศึกษา หน่วยงานเอกชน ประชาชนผู้สนใจ

☑ ด้านเศรษฐกิจ

ด้านเศรษฐกิจ	ลดการนำเข้าพันธุ์จากต่างประเทศ สามารถนำมาผลิตน้ำส้มสายชูหมักหรือกรดแอซีติก
	การเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร การสร้างงานและการจ้างงานในชุมชน การลดต้นทุนการผลิตในระยะยาว และการเปิดโอกาสในการพัฒนา Carbon Credit
ผู้รับผลประโยชน์	เกษตรกรและชุมชนเกษตรกร ผู้ประกอบการและอุตสาหกรรมการเกษตร ภาคธุรกิจและผู้บริโภค และหน่วยงานภาครัฐ นักวิจัย นักศึกษา หน่วยงานเอกชน ประชาชนผู้สนใจ

1. ผลผลิตที่คาดว่าจะได้รับ (Output)

ชื่อโครงการ	บทความวิชาการ(TCI หรือ Q2 หรือ Q1)	องค์ความรู้ใหม่	กำลังคน (คน) นักศึกษา	ต้นแบบผลิตภัณฑ์	ต้นแบบเทคโนโลยี/กระบวนการใหม่	อนุสิทธิบัตร
ระดับชุดโครงการ	**4**	**4**	**3**	**4**	**3**	**2**
โครงการย่อยที่ 1	1	1	1	-	-	-
โครงการย่อยที่ 2	1	1	1	1	1	-
โครงการย่อยที่ 3	1	1	-	2	1	1
โครงการย่อยที่ 4	1	1	1	1	1	1

3. ผลลัพธ์ (Expected Outcomes) ที่คาดว่าเกิดขึ้น

ชื่อโครงการ	บทความวิชาการ(TCI หรือ Q2 หรือ Q1)	องค์ความรู้ใหม่	กำลังคน (คน) นักศึกษา	ต้นแบบผลิตภัณฑ์	ต้นแบบเทคโนโลยี/กระบวนการใหม่	อนุสิทธิบัตร
ระดับชุดโครงการ	**4**	**4**	**3**	**4**	**3**	**2**
โครงการย่อยที่ 1	1	1	1	-	-	-
โครงการย่อยที่ 2	1	1	1	1	1	-
โครงการย่อยที่ 3	1	1	-	2	1	1
โครงการย่อยที่ 4	1	1	1	1	1	1

เป้าหมายรายปี ปีงบประมาณ 2569	จำนวน	รายละเอียดผลผลิต/ผลลัพธ์
บทความวิจัย (TCI หรือ Q2 หรือ Q1)	4	(1) ผลงานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารฐาน Q1 หรือ Q2 เกี่ยวกับประเด็นเรื่อง ศักยภาพการปลูกข้าวฟ่างหวานในพื้นที่ภาคเหนือ (2) ผลงานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารฐาน Q1 หรือ Q2 เกี่ยวกับประเด็นเรื่อง การปรับปรุงพันธุ์และการปลูกข้าวฟ่างหวานจากระบบเซลล์เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสู่พื้นที่ภาคเหนือ (3) ผลงานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารฐาน Q1 หรือ Q2 เกี่ยวกับประเด็นเรื่อง การผลิตกรดแอซีติกด้วยแบคทีเรียที่คัดเลือกได้สำหรับการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวฟ่างหวาน (4) ผลงานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารฐาน Q1 หรือ Q2 เกี่ยวกับประเด็นเรื่อง การพัฒนาการสกัดผลึกนาโนเซลลูโลสเพื่อเสริมแรงในยางรถยนต์
องค์ความรู้ใหม่	4	(1) องค์ความรู้จากชุดข้อมูลสายพันธุ์ข้าวฟ่างหวานที่เหมาะสมในแต่ละช่วงฤดูกาลปลูก ควบคู่กับระบบการจัดการน้ำในแปลงปลูก (2) ศักยภาพของการปลูกข้าวฟ่างหวานจากระบบเซลล์เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสู่พื้นที่ภาคเหนือ (3) การผลิตน้ำส้มสายชูหมักหรือกรดแอซีติกจากข้าวฟ่างหวานรวมถึงข้อมูลการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอนเครดิตในการผลิต (4) การพัฒนาการเทคโนโลยีและวิธีการผลิตถุงเพาะชำจากกระดาษข้าวฟ่างหวานเคลือยยางพารา รวมถึงข้อมูลการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์
กำลังคน (คน)	3	(1) นักศึกษาวิจัยระดับปริญญาตรี จำนวน 3 คน (004-57) จาก 3 โครงการ
ต้นแบบผลิตภัณฑ์	4	(1) สายพันธุ์ข้าวฟ่างที่แข็งแรงและปรับตัวได้ดีในเชียงใหม่ (2) น้ำส้มสายชูหมักจากข้าวฟ่างหวาน (3) แบคทีเรียผู้ผลิตกรดแอซีติกที่คัดเลือกได้การพัฒนาการสกัดผลึกนาโนเซลลูโลสเพื่อเสริมแรงในยางรถยนต์ (4) ถุงเพาะชำรักษ์โลกจากกระดาษข้าวฟ่างเคลือบยางพารา
ต้นแบบเทคโนโลยี/กระบวนการใหม่	3	(1) ต้นแบบเทคโนโลยีในการปลูกข้าวฟ่างหวานในพื้นที่ทดสอบหรือด้วยระบบการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในพื้นที่ภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 1 เทคโนโลยี (2) เทคโนโลยีน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวฟ่างหวานรวมถึงข้อมูลการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอนเครดิตในการผลิต (3) ต้นแบบเทคโนโลยีการผลิตถุงเพาะชำรักษ์โลกจากกระดาษข้าวฟ่างเคลือบยางพาราจำนวน 1 เทคโนโลยี
อนุสิทธิบัตร	2	(1) อนุสิทธิบัตรในการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก (เลขคำขอ) (1) อนุสิทธิบัตรในการผลิตถุงเพาะชำรักษ์โลกจากกระดาษข้าวฟ่างเคลือบยางพารา (เลขคำขอ)

4. ผลกระทบ (Expected Impacts) ที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

ตารางแสดงรายละเอียดผลผลิต ผลลัพธ์ และผลกระทบที่ได้ของแผนงาน ประจำปีงบประมาณ 2569

เป้าหมายรายปี ปีงบประมาณ 2569	จำนวน	รายละเอียดผลผลิต/ผลลัพธ์	ผลกระทบ
บทความวิจัย (TCI หรือ Q2 หรือ Q1)	4	(1) ผลงานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารฐาน Q1 หรือ Q2 เกี่ยวกับประเด็นเรื่อง ศักยภาพการปลูกข้าวฟ่างหวานในพื้นที่ภาคเหนือ (2) ผลงานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารฐาน Q1 หรือ Q2 เกี่ยวกับประเด็นเรื่อง การปรับปรุงพันธุ์และการปลูกข้าวฟ่างหวานจากระบบเซลล์เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสู่พื้นที่ภาคเหนือ (3) ผลงานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารฐาน Q1 หรือ Q2 เกี่ยวกับประเด็นเรื่อง การผลิตกรดแอซีติกด้วยแบคทีเรียที่คัดเลือกได้สำหรับการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวฟ่างหวาน (4) ผลงานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารฐาน Q1 หรือ Q2 เกี่ยวกับประเด็นเรื่อง การพัฒนาการถุงเพาะชำจากกระดาษข้าวฟ่างหวานเคลือยยางพารา รวมถึงข้อมูลการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์	(1) เทคโนโลยีและนวตกรรมใหม่ๆ ของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ระบบกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ และเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้พัฒนาต่อยอดในงานวิจัย วิชาการ และเชิงธุรกิจ (2) ชุดข้อมูลการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในการปลูกและผลิตผลิตภัณฑ์จากข้าวฟ่างหวานทั้งในระดับต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ ที่สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นการประเมินคาร์บอนเครดิต รวมถึงแนวทางการลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ในการปลูกและการผลิตผลิตภัณฑ์จากข้าวฟ่างหวานและพืชเศรษฐกิจและพืชพลังงานอื่นๆ ได้ (3) เทคโนโลยีและนวตกรรมใหม่ๆ ของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ระบบกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ และเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้พัฒนาต่อยอดในงานวิจัย วิชาการ และเชิงธุรกิจ (4) ชุดข้อมูลการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก ที่สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นการประเมินคาร์บอนเครดิต รวมถึงแนวทางการลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์
องค์ความรู้ใหม่	4	(1) องค์ความรู้จากชุดข้อมูลสายพันธุ์ข้าวฟ่างหวานที่เหมาะสมในแต่ละช่วงฤดูกาลปลูก ควบคู่กับระบบการจัดการน้ำในแปลงปลูก (2) ศักยภาพของการปลูกข้าวฟ่างหวานจากระบบเซลล์เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสู่พื้นที่ภาคเหนือ (3) การผลิตน้ำส้มสายชูหมักหรือกรดแอซีติกจากข้าวฟ่างหวานรวมถึงข้อมูลการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอนเครดิตในการผลิต (4) การพัฒนาการเทคโนโลยีและวิธีการผลิตถุงเพาะชำจากกระดาษข้าวฟ่างหวานเคลือยยางพารา รวมถึงข้อมูลการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์	(1) ได้องค์ความรู้ที่พร้อมให้ประชาชน เกษตรกร หรือผู้ที่เกี่ยวข้องไปใช้งานได้จริงและเป็นประโยชน์ในการนำไปพัฒนาต่อยอดเชิงพื้นที่ เชิงธุรกิจ หรือด้านอื่น ๆ ได้ตามบริบทของผู้ต่อยอดการใช้งาน (2) ได้องค์ความรู้ที่พร้อมให้ประชาชน เกษตรกร หรือผู้ที่เกี่ยวข้องไปใช้งานได้จริงและเป็นประโยชน์ในการนำไปพัฒนาต่อยอดเชิงพื้นที่ เชิงธุรกิจ หรือด้านอื่น ๆ ได้ตามบริบทของผู้ต่อยอดการใช้งาน
กำลังคน (คน) นักศึกษา	3	(1) นักศึกษาวิจัยปริญญาตรี หรือโท หรือเอก รวม 3 คน	(1) ได้กำลังคนที่ได้รับการพัฒนาทั้งเชิงวิชาการ วิจัย และเชิงพื้นที่ ที่สามารถนำทักษะประสบการณ์ที่ได้รับจากการพัฒนานี้ ไปใช้ในการทำงานในระดับต่าง ๆ และในเชิงพื้นที่ รวมถึงในธุรกิจหรืออุตสาหกรรมของตนเองได้
ต้นแบบผลิตภัณฑ์	4	(1) สายพันธุ์ข้าวฟ่างที่แข็งแรงและปรับตัวได้ดีในเชียงใหม่ (2) น้ำส้มสายชูหมักจากข้าวฟ่างหวาน (3) แบคทีเรียผู้ผลิตกรดแอซีติกที่คัดเลือกได้การพัฒนาการสกัดผลึกนาโนเซลลูโลสเพื่อเสริมแรงในยางรถยนต์ (4) ถุงเพาะชำรักษ์โลกจากกระดาษข้าวฟ่างเคลือบยางพารา	(1) ต้นแบบถุงเพาะชำรักษ์โลกจากกระดาษข้าวฟ่างหวานเคลือบยางพารา ที่สามารถนำไปขยายผลในเชิงธุรกิจ/อุตสาหกรรมยางรถยนต์ รวมถึงธุรกิจใกล้เคียงที่มีความสนใจในการนำเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์ต้นแบบนี้ไปใช้ประโยชน์

ต้นแบบเทคโนโลยี/ กระบวนการใหม่	3	(1) ต้นแบบเทคโนโลยีในการปลูกข้าวฟ่างหวานในพื้นที่ทดสอบหรือด้วยระบบการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในพื้นที่ภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 1 เทคโนโลยี (2) เทคโนโลยีน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวฟ่างหวานรวมถึงข้อมูลการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอนเครดิตในการผลิต (3) ต้นแบบเทคโนโลยีการผลิตถุงเพาะชำรักษ์โลกจากกระดาษข้าวฟ่างเคลือบยางพาราจำนวน 1 เทคโนโลยี	ต้นแบบเทคโนโลยีและกระบวนการใหม่ ที่สามารถถ่ายทอดหรือบริการวิชาการ เพื่อส่งต่อให้กับผู้ประกอบการที่สนใจจะนำเทคโนโลยีหรือกระบวนการนำไปใช้ประโยชน์ เทคโนโลยีและนวตกรรมใหม่ๆ ของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ระบบกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ และเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้พัฒนาต่อยอดในงานวิจัย วิชาการ และเชิงธุรกิจ และพร้อมที่จะถ่ายทอดต่อไป
อนุสิทธิบัตร	2	(1) อนุสิทธิบัตรในการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก (เลขคำขอ) (2) อนุสิทธิบัตรในการผลิตถุงเพาะชำรักษ์โลกจากกระดาษข้าวฟ่างเคลือบยางพารา (เลขคำขอ)	ได้ความคุ้มครองทรัพย์สินทางปัญญาของเทคโนโลยีการผลิตน้ำส้มสายชูหมักและถุงเพาะชำรักษ์โลกจากกระดาษข้าวฟ่างเคลือบยางพารา ที่สามารถสร้างรายได้จากการจำหน่ายการใช้ประโยชน์จากอนุสิทธิบัตร ได้ความคุ้มครองทรัพย์สินทางปัญญาของเทคโนโลยีการผลิตเอทานอลและรถยนต์เสริมแรงด้วยผลึกนาโนเซลลูโลส ที่สามารถสร้างรายได้จากการจำหน่ายการใช้ประโยชน์จากอนุสิทธิบัตร
การถ่ายทอดเทคโนโลยี		(1) การถ่ายทอดเทคโนโลยี ให้กับกลุ่มเกษตรกรการยางภาคเหนือ (จ. เชียงใหม่ สถาบันเกษตรกรพร้าว) กลุ่มเป้าหมาย 30 คน	เกษตรกรผู้ปลูกยางพารา ที่สามารถสร้างรายได้เพิ่มจากการขายยางพาราเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตถุงเพาะชำรักษ์โลกจากกระดาษข้าวฟ่างเคลือบยางพารา

☑ ด้านวิชาการ

ด้านวิชาการ	สร้างแนวทางในการผลิตข้าวฟ่างให้มีประสิทธิภาพ ในการใช้ประโยชน์ทางด้านลำต้น และเมล็ด ประสิทธิภาพการใช้น้ำในการผลิต รวมทั้งการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (โครงการย่อยที่ 1)
	วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตต้นพันธุ์ข้าวฟ่างด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ สูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเพิ่มปริมาณต้นข้าวฟ่าง (โครงการย่อยที่ 2)
	องค์ความรู้และเทคโนโลยีการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากแบคทีเรีย พร้อมปริมาณคาร์บอนเครดิต ที่สามารถนำไปย่อยอดพัฒนาเทคโนโลยีให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งคุณภาพ มาตรฐานและการยอมรับของผลิตภัณฑ์ (โครงการย่อยที่ 3)
	ผลกระทบด้านวิชาการที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากโครงการนี้จะช่วยเสริมสร้างความรู้และเทคโนโลยีในการผลิตวัสดุธรรมชาติที่ยั่งยืน ส่งเสริมการแลกเปลี่ยนความรู้และความร่วมมือระหว่างนักวิจัย และสนับสนุนการพัฒนานโยบายและมาตรการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในอนาคต การวิจัยและพัฒนาถุงเพาะชำจากกระดาษข้าวฟ่างเคลือบยางพาราจะช่วยเสริมสร้างความรู้ใหม่ในด้านการผลิตวัสดุธรรมชาติที่มีความคงทนและย่อยสลายได้ (โครงการย่อยที่ 4)

☑ ด้านสังคม

ด้านสิ่งแวดล้อม	ได้ชุดข้อมูลสายพันธุ์ข้าวฟ่างหวานและระบบการจัดการน้ำในแปลงปลูกที่เหมาะสมในแต่ละช่วงเวลาฤดูกาลที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนไป ในแต่ละเดือน มีผลต่อการการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการผลิตข้าวฟ่าง (โครงการย่อยที่ 1)
	ได้วิธีการเพิ่มจำนวนการผลิตต้นพันธุ์ข้าวฟ่างด้วยเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงพันธุ์พืช (โครงการย่อยที่ 2)
	จะช่วยเสริมสร้างความรู้และความตระหนักรู้ในเรื่องการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม เพิ่มโอกาสในการพัฒนาที่ยั่งยืนในชุมชน และสร้างผลกระทบที่ดีต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว การใช้ถุงเพาะชำที่ย่อยสลายได้จะช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตและการกำจัดถุงพลาสติก (โครงการย่อยที่ 4)

☑ ด้านนโยบาย

ด้านนโยบาย	ตอบสนองนโยบายของประเทศ ในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม (โครงการย่อยที่ 1-4)

☑ ด้านเศรษฐกิจ

ด้านเศรษฐกิจ	สร้างธุรกิจใหม่เกี่ยวกับ carbon credit ควบคู่กับการ water footprint (โครงการย่อยที่ 1)
	นำองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่ได้ไปต่อยอดเพิ่มศักยภาพการผลิตต้นพันธุ์ข้าวฟ่าง และพัฒนาเป็นแหล่งเรียนรู้เผยแพร่ต่อไป (โครงการย่อยที่ 2)
	3น้ำส้มสายชูหมักและผลิตแบคทีเรียผู้ผลิตกรดแอซีติกที่คัดเลือกได้ที่สามารถนำไปต่อยอดในการพัฒนาในระดับต้นแบบอุตสาหกรรม (Pilot scale) หรือในด้านอื่นๆ เชิงพาณิชย์ทั้งในระดับ SME วิสาหกิจชุมชน เป็นต้น (โครงการย่อยที่ 3)
	4จะช่วยเสริมสร้างความยั่งยืนทางเศรษฐกิจ เพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร สร้างงานและรายได้ในชุมชน และเปิดโอกาสในการพัฒนาตลาดและการค้าระหว่างประเทศในอนาคต (โครงการย่อยที่ 4)

5. แผนที่ผลลัพธ์ (Outcome Mapping) ของชุดโครงการ

<u>โครงการย่อยที่</u> 1 คัดเลือกพันธุ์ข้าวฟ่างและช่วงเวลาที่เหมาะสมในการผลิตคาร์บอนเครดิต ในพื้นที่เชียงใหม่

Input	Activity	Output	Outcome
เมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่างหวาน ที่ใช้สำหรับคัดเลือกพันธุ์ที่มีการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมในเชียงใหม่	การรวบรวมพันธุ์ข้าวฟ่างจากแหล่งต่างๆ เพื่อนำมาปลูกและคัดเลือกพันธุ์ที่ทนทานให้ผลผลิตดี	พันธุ์ข้าวฟ่างที่ให้ผลผลิตดี มีการเจริญเติบโตดี	นำไปประยุกต์ในระบบการผลิตพืชได้
ชุดข้อมูลองค์การจัดการน้ำในแปลงปลูกข้าวฟ่างหวานด้วยระบบการให้น้ำปกติและระบบน้ำหยด	การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตต้นพันธุ์ข้าวฟ่าง	การเจริญเติบของข้าวฟ่างอย่างตรงตามพันธุ์และตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมอย่างดี	ลดภาระในการทำการเกษตรของเกษตรกร, เกิดความมั่นคงทางอาหารในชุมชน, ผู้ประกอบการมีต้นทุนการผลิตที่ลดลงจากการเปลี่ยนมาใช้กระบวนการผลิตที่ได้จากผลการวิจัย
วิธีการประเมินเบื้องต้นคาร์บอนเครดิตจากชุดโครงการระยะเฟสที่ 1	การเพาะปลูกข้าวฟ่างมีการปลดปล่อยคาร์บอนเครดิต ที่ช่วยปรับสมดุลกับธรรมชาติ	ทราบถึงปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนเครดิตตลอดระยะเวลาการปลูกข้าวฟ่าง	นำไปประยุกต์ใช้กับระบบการเกษตรต่างๆ ได้ และสามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้
นักวิจัยหรือนักศึกษาที่เป็นผู้ช่วยนักวิจัย	การจ้างบัณฑิต เพื่อพัฒนาศักยภาพการทำงาน	ได้พัฒนาศักยาภาพการทำงานทงานของบัณฑิต	กำลังคนที่มีประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น

<u>โครงการย่อยที่ 2</u> การคัดเลือกสายพันธุ์และการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตต้นพันธุ์ข้าวฟ่างหวาน ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

Input	Activity	Output	Outcome
เมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่างหวาน ที่ใช้ศึกษาสรีรวิทยา การเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของข้าวฟ่างที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ	การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตต้นพันธุ์ข้าวฟ่างด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ	ประสิทธิภาพของสารควบคุมการเจริญเติบโต กลุ่มไซโตไคนิน และออกซินที่เหมาะสมกับชิ้นส่วนที่นำไปฟอกฆ่าเชื้อ	ลดภาระในการทำการเกษตรของเกษตรกร, เกิดความมั่นคงทางอาหารในชุมชน, ผู้ประกอบการมีต้นทุนการผลิตที่ลดลงจากการเปลี่ยนมาใช้กระบวนการผลิตที่ได้จากผลการวิจัย
การศึกษาความเข้มรังสี และชนิดของรังสีที่เหมาะสม ต่อการชักนำการกลายพันธุ์และต่อการเจริญเติบโตเพิ่มประสิทธิภาพผลผลิต และมีการคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพ	การคัดเลือกสายพันธุ์โดยการใช้รังสีชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์เพิ่มประสิทธิภาพของผลผลิต	ประสิทธิภาพของสาร และความเข้มของสารที่เหมาะกับการชักนำการกลายพันธุ์เพื่อนำไปสู่การคัดเลือกพันธุ์ดีเพื่อนำไปใช้ในแปลงผลิตต่อไป	
เพื่อศึกษาสูตรอาหารแข็งและระบบ TIB ที่เหมาะสมในการเพิ่มศักยภาพการผลิตต้นพันธุ์ข้าวฟ่าง ต่อการปรับตัวในเขตภาคเหนือของประเทศไทย	สูตรอาหารที่เหมาะสมในการผลิตต้นกล้าข้าวฟ่างในสภาพปลอดเชื้อระบบอาหารปกติและTIB	ลักษณะสรีรวิทยาของต้นข้าวฟ่าง การเจริญเติบโตตามระยะต่างๆ ของข้าวฟ่างจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ	
ระยะเวลา 1 ปี งบประมาณ 495,000 บาท	ลักษณะสรีรวิทยาและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวฟ่างจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ	ได้องค์ความรู้สภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณต้นและการชักนำให้ออกรากข้าวฟ่างในระบบ TIB การเจริญเติบโตตามระยะต่างๆ ของข้าวฟ่าง และนำองค์ความรู้ไปออกแบบแผนการผลิตต้นพันธุ์ข้าวฟ่างในระดับอุตสาหกรรมได้	
นักวิจัยหรือนักศึกษาที่เป็นผู้ช่วยนักวิจัย	การปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมในประเทศไทยและช่วงวันปลูกที่เหมาะสม		
		การแสดงออกทางลำต้นและผลผลิตของต้นกล้าข้าวฟ่างต่อสภาพแวดล้อมในประเทศไทย	

<u>โครงการย่อยที่ 3</u> การพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวฟ่างหวานและปริมาณคาร์บอนเครดิตของผลิตภัณฑ์

Input	Activity	Output	Outcome
น้ำตาลจากต้นข้าวฟ่างหวาน	การหีบสกัดน้ำตาลจากลำต้นข้าวฟ่างหวาน	(1) น้ำส้มสายชูหมักข้าวฟ่างหวาน (2) แบคทีเรียผู้ผลิตกรดแอซีติกที่คัดเลือกได้ (3) เทคโนโลยีน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวฟ่างหวาน (4) ข้อมูลการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอนเครดิตในการผลิต (5) อนุสิทธิบัตรในการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก (เลขคำขอ) (6) ผลงานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารฐาน Q1 หรือ Q2	(1) ต้นแบบเทคโนโลยีและน้ำส้มสายชูหมักที่อยู่ในระดับ TRL4 ที่พร้อมนำไปสู่การผลิตในระดับ Pilot scale หรือนำไปพัฒนาต่อยอดให้อยู่ในระดับ TRL 5 เป็นต้นไป (2) ได้องค์ความรู้ที่พร้อมให้ประชาชน เกษตรกร หรือผู้ที่เกี่ยวข้องไปใช้งานได้จริงและเป็นประโยชน์ในการนำไปพัฒนาต่อยอดเชิงพื้นที่ เชิงธุรกิจ หรือด้านอื่น ๆ ได้ตามบริบทของผู้ต่อยอดการใช้งาน (3) ได้ความคุ้มครองทรัพย์สินทางปัญญาของเทคโนโลยีการผลิตเอทานอลและรถยนต์เสริมแรงด้วยผลึกนาโนเซลลูโลส ที่สามารถสร้างรายได้จากการจำหน่ายการใช้ประโยชน์จากอนุสิทธิบัตร
ผลไม้ธรรมชาติที่จะใช้เป็นแหล่งคัดเลือกแบคทีเรียผู้ผลิตกรดแอซีติกจากธรรมชาติ	วิธีการคัดเลือกแบคทีเรียผู้ผลิตกรดแอซีติกที่ทนต่อความเข้มข้นเอทานอลและทนความร้อนสูงขึ้น		
เทคโนโลยีการหมักเอทานอลและการหมักกรดแอซีติกเริ่มต้น	กระบวนการหมักเอทานอลและการหมักน้ำส้มสายชูหมักที่ได้จากการใช้แบคทีเรียผู้ผลิตกรดแอซีติกที่คัดเลือกได้และแบคทีเรียผู้ผลิตกรดแอซีติกเชิงการค้า		
ข้อมูลและเทคโนโลยีสำหรับการวิเคราะห์คาร์บอนเครดิต	การวิเคราะห์การปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอนเครดิต		
งบประมาณ 495,000 บาท ระยะเวลา 1 ปี	ค่าใช้สอย ค่าวัสดุ ค่าจ้างบริการและค่าสาธารณูปโภค		

<u>โครงการย่อยที่ 4</u> ถุงเพาะชำรักษ์โลกจากกระดาษข้าวฟ่างเคลือบยางพารา

Input	Activity	Output	Outcome
ชานข้าวฟ่างหวาน งบประมาณ 456,000 บาท ระยะเวลา 1 ปี (12 เดือน)	ศึกษาการทำเยื่อกระดาษและกระดาษจากต้นข้าวฟ่าง	ต้นฉบับบทความวิจัย (Manuscript)	เพิ่มการใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพ
นักวิจัยหรือนักศึกษาที่เป็นผู้ช่วยนักวิจัย	ศึกษาสูตรยางธรรมชาติที่เหมาะสมเป็นสารเคลือบบนกระดาษ	ทรัพย์สินทางปัญญา	เกษตรกรและชุมชนมีความรู้และทักษะในการใช้ถุงเพาะชำจากวัสดุธรรมชาติ
แนวทางการจัดการระบบ Zero – waste ของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรของข้าวฟ่างหวานในการผลิตผลึกนาโนเซลลูโลสเพื่อเสริมแรงในยางรถยนต์	การทดสอบคุณสมบัติของถุงเพาะชำ	ต้นแบบผลิตภัณฑ์ถุงเพาะชำจากกระดาษข้าวฟ่างหวานเคลือบยางพารา	การลดลงของขยะพลาสติกในพื้นที่การเกษตร
		การถ่ายทอดเทคโนโลยี	การสร้างภาพลักษณ์ที่ดีในตลาดโลกเกี่ยวกับการใช้วัสดุธรรมชาติและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ลงลายมือชื่อ หัวหน้าโครงการวิจัย/ผู้ร่วมวิจัย/ผู้บังคับบัญชาต้นสังกัด

ลงชื่อ .....

(ดร.ณัฐต์ณิชา สุขเกษม)

หัวหน้าชุดโครงการ

วันที่ 31 กรกฎาคม 2567

ลงชื่อ .....

(ผศ.ดร.นิกราน หอมดวง)

คณบดีวิทยาลัยพลังงานทดแทน

วันที่ 31 กรกฎาคม 2567