แบบฟอร์มข้อเสนอโครงการวิจัยและนวัตกรรม ฉบับสมบูรณ์ (Full Proposal)
งบประมาณเพื่อสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund; FF)
จัดสรรงบประมาณจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ปีงบประมาณ 2568
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

แผนงานของหน่วยงาน

แผนงาน ความเป็นกลางทางคาร์บอนและการจัดการของเสียและเศษเหลือทางการเกษตร

ข้อมูลทั่วไป

รายละเอียดโครงการ

รหัสโครงการ 4777645

รหัสข้อเสนอการวิจัย 2568A11112096

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การพัฒนาศักยภาพการผลิตข้าวฟ่างหวานสู่นวตกรรมผลิตภัณฑ์และพลังงานในระดับต้นน้ำสู่ปลายน้ำด้วยระบบ Zero – waste และคาร์บอนเครดิตต่ำ

ชื่อโครงการ (ภาษาอังกฤษ) Developing the potential of sweet sorghum production to product innovation and energy from upstream to downstream with zero-waste and low-carbon credit systems

งบประมาณเสนอขอ 1,445,000 บาท

งบประมาณรวมตลอดโครงการ 1,445,000 บาท

สถานะงาน ผู้ประสานหน่วยงานกำลังตรวจสอบ (3)

ประเภทของการวิจัย การวิจัยประยุกต์ (Applied Research)

โครงการวิจัยและนวัตกรรมนี้ ได้ยื่นขอรับการพิจารณาเป็นโครงการเพื่อขับเคลื่อนการบรรลุเป้าหมายตามยุทธศาสตร์ (โครงการสำคัญ) ของสำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ในปีงบประมาณที่ยื่นขอรับการจัดสรรงบประมาณ

ไม่ได้ยื่น

โครงการวิจัยและนวัตกรรมนี้ สอดคล้องหรือสนับสนุนแผนแม่บทย่อยใดมากที่สุด

23.1 แผนย่อย การวิจัยและพัฒนานวัตกรรม ด้านเศรษฐกิจ

ลักษณะโครงการ โครงการใหม่

ระยะเวลาโครงการ 1 ปี

โครงการยื่นเสนอขอรับทุนจากหน่วยงานอื่น ไม่ได้ยื่น

คำสำคัญ

คำสำคัญภาษาไทย	คาร์บอนเครดิต,การปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์,Zero-waste,เอทานอล,ผลึกนาโนเซลลูโลส,ข้าวฟ่างหวาน
คำสำคัญภาษาอังกฤษ	Carbon credits,CO2 emission,Zero-waste,Ethanol,nanocellulose crystal,sweet sorghu

สาขาการวิจัย

สาขาการวิจัยหลัก OECD	วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
สาขาการวิจัยย่อย OECD	เทคโนโลยีชีวภาพอุตสาหกรรม
สาขาที่เกี่ยวข้อง	เทคโนโลยีเกี่ยวกับชีวภาพอุตสาหกรรม

คณะผู้วิจัย

ชื่อ - สกุล	ตำแหน่งในโครงการ	สัดส่วนการมีส่วนร่วม
ดร. ณัฐต์ณิชา สุขเกษม หน่วยงาน : มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วิทยาลัยพลังงานทดแทน	หัวหน้าโครงการ	40.00
อ.ดร. ธิดารัตน์ ศิริบูรณ์ หน่วยงาน : มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ผลิตกรรมการเกษตร	ผู้ร่วมวิจัย	20.00
นางสาวจุฑามาศ พิลาดี หน่วยงาน : มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ผลิตกรรมการเกษตร	ผู้ร่วมวิจัย	20.00
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิวโรฒ บุญราศรี หน่วยงาน : มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วิศวกรรมและอุตสาหกรรมการเกษตร	ผู้ร่วมวิจัย	20.00

ข้อมูลโครงการ

บทสรุปข้อเสนอโครงการ

1. บทสรุปข้อเสนอโครงการ (ไม่เกิน 3000 คำ)

ข้าวฟ่าง (Sorghum: *Sorghum bicolor* (L.) Moench) เป็นธัญพืชที่มีความสำคัญเป็นอันดับห้าของโลกเป็นพืชที่ให้พลังงานคาร์โบไฮเดตรตสูง ในเขตแอฟาริกาจะนิยมบริโภคข้าวฟ่างเป็นจำนวนมาก 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 ประเมิน

ศักยภาพในการใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างหวานในเขตภาคเหนือของไทย ซึ่งจะสามารถนำไปต่อยอดการใช้ประโยชน์ในพื้นที่อื่น ๆ ของประเทศได้อีกด้วย อย่างไรก็ตาม ในการประเมินและพัฒนาศักยภาพการใช้ประโยชน์ของข้าวฟ่างหวานให้ครอบคลุมทั้งในระดับต้นน้ำสู่ปลายน้ำภายใต้การบริหารจัดการพลังงาน การผลิตคาร์บอนต่ำ และก่อให้เกิดการใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่าด้วย Zero waste การดำเนินงานของโครงการชุดวิจัยนี้ มีระยะเวลาการดำเนินงาน 1 ปี โดยมีการดำเนินงานตั้งแต่ในระดับต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ โดยใน**โครงการย่อยที่ 1 คือ โครงการย่อยที่ 1 การประเมินองค์ประกอบผลผลิตข้าวฟ่างและคาร์บอนเครดิตในการผลิตข้าวฟ่างหวาน** (ต้นน้ำ) เป็นการทดสอบการปลูกข้าวฟ่างหวานที่ได้จากกรมวิชาการเกษตร จังหวัดสุพรรณบุรี มาทำการปลูกในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อประเมินความเป็นไปได้และศักยภาพการปลูกข้าวฟ่างหวาน ควบคู่กับการประเมินการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างการปลูกในพื้นที่ทดสอบ ซึ่งสามารถนำไปขยายผลทั้งด้านศักยภาพการปลูกและการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ต่อได้ในพื้นที่จังหวัดอื่นๆ ขณะที่ **โครงการย่อยที่ 2 การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตต้นพันธุ์ข้าวฟ่างด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ** (ต้นน้ำ) เน้นการขยายโอกาสและศักยภาพในการแข่งขันด้านการปลูกให้มีประสิทธิภาพและศักยภาพด้านการปลูกเชิงเศรษฐกิจให้กับเกษตรกรที่มีศักยภาพทางธุรกิจสูง ให้สามารถทำการปลูกและผลิตผลผลิตจากข้าวฟ่างหวานที่ได้จากระบบการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช วิธีนี้จะได้ต้นข้าวฟ่างหวานที่มีคุณลักษณะทางสรีระวิทยาและทางกายภาพคงที่ เนื่องจากข้าวฟ่างหวานนี้ สามารถขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดที่ได้จากการผสมพันธุ์ทางธรรมชาติ ซึ่งสามารถส่งผลให้เกิดการแปรเปลี่ยนลักษณะทางพันธุกรรมได้ ดังนั้น การปลูกข้าวฟ่างหวานด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจะทำให้ได้สายพันธุ์ข้าวฟ่างหวานมีคุณลักษณะทางสรีระวิทยาและทางกายภาพคงเดิม ในทุกครั้งของการปลูกข้าวฟ่างหวาน สำหรับการดำเนินงานในช่วงกลางน้ำนั้น เป็นการดำเนินงานภายใต้ส่วนหนึ่งของ**โครงการย่อยที่ 3 การประเมินคาร์บอนเครดิตในการผลิตเอทานอลจากน้ำตาลข้าวฟ่างหวานและลิกโนเซลลูโลสข้าวฟ่างหวาน** ซึ่งจะเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตเอทานอลที่ได้จากการใช้น้ำตาลจากลำต้นข้าวฟ่างหวาน พร้อมประเมินการปลดปล่อยคาร์บอนได้ออกไซด์ตลอดกระบวนการผลิตเอทานอล ทั้งนี้ การดำเนินการในช่วงปลายน้ำ จะเป็นการดำเนินงานส่วนหนึ่งของโครงการย่อยที่ 3 ที่เป็นการนำลิกโนเซลลูโลสที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ มาใช้ในการผลิตน้ำตาลสำหรับเป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล ร่วมกับการดำเนินงานของ**โครงการย่อยที่ 4 การเพิ่มมูลค่าต้นข้าวฟ่างด้วยการสกัดผลึกนาโนเซลลูโลสเพื่อเสริมแรงในยางรถยนต์** ซึ่งจะเป็นการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ข้าวฟ่างหวานมาพัฒนาผลิตภัณฑ์พร้อมประเมินประสิทธิภาพในการเสริมแรงของผลึกนาโนเซลลูโลสในสูตรยางรถยนต์ควบคู่กับการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจากการดำเนินงานชุดโครงการนี้ จะก่อให้เกิดการใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างหวานอย่างสูงสุดด้วยระบบ Zero – waste นอกจากนี้ ในการดำเนินงานในชุดโครงการนี้ ยังเน้นการพัฒนานวตกรรมผลิตภัณฑ์จากวัสดุข้าวฟ่างหวานซึ่ง คือการผลิตผลึกนาโนเซลลูโลสเพื่อเสริมแรงของยางรถยนต์ เพื่อให้ยางรถยนต์มีความทนทานและพร้อมมีความยืดหยุ่นในการใช้งานมากขึ้น และพัฒนานวตกรรมการผลิตพลังงานเอทานอลให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นควบคู่กันไปในชุดโครงการวิจัยนี้เช่นกัน ยิ่งไปกว่านี้ โครงการนี้เน้นการผลิตผลิตภัณฑ์ด้วยระบบสังคมคาร์บอนต่ำ จึงได้มีการวิเคราะห์การปลดปล่อยคาร์บอนได้ออกไซด์ตั้งแต่ขั้นการปลูกจนถึงขั้นการผลิตผลิตภัณฑ์และพลังงานเอทานอล (ต้นน้ำถึงปลายน้ำ) ควบคู่กับการ วิเคราะห์และประเมินค่า Carbon credit (ต้นน้ำถึงปลายน้ำ) สิ่งที่เกิดขึ้นในอีกทางหนึ่ง เป็นการสร้างศักยภาพพืชพลังงานทางเลือกใหม่ให้แก่หลากหลายอุตสาหกรรมที่สามารถนำน้ำตาลข้าวฟ่างหวานและวัสดุลิกโนเซลลูโลสจากข้าวฟ่างหวานไปใช้ประโยชน์ได้ในอนาคต

หลักการและเหตุผล/ปัญหา/โจทย์การวิจัยและพัฒนานวัตกรรม

1. หลักการและเหตุผล/ปัญหา/โจทย์การวิจัย

ข้าวฟ่าง (Sorghum: *Sorghum bicolor* (L.) Moench) เป็นธัญพืชที่มีความสำคัญเป็นอันดับห้าของโลกเป็นพืชที่ให้พลังงานคาร์โบไฮเดตรตสูง ในเขตแอฟาริกาจะนิยมบริโภคข้าวฟ่างเป็นจำนวนมาก เป็นพืชที่มีน้ำตาลซูโครสเป็นองค์ประกอบอยู่ภายในลำต้นข้าวฟ่างหวาน ซึ่งสามารถบีบสกัดออกมาได้ด้วยกระบวนการเช่นเดียวกับน้ำตาลอ้อย จุดเด่นของข้าวฟ่าง คือ มีระยะเวลาในการปลูก

จนกระทั่งเก็บเกี่ยวเป็นระยะเวลา 4 เดือน ซึ่งมีระยะเวลาการปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวสั้นกว่าการปลูกอ้อยซึ่งใช้เวลานานถึง 10 – 12 เดือน ขึ้นกับชนิดและสายพันธุ์ของอ้อย อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบัน ต้นทุนราคาปุ๋ย ราคาพลังงาน และอื่น ๆ รวมถึงราคาอ้อยสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลให้เริ่มมีการสรรหาหรือคัดสรรพืชพลังงานทางเลือกมาทดแทนการใช้อ้อยเพื่อการบริโภคและการผลิตพลังงานเอทานอล ดังนั้น ข้าวฟ่างหวาน ซึ่งมีลักษณะทางสรีระวิทยาที่มีความคล้ายคลึงระหว่างอ้อยและข้าวโพด มีลำต้นขนาดใหญ่ พร้อมมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบในลำต้นข้าวฟ่างหวาน จึงส่งให้ข้าวฟ่างหวานเป็นจุดสนใจเพื่อจะศึกษา พัฒนา ประเมินศักยภาพในการใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างหวานในเขตภาคเหนือของไทย ซึ่งจะสามารถนำไปต่อยอดการใช้ประโยชน์ในพื้นที่อื่น ๆ ของประเทศได้อีกด้วย

อย่างไรก็ตาม ในการประเมินและพัฒนาศักยภาพการใช้ประโยชน์ของข้าวฟ่างหวานให้ครอบคลุมทั้งในระดับต้นน้ำสู่ปลายน้ำภายใต้การบริหารจัดการพลังงาน การผลิตคาร์บอนต่ำ และก่อให้เกิดการใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่าด้วย Zero waste ชุดโครงการนี้ได้ทำการประเมินศักยภาพการปลูกข้าวฟ่างหวานในแปลงทดลองในพื้นที่เชียงใหม่ควบคู่กับการประเมินศักยภาพการปลูกข้าวฟ่างหวานด้วยระบบการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ซึ่งเป็นกระบวนการในช่วงต้นน้ำของการปลูกข้าวฟ่างหวาน ในขณะที่การประเมินประสิทธิภาพการผลิตเอทานอลด้วยน้ำตาลจากต้นข้าวฟ่างหวานจะเป็นการดำเนินการในช่วงกลางน้ำ ทั้งนี้ การผลิตเอทานอลด้วยน้ำตาลที่ได้จากลิกโนเซลลูโลสข้าวฟ่างหวานและประเมินประสิทธิภาพในการเสริมแรงของผลึกนาโนเซลลูโลสในสูตรยางรถยนต์ จะเป็นการใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างหวานในช่วงปลายน้ำ ซึ่งจากการดำเนินงานชุดโครงการดังเส้นทางนี้ จะก่อให้เกิดการใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างหวานอย่างสูงสุดด้วยระบบ Zero – waste นอกจากนี้ ในการดำเนินงานในชุดโครงการนี้ ยังเน้นการพัฒนานวตกรรมผลิตภัณฑ์จากวัสดุข้าวฟ่างหวานซึ่ง คือการผลิตผลึกนาโนเซลลูโลสเพื่อเสริมแรงของยางรถยนต์ เพื่อให้ยางรถยนต์มีความทนทานและพร้อมมีความยืดหยุ่นในการใช้งานมากขึ้น และพัฒนานวตกรรมการผลิตพลังงานเอทานอลให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นควบคู่กันไปในชุดโครงการวิจัยนี้เช่นกัน ยิ่งไปกว่านี้ โครงการนี้เน้นการผลิตผลิตภัณฑ์ด้วยระบบสังคมคาร์บอนต่ำ จึงได้มีการวิเคราะห์การปลดปล่อยคาร์บอนได้ออกไซด์ตั้งแต่ขั้นการปลูกจนถึงขั้นการผลิตผลิตภัณฑ์และพลังงานเอทานอล (ต้นน้ำถึงปลายน้ำ) ควบคู่กับการ วิเคราะห์และประเมินค่า Carbon credit (ต้นน้ำถึงปลายน้ำ) สิ่งที่เกิดขึ้นในอีกทางหนึ่งเป็นการสร้างศักยภาพพืชพลังงานทางเลือกใหม่ให้แก่หลากหลายอุตสาหกรรมที่สามารถนำน้ำตาลข้าวฟ่างหวานและวัสดุลิกโนเซลลูโลสจากข้าวฟ่างหวานไปใช้ประโยชน์ได้ในอนาคต

ทั้งนี้ การพัฒนาศักยภาพการผลิตข้าวฟ่างหวานสู่นวตกรรมผลิตภัณฑ์และพลังงานในระดับต้นน้ำสู่ปลายน้ำด้วยระบบ Zero – waste และคาร์บอนเครดิตต่ำ มีการดำเนินงานที่นำไปสู่การได้มาซึ่งผลลัพธ์ ผลผลิตและผลกระทบในหลากหลายมิติที่สอดคล้องต่อแผนยุทธศาสต์ในระดับตั้งแต่ระดับชาติจนถึงระดับมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ซึ่งมีความสอดคล้องต่อ**แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 13** ตามลำดับความสำคัญ คือ มิติที่ 1 มิติความยั่งยืนของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ในประเด็นประเทศไทยมีเศรษฐกิจหมุนเวียนและสังคมคาร์บอนต่ำ ซึ่งชุดโครงการเน้นในด้านการจัดการเศษเหลือทางการเกษตร ซึ่งก็คือ ต้นข้าวฟ่างหวานที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์จากขั้นตอนในการปลูกและการผลิตข้าวฟ่างหวานทั้งในแปลงปลูกทดสอบจากเมล็ดพันธุ์และจากต้นอ่อนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เพื่อนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีมูลค่าสูงทางการตลาด หรือส่วนประกอบใหม่ที่เพิ่มเติมเข้าสู่ผลิตภัณฑ์เดิมเพื่อให้มีคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี ที่เอื้อต่อการใช้งานจริงของผลิตภัณฑ์ เช่น ผลึกนาโนเซลลูโลสเสริมในยางรถยนตร์ รวมถึงนำน้ำตาลจากลำต้นข้าวฟ่างหวานและซางต้นข้าวฟ่างหวานหลังหีบสกัดน้ำตาลแล้วมาใช้การผลิตเอทานอล และยังนำไปสู่การพัฒนาการใช้ประโยชน์จากเศษเหลือทางการเกษตรได้ดีให้เกิดเป็นเศรษฐกิจหมุนเวียน รวมถึงมีการประเมินศักยภาพการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในระหว่างการปลูกข้าวฟ่างหวานในแปลง การผลิตเอทานอลและการผลิตผลึกนาโนเซลลูโลส ทั้งนี้ ความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นข้าวฟ่างหวานในระหว่างการปลูกผลิตข้าวฟ่างหวานนั้น ก็สามารถนำมาใช้เป็นส่วนหนึ่งในการประเมินศักยภาพในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เป็นส่วนหนึ่งในการเป็นแหล่งดูดซับคาร์บอน (Carbon sink) ในพื้นที่ป่าและภาคการเกษตร (ซึ่งเป็น 1 ใน 3 ของแหล่งกักเก็บคาร์บอนทางธรรมชาติ คือ ป่าไม้ มหาสมุทร และ ดิน) ที่สามารถนำไปสู่การเป็นส่วนหนึ่งของความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon neutrality) ที่ปริมาณการปลด

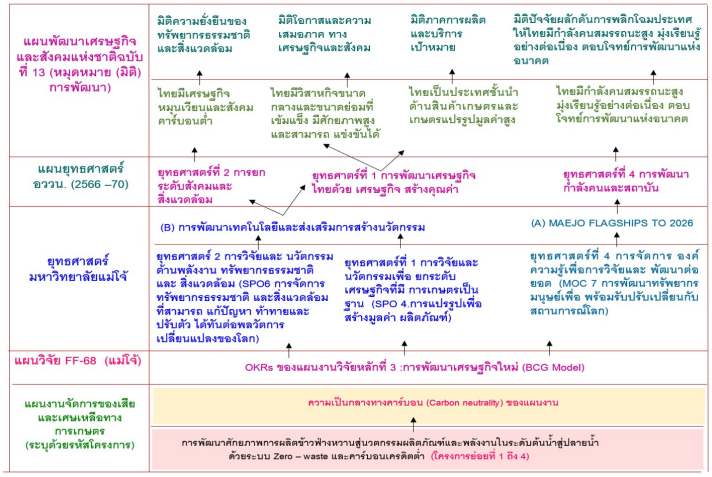
ปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ากับการดูดซับคาร์บอนที่สามารถบ่งบอกถึงการเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอน (Carbon sink)

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.การแปรรูปเพื่อสร้างมูลค่าผลิตภัณฑ์) เป้าประสงค์ที่ 2.2 มีผลงานวิจัยและนวัตกรรม ที่ใช้ เกษตรเป็นรากฐาน และได้รับการ ยอมรับในระดับชาติและนานาชาติ สำหรับความสอดคล้องต่อแผน อววน. ในประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 2 การยกระดับสังคมและ สิ่งแวดล้อม รองรับด้วยการดำเนินงานของแผนยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยแม่โจ้ คือ ยุทธศาสตร์ 2 การวิจัยและ นวัตกรรมด้านพลังงาน ทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อม (SPO6 การจัดการทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม ที่สามารถ แก้ปัญหา ท้าทายและปรับตัว ได้ทันต่อพลวัตการ เปลี่ยนแปลงของโลก) เป้าประสงค์ที่ 1.5 เป็นมหาวิทยาลัยสีเขียว ชั้นนำของประเทศด้านกายภาพ โครงสร้าง พื้นฐาน การจัดการเรียนการสอน การวิจัย และนวัตกรรม (Green University) ขณะที่ ยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัย ยุทธศาสตร์ที่ 4 การจัดการองค์ความรู้เพื่อการวิจัยและ พัฒนาต่อยอด (MOC 7 การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อ พร้อมรับปรับเปลี่ยนกับ สถานการณ์โลก) เป้าประสงค์ที่ 2.3 การให้บริการวิชาการ เพื่อสังคม ชุมชนด้วยองค์ความรู้ที่ได้รับการ ยอมรับในระดับนานาชาติ เป็นส่วนหนึ่งของยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยด้านยุทธศาสตร์และทิศทางการพัฒนามหาวิทยาลัย (A) MAEJO FLAGSHIPS TO 2026 ซึ่งยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยที่ 4 นี้ สอดคล้องต่อการพัฒนาตามแผนยุทธศาสตร์ อววน. ในประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 4 การพัฒนากำลังคนและสถาบัน โดยที่ผลลัพธ์ 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

ความเชื่อมโยงกับยุทธศาสตร์



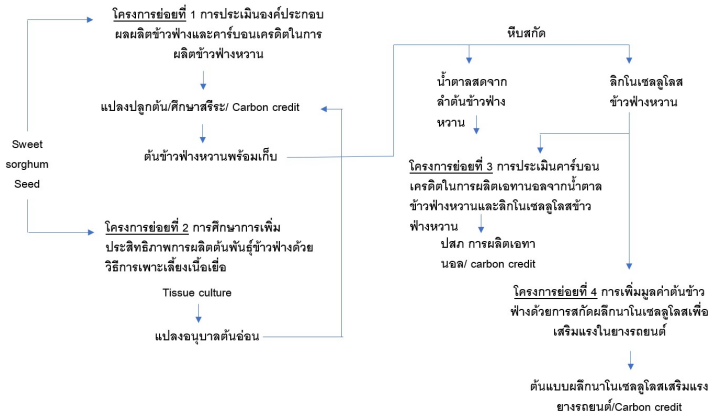
วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาศักยภาพการผลิตข้าวฟ่างหวานในระบบแปลงปลูกและการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชรองรับการเป็นพืชพลังงานเศรษฐกิจใหม่
2. เพื่อพัฒนานวตกรรมผลิตภัณฑ์และพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพจากข้าวฟ่างหวานและวัสดุเหลือใช้จากข้าวฟ่างหวาน
3. เพื่อพัฒนาศักยภาพการใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างหวานแบบครบวงจรตั้งแต่ต้นน้ำ จนถึงปลายน้ำด้วยระบบ zero waste ให้ได้ระบบการผลิตคาร์บอนต่ำ

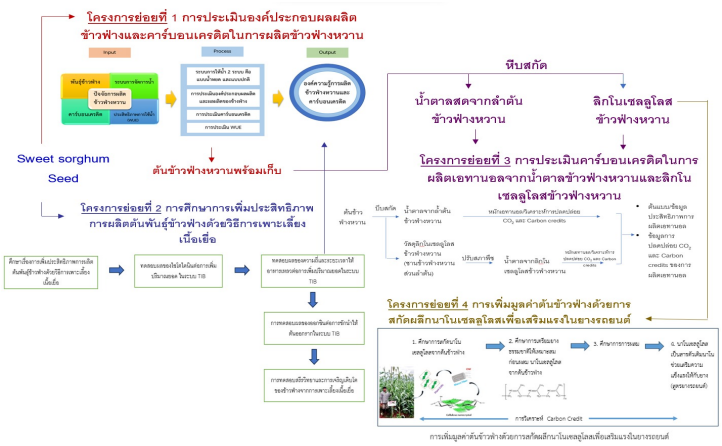
กรอบการวิจัย/พัฒนา

กรอบแนวคิดของชุดโครงการ ที่มุ่งเน้นการปลูก การผลิตพืช การผลิตผลิตภัณฑ์ ด้วยระบบ Zero – waste เพื่อให้เข้าสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน และการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทางการเกษตร มีรายละเอียดโดยสังเขปจากรูปข้างล่างต่อไปนี้

กรอบแนวคิดของชุดโครงการ



ภาพกรอบการวิจัยของชุดโครงการ



ภาพกรอบการวิจัยของชุดโครงการ

ทั้งนี้กรอบแนวคิดของโครงการย่อยทั้ง 4 ภายใต้ชุดโครงการ เป็นไปดังรายละเอียดต่อไปนี้

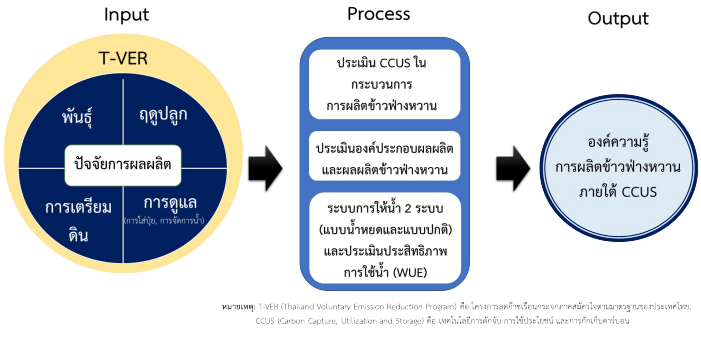
กรอบแนวคิดโครงการย่อยที่ 1

ภาวะโลกร้อน (global warming) ที่ทวีความรุนแรงมากขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากในชั้นบรรยากาศมีปริมาณก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gas) เพิ่มขึ้นจนเกินสมดุลของธรรมชาติ สาเหตุหลักมาจากกิจกรรมการดำรงชีวิตของมนุษย์ ส่งผลให้สภาพภูมิ

อากาศระดับโลกเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญ (Community Forest Bureau, 2014) ในปัจจุบันทั่วโลกได้พยายามจะแก้ไขและลดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นปัจจัยสำคัญในการเกิดภาวะเรือนกระจก วิธีหนึ่งที่สามารถทำให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาไม่ให้ลอยขึ้นไปสู่ชั้นบรรยากาศของโลก วิธีการกักเก็บที่ดีและประหยัดที่สุด และเป็นวิธีธรรมชาติที่สุด คือ การกักเก็บไว้ในต้นไม้และผลิตภัณฑ์ไม้ โดยต้นไม้จะดูดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis) นำมาสะสมไว้ในรูปของมวลชีวภาพ (biomass) (Zhu et al., 2008) ที่พืชจะนำมาเก็บไว้ทั้งในส่วนเหนือพื้นดิน (above–ground biomass) และใต้ดิน (below–ground biomass) ทำให้คาร์บอนถูกตรึงอยู่ในต้นไม้ (Viriyabuncha, 2003) จนกว่าจะมีการตัดต้นไม้ออกจากพื้นที่ไป ดังนั้น กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดขึ้นมากจะทำให้มีการนำแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้มาก และเกิดการสะสมคาร์บอนไดออกไซด์มากตามไปด้วย (Pumijumnong, 2007) จะเห็นได้ว่ากระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการกักเก็บคาร์บอน และการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ในส่วนต่าง ๆ ของพืช

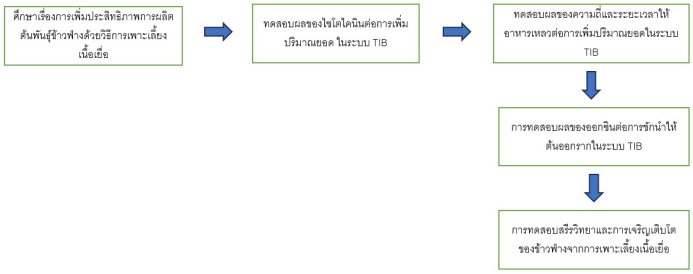
ข้าวฟ่างหวานเป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพและเป็นพืชทางเลือกใหม่ในการปลูกเป็นพืชพลังงานทดแทนที่น่าสนใจ และใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตเอทานอล โดยสามารถนำมาหีบเพื่อเอาน้ำคั้นมาหมักเป็นเอทานอลได้โดยตรง และข้าวฟ่างยังเป็นพืชที่มีอายุสั้นสามารถเก็บเกี่ยวได้ในระยะ 90-120 วัน (ประสิทธิ์ และคณะ, 2550) และมีความทนทานต่อความแห้งแล้ง จะเห็นได้ว่า Fikadu *et al*. (2021) ได้รายงานว่า ข้าวฟ่างที่ปลูก ณ ประเทศเอธิโอเปีย ในฤดูฝนจะให้ผลผลิตที่สูง เพราะว่ามีความชื้นมาก แต่ก็ยังน้อยกว่าข้าวฟ่างที่ปลูกในแปลงมีการจัดการน้ำ จะทำให้ข้าวฟ่างมีผลผลิตสูงและมีการเจริญเติบโตที่ดี นอกจากนี้ปรีชาและทักษิณา (2551) ยังได้รายงานว่า ฤดูปลูกมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวฟ่างหวานในสภาพแวดล้อมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น โดยปลูกช่วงเดือนธันวาคมให้ผลผลิตสูงที่สุด ส่วนค่าความหวานจะสูงเมื่อปลูกในช่วงเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม

อย่างไรก็ตามข้าวฟ่างยังเป็นพืชที่ปลูกในเชิงการค้าค่อนข้างน้อย เกษตรกรไม่ค่อยคุ้นเคย และองค์ความรู้ในการจัดการแปลงสำหรับพื้นที่ในประเทศไทยยังมีน้อยมาก ดังนั้นจึงควรศึกษาการผลิตข้าวฟ่างเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบเสริมสำหรับการผลิตเอทนอลในเชิงพาณิชย์โดยการหาวันปลูกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตที่จะนำไปเป็นพืชอาหารหรือพืชพลังงาน รวมทั้งยังศึกษาปริมาณคาร์บอนเครดิตในการปลูกข้าวฟ่าง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการผลิตให้สอดคล้องกับกำลังการผลิตและความต้องการต่อไป ดังนั้นงานวิจัยนี้มุ่งเน้นเพื่อศึกษาสรีรวิทยา การเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของข้าวฟ่าง ตลอดจนศึกษาศักยภาพการนำลำต้นข้าวฟ่างไปใช้ประโยชน์ โดยมีเป้าหมายเป็นเพื่อสร้างองค์ความรู้ในการผลิตข้าวฟ่างและการจัดการแปลงปลูกข้าวฟ่าง ตลอดจนการศึกษามวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน รวมถึงศักยภาพดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์และประสิทธิภาพการใช้น้ำของข้าวฟ่างในสภาพแวดล้อมในเขตภาคเหนือของประเทศไทย ดังกรอบการวิจัยที่แสดงในภาพที่ 1



ภาพกรอบแนวคิดการวิจัยโครงการย่อยที่ 1

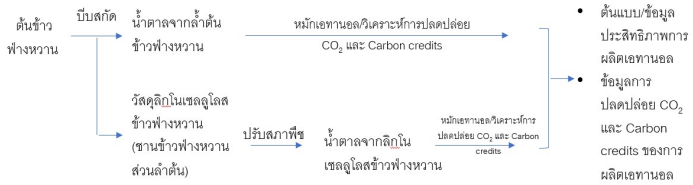
กรอบแนวคิดโครงการย่อยที่ 2



ภาพกรอบแนวคิดการวิจัยโครงการย่อยที่ 2

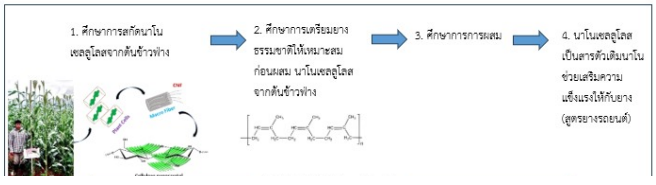
กรอบแนวคิดโครงการย่อยที่ 3

แนวคิดในการนำน้ำตาลและวัสดุลิกโนเซลลูโลสจากข้าวฟ่างหวาน ซึ่งเป็นวัสดุทางเลือกในการนำมาผลิตพลังงานทดแทนเอทานอล เป็นความท้าทายในการด้านวิจัยและนวัตกรรมในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำตาลสำหรับการหมักเอทานอล เนื่องจากโครงสร้างลิกโนเซลลูโลสที่ประกอบด้วยลิกนิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส โครงสร้างองค์ประกอบทั้ง 3 นี้ ยึดกันอย่างเหนียวแน่นและมีความแข็งแรงสูง ดังนั้น การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมเพื่อให้ได้เทคนิค วิธีการในการปรับสภาพทางเคมีและเอนไซม์ในระดับห้องปฏิบัติการที่ให้ประสิทธิภาพการผลิตน้ำตาลสูง ควบคู่การผลิตเอทานอล เพื่อให้ได้ชนิดและความเข้มข้นน้ำตาลกลูโคสที่มากเพียงพอสำหรับการหมัก เอทานอลโดยปราศจากการเติมน้ำตาลส่วนเพิ่มเติมนั้น จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งและมีความเร่งด่วนในการพัฒนากระบวนการผลิตเอทานอลจากวัสดุลิกโนเซลลูโลส ซึ่งสามารถนำมาทดแทนการใช้พืชอาหาร ได้แก่ น้ำตาลอ้อยและแป้งมันสำปะหลัง ได้อย่างดียิ่ง และเป็นการลดความเสี่ยงด้านความมั่นคงทางด้านอาหารจากการนำพืชพลังงานทั้ง 2 ชนิด มาผลิตพลังงานเอทานอล นอกจากนี้ ยังมีการวิเคราะห์การปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนเครดิตในการผลิตเอทานอลทั้งที่ได้จากการใช้น้ำตาลข้าวฟ่างหวานและลิกโนเซลลูโลสข้าวฟ่างหวาน นอกจากนี้ ผลงานวิจัยและประสิทธิภาพการผลิตเอทานอลจะนำไปสู่การพัฒนาระบบการผลิตเอทานอลด้วยข้าวฟ่างหวานหรือลิกโนเซลลูโลสอื่นๆ ในระดับโรงงานต้นแบบหรือในระดับอุตสาหกรรมต่อไป



ภาพที่ 4 กรอบการวิจัยของโครงการย่อยที่ 3

กรอบแนวคิดของโครงการย่อยที่ 4



ภาพที่ 5 กรอบการวิจัยของโครงการย่อยที่ 4

ขอบเขตการวิจัยชุดโครงการ (สรุปโดยย่อไม่เกิน 10 บรรทัด)

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

แนวคิด ทฤษฎี และสมมติฐานงานวิจัยและพัฒนานวัตกรรม

1. แนวคิด ทฤษฎี และสมมติฐานงานวิจัย

โครงการวิจัยย่อยที่ 1 การประเมินองค์ประกอบผลผลิตข้าวฟ่างและคาร์บอนเครดิตในการผลิตข้าวฟ่างหวาน

โลกกำลังเผชิญกับภาวะโลกร้อน (global warming) ที่มีแนวโน้มทวีความรุนแรงมากขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากเกิดการเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gas) ในชั้นบรรยากาศจนเกินสมดุลของธรรมชาติเป็นผลมาจากกิจกรรมการดำรงชีวิตของมนุษย์ เช่น ภาคอุตสาหกรรม พลังงาน ขนส่ง เกษตรกรรม รวมถึงการตัดไม้ทำลายป่า และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่าง ๆ ล้วนส่งผลให้สภาพภูมิอากาศทั้งในระดับท้องถิ่น ภูมิภาคและระดับโลกเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญ (Community Forest Bureau, 2014) ปัจจุบันทั่วโลกได้พยายามจะแก้ไขและลดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นปัจจัยสำคัญในการเกิดภาวะเรือนกระจก เช่น กดดันด้วยกลไก ราคาในการกำจัดแก๊สเรือนกระจก การลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด การพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิต การใช้พลังงานสะอาด และการใช้เทคโนโลยีดักจับและกักเก็บคาร์บอน การดักจับและกักเก็บคาร์บอนถือเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถทำให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาไม่ให้ลอยขึ้นไปสู่ชั้นบรรยากาศของโลก วิธีการกักเก็บที่ดีและประหยัดที่สุด และเป็นวิธีธรรมชาติที่สุด คือ การกักเก็บไว้ในต้นไม้และผลิตภัณฑ์ไม้ โดยต้นไม้จะดูดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis) นำมาสะสมไว้ในรูปของมวลชีวภาพ (biomass) (Zhu et al., 2008) ที่พืชจะนำมาเก็บไว้ทั้งในส่วนเหนือพื้นดิน (above–ground biomass) และใต้ดิน (below–ground biomass) ทำให้คาร์บอนถูกตรึงอยู่ในต้นไม้ (Viriyabuncha, 2003) จนกว่าจะมีการตัดต้นไม้ออกจากพื้นที่ไป ดังนั้น กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดขึ้นมากจะทำให้มีการนำแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้มาก และเกิดการสะสมคาร์บอนไดออกไซด์มากตามไปด้วย (Pumijumnong, 2007) จะเห็นได้ว่ากระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการกักเก็บคาร์บอน และการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ในส่วนต่าง ๆ ของพืช

ข้าวฟ่างหวานเป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพและเป็นพืชทางเลือกใหม่ในการปลูกเป็นพืชพลังงานทดแทนที่น่าสนใจ และใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตเอทานอล โดยสามารถนำมาหีบเพื่อเอาน้ำคั้นมาหมักเป็นเอทานอลได้โดยตรง และข้าวฟ่างยังเป็นพืชที่มีอายุสั้นสามารถเก็บเกี่ยวได้ในระยะ 90-120 วัน (ประสิทธิ์ และคณะ, 2550) และมีความทนทานต่อความแห้งแล้ง วัลลิภา และคณะ (2532) รายงานว่า ระยะเวลาการปลูกข้าวฟ่างเพื่อใช้เป็นพืชอาหารสัตว์และผลผลิตตอที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี โดยใช้ข้าวฟ่างสี

แดงพันธุ์ 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 สรุปคือช่วงปลูกข้าวฟ่างหวานที่เหมาะสมในเขตอาศัยน้ำฝนภาคกลางจะอยู่ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายนโดยผลผลิตต้นสดในช่วงต้นฤดูฝนจะให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกปลายฤดูฝน และปรีชาและทักษิณา (2551) ได้รายงานว่า ฤดูปลูกมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวฟ่างหวานในสภาพแวดล้อมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น โดยปลูกช่วงเดือนธันวาคมให้ผลผลิตสูงที่สุด ส่วนค่าความหวานจะสูงเมื่อปลูกในช่วงเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม นอกจากนี้ Fikadu *et al*. (2021) ยังได้รายงานเพิ่มเติมว่า ข้าวฟ่างที่ปลูก ณ ประเทศเอธิโอเปีย ในฤดูฝนจะให้ผลผลิตที่สูงและมีการเจริญเติบโตที่ดี เพราะว่ามีความชื้นมาก แต่ก็ยังน้อยกว่าข้าวฟ่างที่ปลูกในแปลงมีการจัดการน้ำ

อย่างไรก็ตามข้าวฟ่างยังเป็นพืชที่ปลูกในเชิงการค้าค่อนข้างน้อย เกษตรกรไม่ค่อยคุ้นเคย และองค์ความรู้ในการจัดการแปลงตั้งแต่การเลือกวันปลูกตลอดจนการจัดการระบบน้ำ สำหรับพื้นที่ในประเทศไทยยังมีน้อยมาก ดังนั้นจึงควรศึกษาการผลิตข้าวฟ่างหวานเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบเสริมสำหรับการผลิตเอทนอลในเชิงพาณิชย์โดยการหาพันธุ์ที่เหมาะสมและศึกษาการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตที่จะนำไปเป็นพืชอาหารหรือพืชพลังงาน รวมทั้งยังศึกษาปริมาณคาร์บอนเครดิตในการปลูกข้าวฟ่างหวาน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการผลิตให้สอดคล้องกับกำลังการผลิตและความต้องการต่อไป ดังนั้นงานวิจัยนี้มุ่งเน้นเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตลำต้นสดของข้าวฟ่าง ตลอดจนศึกษาปริมาณการดูดซับและการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของข้าวฟ่างและประสิทธิภาพการใช้น้ำของข้าวฟ่างในสภาพแวดล้อมในเขตภาคเหนือของประเทศไทย

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: หนึ่งปัจจัยสำคัญต่อการบรรลุเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนhttps://www.sdgmove.com/2022/07/07/sdg-updates-population-growth-matters-sdgs/

ศศิธร เพชรแสน, สันติภาพ ศิริวัฒนไพบูลย์, ดารินทร์ ล้วนวิเศษ, วณิชยา จรูญพงษ์ และศริยา อินทสิน. 2566. ปริมาณการกักเก็บ

คาร์บอนและคาร์บอนเครดิตจากป่าชุมชนห้วยหินขาวตำบลด่านศรีสุข อำเภอโพธิ์ตาก จังหวัดหนองคาย. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี** 11(1): 109-125.

โครงการวิจัยย่อยที่ 2 การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตต้นพันธุ์ข้าวฟ่างด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

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 การปลูกแต่ละช่วงเวลาให้ผลผลิตที่แตกต่างกัน 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 เก็บข้อมุลการเจริญเติบโตทุก 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 บริกซ์ ตามลำดับ 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 พบว่า ข้าวฟ่างที่ปลูกในฤดูฝน จะให้ผลผลิตที่สูง เพราะว่ามีความชื้นมากว่า แต่ก็ยังน้อยกว่าข้าวฟ่างที่ปลูกในแปลงมีการจัดการน้ำ จะทำให้ข้าวฟ่างมีผลผลิตสูงและมีการเจริญเติบโตที่ดี

เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชด้วยระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว (temporary immersion bioreactor: TIB

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชนอกจากการใช้อาหารวุ้นแบบดั้งเดิมนั้น ยังมีเทคโนโลยีสมัยใหม่ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น 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 (ภาพที่ 1)

1. สถานะเตรียมพร้อม หมายถึง สภาวะที่อาหารเหลวทั้งหมดอยู่ในภาชนะบรรจุอาหารเหลว ไม่มีการถ่ายเทอาหารเหลวไปยังถังเพาะเลี้ยงพืช ไม่มีการระบายอากาศ

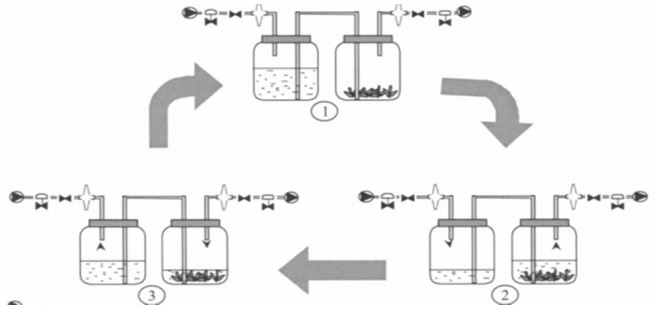
2. สถานะเติมอาหารเหลวในภาชนะเพาะเลี้ยง หมายถึง สภาวะที่อาหารเหลวถ่ายเทจากภาชนะบรรจุอาหารเหลวไปยังภาชนะเพาะเลี้ยงพืช มีอากาศอัดจ่ายเข้าไปยังภาชนะบรรจุอาหารเหลว และมีการระบายอากาศออกจากภาชนะเพาะเลี้ยงพืช

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

โครงการวิจัยย่อยที่ 3 การประเมินคาร์บอนเครดิตในการผลิตเอทานอลจากน้ำตาลข้าวฟ่างหวานและลิกโนเซลลูโลสข้าวฟ่างหวาน

ลิกโนเซลลูโลสและการปรับสภาพพืชลิกโนเซลลูโลส

ลิกโนเซลลูโลสิก (lignocellulosics) เป็นชีวมวลที่เป็นแหล่งวัตถุดิบที่มีมากที่สุดในโลกจัดเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่ประกอบไปด้วยเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสประมาณ 60-80% นอกจากเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ยังมีองค์ประกอบอื่นอยู่ในผนังเซลล์ของพืช มีทั้งส่วนที่ต้องทำการสกัด และที่ไม่ต้องสกัด โดยสารที่ต้องทำการสกัดประกอบไปด้วย ไขมัน แว๊กซ์ แทนนิน และ เรซิน เป็นต้น ขณะที่ ส่วนสารที่ไม่ต้องสกัด องค์ประกอบส่วนใหญ่คือพวกสารอนินทรีย์ เช่น ซิลิกา คาร์บอเนต และออกซาเลต เป็นต้น พืชลิกโนเซลลูโลสแต่ละชนิดจะมีอัตราส่วนระหว่างเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินไม่เท่ากันซึ่งจะขึ้นกับ ชนิดและอายุของพืชลิกโนเซลลูโลส โดยพืชลิกโนเซลลูโลสที่มีลิกนินมาก จะมีความแข็งสูง และในพืชลิกโนเซลลูโลสชนิดเดียวกัน พืชลิกโนเซลลูโลสที่มีอายุมากจะมีปริมาณลิกนินมาก

ตารางองค์ประกอบของลิกโนเซลลูโลสในพืชลิกโนเซลลูโลสต่างๆ

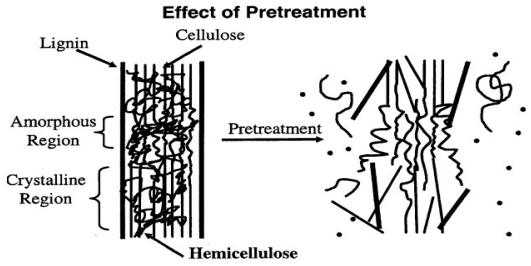
วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร	ร้อยละของเซลลูโลส	ร้อยละของเฮมิเซลลูโลส	ร้อยละของลิกนิน
เปลือกถั่ว	25-30	25-30	30-40
ซังข้าวโพด	45	35	15
ฟางข้าว	30	50	15
ชานอ้อย (Bagasse)	33.4	30	18.9
ต้นปาล์ม (Palm tree)	37.14	30.59	22.32

ต้นมันสำปะหลัง (Potato)	32.2	13.85	26.96

ที่มา : ดัดแปลงมาจาก Reshamwala et al.,1995; Cheung and Anderson, 1997; Boopathy, 1998; Dewes and Hunsche, 1998.

การปรับสภาพ (Pretreatment) พืชลิกโนเซลลูโลส

วัตถุดิบจัดเป็นปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตเอทานอล โดยมีค่าประมาณ 60-70% ของต้นทุนการผลิตของโรงงาน ดังนั้น ในการผลิตเอทานอลจึงสมควรให้ความสำคัญต่อวัตถุดิบ พืชลิกโนเซลลูโลสที่นำมาใช้ในการผลิตเอทธานอลนั้น ต้องผ่านกระบวนการปรับ สภาพ (pretreatment) พืชลิกโนเซลลูโลส เพื่อให้ได้น้ำตาลชนิดต่างๆ ในการที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบน้ำตาลตั้งต้นในการผลิตพลังงานทดแทนเอทธานอล การปรับสภาพวัตถุดิบพืชลิกโนเซลลูโลส นั้นทำให้เอนไซม์สามารถเข้าไปย่อยเซลลูโลสได้มากขึ้น เพื่อเปลี่ยนเป็นน้ำตาล และทำให้โครงสร้างที่เป็นผลึกของเซลลูโลส และลิกนินแตกออก ดังแสดงในภาพที่ 2 นอกจากนี้ การปรับสภาพวัตถุดิบพืชลิกโนเซลลูโลส มีประโยชน์ในการปรับปรุงโครงสร้างของน้ำตาลหรือเพิ่ม ความสามารถในขั้นตอนการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ให้ได้น้ำตาล ลดการสูญเสียคาร์โบไฮเดรตลดการเกิด by-products ซึ่งสามารถยับยั้งกระบวนการผลิตเอทธานอล นอกจากนี้การปรับสภาพวัตถุดิบพืชลิกโนเซลลูโลส



ภาพการปรับสภาพ (pretreatment) เพื่อทำลายโครงสร้างที่แข็งแรงของลิกโนเซลลูโลส

การปรับสภาพพืชลิกโนเซลลูโลส มีหลากหลายวิธี เช่น วิธีทางกายภาพ (Physical pretreatment) การใช้ความร้อน (Thermal heat treatment) วิธีการทางชีวภาพ (Biological pretreatment) ด้วยเอนไซม์หรือจุลินทรีย์ผู้ย่อยสลายพืชลิกโนเซลลูโลส และวิธีการทางเคมี(Chemical pretreatment) เช่น การปรับสภาพด้วยการใช้ด่าง (Alkali pretreatment) เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ และแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์หรือ กรด (Acid pretreatment) เช่น กรดซัลฟิวริก ไฮโดรคลอริก ไนตริก หรือฟอสฟอริก เป็นต้น ในการปรับสภาพด้วยด่างนั้น ผลของด่างที่ใช้ในกระบวนการแปลงสภาพจะขึ้นอยู่กับปริมาณของลิกนิน การใช้ด่างเจือจางในวัสดุลิกโนเซลลูโลสมีผลทำให้วัสดุมีความพรุนเพิ่มขึ้น เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส และทำลายโครงสร้างที่ยึดเกาะเกี่ยวกันระหว่างเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ขณะที่การปรับสภาพโดยการใช้กรดนั้น มีเป้าหมายเพื่อให้ได้น้ำตาลในปริมาณที่สูง ในกระบวนการปรับสภาพสามารถใช้ได้ทั้งกรดเข้มข้นและเจือจางในสภาวะที่มีปริมาณสารตั้งต้นน้อย (5-10% โดยน้ำหนัก) ที่อุณหภูมิสูง (T> 433K) หรือ ปริมาณสารตั้งต้นมาก (10-40% โดยน้ำหนัก) ที่อุณหภูมิต่ำ (T< 433K) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การปรับสภาพพืชลิกโนเซลลูโลสด้วยวิธีการต่าง ๆ นั้น มีจุดเด่นและจุดด้อยที่แตกต่างกัน ดังต่อไปนี้

ตารางจุดเด่นและจุดด้อยของการปรับสภาพวัตถุดิบลิกโนเซลลูโลสโดยวิธีการต่าง ๆ

วิธีการปรับสภาพ	จุดเด่น	จุดด้อย
1. ทางกายภาพ		
1.1 การลดขนาด	เป็นการปรับสภาพเบื้องต้นโดยการลดขนาดวัตถุดิบเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวของวัตถุดิบ	ต้องใช้ร่วมกับกระบวนการปรับสภาพอื่น ๆ
2. ทางกายภาพร่วมกับเคมี		
2.1 การระเบิดด้วยไอน้ำ	ใช้พลังงานต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับการบดด้วยเครื่องจักรอย่างเดียว มีความคุ้มค่าเมื่อใช้ในการปรับสภาพไม้เนื้อแข็งและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร	มีประสิทธิผลน้อยเมื่อใช้กับไม้เนื้ออ่อนทำลายส่วนประกอบของไซแลน (xylan) และก่อให้เกิดสารองค์ประกอบที่อาจไปขัดขวางการทำงานของจุลินทรีย์ที่ใช้ในกระบวนการต่อไปและเฮมิเซลลูโลสสูง
2.2 การระเบิดด้วยแอมโมเนีย	ช่วยเพิ่มอัตราการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล	มีประสิทธิผลน้อยเมื่อใช้ในการปรับสภาพชีวมวลที่มีองค์ประกอบของลิกนินสูง เช่น หนังสือพิมพ์ เศษไม้ และมีค่าใช้จ่ายสูงกว่าการระเบิดด้วยไอน้ำ
3. ทางเคมี		
3.1 การปรับสภาพด้วยโอโซน	มีประสิทธิภาพในการกำจัดลิกนิน ไม่ผลิตสารตกค้างที่เป็นพิษต่อกระบวนการต่อไป และปฏิกิริยาสามารถดำเนินได้ภายใต้สภาวะอุณหภูมิและความดันห้อง	ต้องใช้โอโซนปริมาณมากในกระบวนการปรับสภาพ
3.2 การปรับสภาพด้วยกรด	สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยเซลลูโลสได้	มีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าการปรับสภาพทางกายภาพร่วมกับเคมี และจำเป็นต้องปรับ pH ให้เป็นกลางก่อนหลังจากทำปรับสภาพเพื่อไม่ให้ขัดขวางการทำงานของกระบวนการในขั้นต่อไป
3.3 การปรับ	เป็นกระบวนการที่ง่ายและ	จำเป็นต้องทำการปรับ pH

วิธีการปรับสภาพ	จุดเด่น	จุดด้อย
1. ทางกายภาพ		
สภาพด้วยด่าง	ไม่ต้องใช้พลังงานมากเมื่อเทียบกับการปรับสภาพด้วยกรด และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยสลายชีวมวล	ให้เป็นกลางก่อนหลังจากทำการปรับสภาพเพื่อไม่ให้ขัดขวางการทำงานของกระบวนการในขั้นต่อไป
3.4 การออกซิเดชัน	สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ในขั้นต่อไปได้ และปฏิกิริยาสามารถดำเนินได้ภายใต้สภาวะอุณหภูมิและความดันห้อง	สารเคมีที่ใช้มีราคาสูง เช่น H2O2
4. ทางชีวภาพ	ใช้พลังงานน้อย ไม่ใช้สารเคมีในกระบวนการทำให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม	อัตราการย่อยสลายที่เกิดขึ้นค่อนข้างต่ำทำให้ต้องใช้เวลานานในการย่อยสลายและใช้พื้นที่ในการผลิตมาก

เอทานอลและทฤษฎีการผลิตไบโอเอทานอล

เอทานอล (Ethanol หรือ Ethyl Alcohol) เป็นแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่ง มีคุณสมบัติติดไฟง่ายไม่มีสี เป็นสารประกอบเคมีที่เป็นพิษอ่อนๆ ประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนมีสูตรโมเลกุล คือ CH3CH2OH หรือ C2H5OH ประโยชน์ของเอทานอลมากมายที่เห็นในชีวิตประจำวันมีด้วยกันหลายอย่าง เช่น ใช้ในการผลิตเครื่องดื่ม ใช้ในการผลิตยา เป็นตัวทำละลาย ใช้เป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน ใช้ในการผลิตเครื่องสำอาง และในปัจจุบันได้นำเอทานอลไปใช้เป็นพลังงานทดแทนในเครื่องยนต์

ตารางสมบัติทางกายภาพและเคมีของเอทานอล

รายละเอียด	คุณสมบัติ
สถานะ	ของเหลว
สี	ใส ไม่มีสี
กลิ่น	เฉพาะตัว
น้ำหนักโมเลกุล	46.07
จุดเดือด (องศาเซลเซียส)	78
จุดหลอมเหลว/จุดเยือกแข็ง (องศาเซลเซียส)	-114
ความถ่วงจำเพาะ	0.789
ความหนาแน่นไอ	1.6
ความหนืด (เซ็นติพ้อยส์)	1.41
ความดันไอ (มิลลิเมตรปรอท)	43 (ที่ 20 องศาเซลเซียส)

ความสามารถในการละลายน้ำ (กรัม/100 มิลลิลิตร)	100

การผลิตเอทานอลจากน้ำตาลด้วยเชื้อยีสต์ ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรก ยีสต์จะใช้น้ำตาลเชิงเดี่ยว (Monosaccharide) เป็นอาหาร และเปลี่ยนน้ำตาลเป็นเอทธานอลโดยกระบวนการไกลโคไลซิส (Glycolysis) ในสภาวะที่ไม่ใช้ออกซิเจนดังสมการ

เชื้อยีสต์

$$C_6H_{12}O_6 \text{ --------} > 2CH_3CH_2OH + 2CO_2$$

โดยตามทฤษฎี น้ำตาลกลูโคสร้อยละ 100 จะถูกเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และเอทานอลร้อยละ 48.9 และ 51.1 โดยน้ำหนักตามลำดับ แต่ในทางปฏิบัติจะเกิดการสูญเสียได้เป็นสารประกอบอื่นๆ หรือใช้ในการสร้างเซลล์ของยีสต์ การผลิตเอทธานอลด้วยการหมักเอทานอลแบบแบทช์ (Batch fermentation) เป็นวิธีการหมักเอทานอลที่ใช้กันมากที่สุด ซึ่งเป็นการหมักไบโอเอทธานอลที่มีการใส่แหล่งอาหารและยีสต์พร้อมกันเข้าไปในถังหมัก โดยทั่วไปการหมักแบบแบทช์ สารอาหารจะถูกใช้อย่างสมบูรณ์ภายใน 36-48 ชั่วโมง ผลผลิตเอทธานอลที่ได้ประมาณ 90-95% ของผลผลิตทางทฤษฎี ซึ่งปริมาณเอทานอลสุดท้ายได้ประมาณ 10-16% โดยน้ำหนัก ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดสับสเตรท โดยในระหว่างการหมักปริมาณเซลล์ สับสเตรท

การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ ที่เกี่ยวข้อง

การผลิตไบโอเอทานอล

การผลิตไบโอเอทธานอลจากพืชลิกโนเซลลูโลสนั้น วิธีการปรับสภาพต่าง ๆ ถูกนำมาใช้กับเพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลโดยรวมที่ได้จากการปรับสภาพ แต่รายงานการวิจัยส่วนใหญ่ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ชนิดของน้ำตาลที่ได้หลังการปรับสภาพพืชลิกโนเซลลูโลส ซึ่งชนิดและปริมาณของน้ำตาลองค์ประกอบที่ได้จากการปรับสภาพมีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตไบโอเอทธานอล จุลินทรีย์ผู้ผลิตโดยขึ้นกับชนิดและความสามารถในการใช้น้ำตาลจากพืชลิกโนเซลลูโลสของจุลินทรีย์ผู้ผลิต ในการผลิตไบโอเอทธานอล ได้มีการศึกษาประสิทธิภาพของการย่อยฟางข้าวด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1% ที่อุณหภูมิ 160 oC และ 180 oC เป็นเวลา 1-5 นาที แล้วทำการไฮโดรไลซีสด้วยเอนไซม์ พบว่า ได้ผลผลิตน้ำตาลสูงถึง 83% (Hsu, T. et.al. ,2010) นอกจากนี้ ได้มีการใช้วิธีการปรับสภาพพืชลิกโนเซลลูโลสโดยการใช้ เกลืออนินทรีย์ ได้แก่ NaCl, KCl, $CaCl_2$, $ZnCl_2$, และ $FeCl_3$ ที่ความเข้มข้น 0.5% ที่อุณหภูมิ 200 oC เวลา 15 min $FeCl_3$ พบว่า เกลืออนินทรีย์ช่วยลดปริมาณเฮมิเซลลูโลสได้ ช่วยลดปริมาณไซแลนที่เป็นส่วนประกอบในเฮมิเซลลูโลส 71.6% และเพิ่มปริมาณของน้ำตาลจากการย่อยของเอนไซม์ โดยประสิทธิภาพในการปรับสภาพพืชวัตถุดิบสามารถจัดเรียงปริมาณน้ำตาลที่ได้จากการปรับสภาพตามลำดับ ต่อไปนี้ $FeCl_3$ > $ZnCl_2$ > $CaCl_2$ > KCl > NaCl (Kang K. et. al., 2013) ซึ่งปริมาณน้ำตาลที่ได้จากการใช้เกลืออินทรีย์มีปริมาณต่ำกว่าการใช้กรดซัลฟูริก นอกจากนี้ ได้มีความพยายามในการเพิ่มปริมาณน้ำตาลด้วยการใช้สารปรับสภาพที่มีความปลอดภัยในการปฏิบัติ เช่น การเพิ่มประสิทธิการย่อยของฟางร่วมกับก้านมัสตาร์ด (MSS) โดยการปรับสภาพด้วยเกลือหรือโซเดียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 0.1-5 N ที่อุณหภูมิ 121oC เป็นเวลา 60 min พร้อมเปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลที่ได้จากการปรับสภาพ โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 M พบว่า โซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้ม 1 N มีประสิทภาพสูงสุด โดยกำจัดลิกนินถึง 26% ซึ่งใกล้เคียงกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่สามารถกำจัดลิกนินได้ถึง 28% การปรับสภาพด้วยเกลือถือเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถลดต้นทุนเทคโนโลยีในการผลิตเอทานอล จากวัตถุดิบประเภทลิกโนเซลลูโลส ซึ่งมีราคาที่ถูกและไม่เป็นพิษเมื่อเทียบกับการปรับสภาพด้วยสารละลายด่างอื่นๆซึ่งมีราคาที่สูงกว่าในการการผลิต Banerjee D. et. al. (2016) การศึกษาการผลิตเอทธานอลเปลือกข้าวที่ผ้านการปรับสภาพด้วยปูนขาว 100 mg ต่อเปลือกข้าว 1 g ซึ่งให้น้ำตาลสูงสุดที่ 126 ± 1 mg ตัวอย่างน้ำตาลที่นำเข้าสู่กระบวนการหมักโดยใช้ recombinant *E. coli* สายพันธุ์ FBR5 ในการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นเอทา

นอล ด้วยกระบวนการ separate hydrolysis and fermentation (SHF) และ simultaneous saccharification and fermentation (SSF) พบว่า ระบบ SHF ได้ความเข้มข้นของเอทานอล 9.8 ± 0.5 g/l ซึ่งมีความหนาแน่นของเซลล์สูงที่สุด ที่ A 660 nm ถึง 6.5± 0.5 ในเวลา 19 h ส่วนในระบบ SSF ความเข้มข้นของเอทานอล 11.0 ± 1.0 g/l ที่เวลา 53 h (C. Saha B. et. al. ,2008) นอกจากนี้ได้มีการผลิตเอทธานอลจากจอกน้ำด้วยการหมัก วัชพืชน้ำ 3 ชนิด แบบกะ ได้แก่ ผักตบชวา จอกน้ำ และธูปฤาษี ที่อุณหภูมิ 30 oCความเข้มข้นเซลล์เริ่มต้นและความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์เริ่มต้นที่เหมาะสมคือ 1×108 cell/ml และ 20 g/l ตามลำดับ พบว่า การหมักแบบกะผักตบชวาให้ความเข้มข้นของ เอทานอล (P) ผลได้ของการผลิต (Yps) และอัตราการผลิตเอทานอล (Qp) สูงสุดเท่ากับ 9.28 g/l 0.46 g/gS และ 0.39 g/l/h ตามลำดับ เมื่อหมักเป็นเวลา 24 h ซึ่งสูงกว่าผลของวัชพืชน้ำอื่น (สุจิตรา และคณะ., 2556)

ในอดีตที่ผ่านมาได้มีการศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตไบโอเอทานอลจากข้าวโพดประเทศสหรัฐอเมริกา โดยพบว่า ข้าวโพดสามารถเปลี่ยนไปเป็นเอทานอลที่ 2.7-2.8 gallons per bushel และได้ distillers' dried grains with soluble หรือ DDGS ที่อัตรา 17 pounds per bushel ผลการผลิตไบโอเอทานอลที่ได้นี้ สร้างผลกระทบที่ดีอย่างมีนัยสำคัญต่อการเศรษฐศาสตร์การเกษตรและอัตราการใช้พลังงานอย่างยิ่ง (Mosier and Ileleji, 2012) พร้อมวิเคราะห์ Life cycle assessment ของกระบวนการผลิตไบโอเอทานอลและโรงงานไฟฟ้าจากข้าวโพด (Nalladurai et al., 2014) เช่นเดียวกับในประเทศอาร์เจนตินาที่มีการวิเคราะห์ Life cycle assessment ของกระบวนการผลิตไบโอเอทานอล เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทน (Carla et al., 2014) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการศักยภาพที่ดีของการใช้ข้าวโพดและวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดในการผลิตไบโอเอทานอล ทั้งนี้ ได้มีรายงานวิจัยที่ศึกษาการผลิตไบโอเอทานอลจากการใช้ส่วนต่างๆ ของข้าวโพด เช่น ต้น ใบ ดอก ซัง และ เปลือกข้าวโพด ด้วยการใช้สารละลายกรดในการปรับสภาพ และย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Cellulase เพื่อให้ได้น้ำตาลเป็นวัตถุดิบในการผลิต การปรับสภาพด้วยสารละลายกรด สามารถกำจัด Hemicellulose ได้ในปริมาณสูง นอกจากนี้ น้ำตาลจากการย่อยสลายเซลลูโลสด้วยเอนไซม์ ได้ปริมาณน้ำตาลสูงถึง 94.2% อัตราการผลิตไบโอเอทานอลที่ 24 กรัมต่อลิตร เมื่อใช้ส่วนต่างๆ ของข้าวโพดรวมกันยกเว้นดอก ขณะที่ การใช้ดอกข้าวโพดเพียงอย่างเดียว ให้อัตราการผลิตน้ำตาลที่ 86% และอัตราการผลิตไบโอเอทานอลที่ 17.1 กรัมต่อลิตร (Ping, et al., 2016) ในทำนองเดียวกัน มีรายวิจัยที่แสดงถึงความสำเร็จของการใช้ซังข้าวโพดเป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอเอทานอล ซึ่งนำมาปรับสภาพด้วยสารละลายกรดซัลฟูริคเข้มข้น 1% โดยปริมาตร นาน 120 นาที ให้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ถูกปลดปล่อยจากโครงสร้างพืชที่ 34.53 กรัมต่อลิตร และได้อัตราการผลิตเอทานอลที่ 131.3 กรัมเอทานอล คิดเป็น % ethanol yield ที่ 71.6% (Di et al., 2016) การพัฒนาการผลิตเอทานอลในระดับอุตสาหกรรมได้รับการพัฒนาด้วยกระบวนการหมักแบบ simultaneous saccharification and fermentation (SSF) จากการใช้ซังข้าวโพดที่ผ่านการปรับสภาพด้วยสารเคมีและเอนไซม์ Cellulase ซึ่งให้ความเข้มข้นเอทานอลที่ผลิตได้ที่ 75.07 กรัมต่อลิตร และได้ ethanol yield ที่ 89.38% โดยการใช้ *Saccharomyces cerevisiae* (Lei et al., 2014) นอกจากนี้ ได้มีการพัฒนากระบวนการปรับสภาพข้าวโพดด้วยการเติมเอนไซม์กลุ่ม Non-starch polysaccharide enzymes BluZy-P XL cocktail และเปรียบเทียบกับวิธีการที่ไม่มีการเติมเอนไซม์ พบว่า การหมักเอทานอลที่มีการเติมเอนไซม์ มีอัตราการผลิตเอทานอลที่เร็วกว่า และมี % ethanol yield ที่สูงกว่าระบบที่ไม่มีการเติมเอนไซม์ (Luangthongkam et al., 2015)

10. เอกสารอ้างอิงของโครงการวิจัย

1. กมลดารา เหรียญสุวรรณ วีระ เฟื่องฟ้าวิทยานุกูล นิกรานหอมดวง ชวโรจน์ ใจสิน วัชรพงศ์ โพธา นิมิต ขยัน ฤทัยรัตน์ แสนปาน. (2555). *การพัฒนาต้นแบบการจัดการขยะครบวงจรในระดับหมู่บ้าน : กรณีศึกษาหมู่บ้านวังป้อง ตำบลเหมืองแก้ว อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่*. เครือข่ายการบริหารการวิจัยภาคเหนือตอนบน สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา
2. กระทรวงพลังงาน. 2557. *สถานการณ์พลังงาน.* เข้าถึงได้จาก: http://slideplayer.in.th/slide/2178840/. (สืบค้นวันที่ 23 มกราคม 2559).
3. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. [ม.ป.ป.]. *คู่มือการพัฒนาพลังงานทดแทนชุดที่ 2 พลังงานก๊าซชีวภาพ.* เข้า

ถึงได้จาก : http://www.able.co.th/Upload/File/21.pdf. (สืบค้นวันที่ 24 มกราคม 255)

4. บริษัท ศูนย์วิจัยกสิกรไทย จำกัด. (2005). **ผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวาน**. เข้าถึงได้จาก : http://www.positioningmag.com. (สืบค้นวันที่ 25 มกราคม 2559).
5. แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก [ม.ป.ป.]. *กรอบแผนการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก.* เข้าถึงได้จาก : http://www.enconfund.go.th/pdf/index/aedp25.pdf. (สืบค้นวันที่ 24 มกราคม 2559)
6. แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 11. (2555). *บทที่ 5 ยุทธศาสตร์ความเข้มแข็งภาคเกษตร ความมั่นคงของอาหาร และพลังงาน.* เข้าถึงได้จาก : http://www.nesdb.go.th/Portals/0/news/plan/p11/plan11.pdf. (สืบค้นวันที่ 30 มกราคม 2559).
7. แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก [ม.ป.ป.]. *กรอบแผนการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก.* เข้าถึงได้จาก : http://www.enconfund.go.th/pdf/index/aedp25.pdf. (สืบค้นวันที่ 24 มกราคม 2559)
8. นโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ ฉบับที่ 8. (2555*). กลยุทธ์การวิจัยที่ 5 พัฒนาอุตสาหกรรมผลิตพลังงานชีวภาพและพลังงานทางเลือกอื่น.* เข้าถึงได้จาก : http://www1.nrct.go.th/downloads/ps/55/08/strategy8/01_nayo.pdf. (สืบค้นวันที่ 30 มกราคม 2559).
9. นคร ทิพยาวงศ์. (2553). *เทคโนโลยีการแปลงสภาพชีวมวล.* พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
10. เอกสารประกอบอบรม. (2554). *กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะปราศจากออกซิเจน.* เข้าถึงได้จากhttp://www.clinictech.most.go.th/online/techlist/attachFile/

20111261832311.pdf. (สืบค้นวันที่ 25 มกราคม 2559).

1. พลกฤษณ์ คุ้มกล่ำ. (2557). *การผลิตก๊าซชีวภาพจากฟางข้าว.* เข้าถึงได้จาก : http://repository.rmutp.ac.th/bitstream/handle/123456789/1866/SCI_58_12.pdf?sequence=1. (สืบค้นวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2559).
2. ชนกพร วงษ์วัน และอรทัย ชวาลภาฤทธิ์. (2555). *การผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักร่วมของต้นข้าวโพดที่ปรับสภาพเบื้องต้นร่วมกับของเสียกลีเซอรอล*. การประชุมวิชาการแห่งชาติครั้งที่ 9, กรุงเทพฯ
3. นฤมล เซาะกระโทก. (2555). *การผลิตก๊าซชีวภาพจากกากตะกอนดีแคนเตอร์ของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบร่วมกับน้ำเสียจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็ง.* วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
4. อับดุลลาตีฟ ดอรอแม และ สินินาฏ จงคง. 2557. *การผลิตน้ำตาลรีดิวซ์จากเปลือกกล้วยด้วยสารละลายน้ำส้มสายชู.* ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิศวสารลาดกระบัง ปีที่ 31 ฉบับที่ 1 มีนาคม 2557
5. Carla Pieragostini, Pío Aguirre, Miguel C. Mussati. (2014). Life cycle assessment of corn-based ethanol production in Argentina. Science of the Total Environment, 472, 212–225
6. Chen G., Zheng Z, Yang S, Fang C, Zou X, Luo Y. (2010).*Experimental co-digestion of corn stalk and vermicompost to improve biogas production.* Waste Management 30, 1834–1840.
7. Chen C., Zheng D., Gang–Jin L., Liang–Wei D., Long Y., Zhan–Hui F. (2015). *Continuous dry fermentation of swine manure for biogas production.* Waste Management, 38 436–442.
8. Cheng Lei, Jian Zhang, Lin Xiao, Jie Bao. (2014). *An alternative feedstock of corn meal for industrial fuel ethanol production: Delignified corncob residue*. Bioresource Technology, 167, 555–559
9. D'Antonio CM and Vitousek PM. (1992). *Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle, and global change.* Annual Review of Ecology and Systematics 23:63-87.

10. Di Cai, Zhongshi Dong, Yong Wang, Changjing Chen, Ping Li, Peiyong Qin, Zheng Wang, Tianwei Tan. (2016.) Biorefinery of corn cob for microbial lipid and bio-ethanol production: An environmentally friendly process. Bioresource Technology, 211, 677–684
11. Hassan M., Weimin D., Jinhua B., Esmaeil M., Zahir A.and Huang H. (2016). *Methane enhancement through oxidative cleavage and alkali solubilization pre-treatments for corn stover with anaerobic activated sludge.* Bioresource Technology 200, 405–412.
12. Kothari R., Pandeyb A.K., Kumarb S., Tyagic V.V.and Tyagi S.K. (2014). Different aspects of dry anaerobic digestion for bio-energy. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 39 174–195.
13. Luangthongkama, P., Fanga, L., Noomhormb, A. and Lamsal, B. (2015). *Addition of cellulolytic enzymes and phytase for improving ethanol fermentation performance and oil recovery in corn dry grind process.* Industrial Crops and Products, 77, 803–808.
14. Mosier, S. Nathan and Ileleji, Klein. (2012). *How Fuel ethanol is Made from Corn*. Purdue extension (ID328), Department of Agricultural and Biological Engineering, Purdue University
15. Nalladurai Kaliyan, R. Vance Morey,Douglas G. Tiffany, Won F. Lee. (2014). *Life cycle assessment of a corn stover torrefaction plant integrated with a corn ethanol plant and a coal fired power plant*. Biomass and bioenergy, 63, 92,100.
16. Ping Li, Di Cai, Zhangfeng Luo, Peiyong Qin, Changjing Chen, Yong Wang, Changwei Zhang, Zheng Wang, Tianwei Tan. (2016). *Effect of acid pretreatment on different parts of corn stalk for second generation ethanol production.* Bioresource Technology, 206, 86–92
17. Ramos I.and Fdz-Polanco M. (2014). *Microaerobic control of biogas sulphide content during sewage sludge digestion by using biogas production and hydrogen sulphide concentration.* Chemical Engineering Journal 250 303–311.
18. Xu J., J. Cheng J., R. Sharma-Shivappa R., and C. Burns J. (2010). *Lime pretreatment of switchgrass at mild temperatures for ethanol production*. Bioresource Technol., 101, 2900–2903.
19. Yadav K. Srilekha, Shaik Naseeruddin, G. Sai Prashanthi, Lanka Sateesh, L. Venkateswar Rao . (2011) . *Bioethanol fermentation of concentrated rice straw hydrolysate using co-culture of Saccharomyces cerevisiae and Pichia stipitis*. Bioresource Technology (102) 6473–6478
20. Zhong W., Zhang Z., Luo Y., Sun S., Qiao W.and Xiao M. (2011). *Effect of biological pretreatments in enhancing corn straw biogas production*. Bioresource Technology 102 11177–11182.
21. Zhong W., Zhang Z., Luo Y., Qiao W., Xiao M., Zhang M. (2012). *Biogas productivity by co-digesting Taihu blue algae with corn straw as an external carbon source*. Bioresource Technology 114 281–286.
22. Zhou S, Zhang Y and Dong Y. (2012). *Pretreatment for biogas production by anaerobic fermentation of mixed corn stover and cow dung.* Energy 46 644-648.

โครงการวิจัยย่อยที่ 4 การเพิ่มมูลค่าต้นข้าวฟ่างด้วยการสกัดผลึกนาโนเซลลูโลสเพื่อเสริมแรงในยางรถยนต์

การสกัดผลึกนาโนเซลลูโลสจากต้นข้าวฟ่างเพื่อเป็นสารเสริมแรงในยางธรรมชาติ

เนื่องด้วยสมบัติที่ดีและปริมาณการใช้งานของยางธรรมชาติ (NR) เป็นหนึ่งในวัสดุยางที่สำคัญที่สุดที่มีสมบัติที่ดีในด้านความ

เป็นยาง มีความสามารถในการหักงอ กระเด้งกระดอนได้ดี และมีความต้านทานต่อการขัดถู น้ำยางจากต้นยางพารา (Hevea brasiliensis) ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของยาง NR ในเชิงพาณิชย์ทั้งหมดและค้นพบครั้งแรกเมื่อเกือบ 500 ปีก่อนในช่วงการเดินทางครั้งแรกของยุโรปไปยังอเมริกา ยาง NR เป็นโพลีเมอร์ชีวภาพชนิดเดียวที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและสังคมที่มีการใช้งานจริงจนถึงช่วงกลางศตวรรษที่ 20 ปัจจุบันนี้ยาง NR ถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายกว่า 50,000 ผลิตภัณฑ์ (เช่น กาว ยางรถ ถุงมือ ถุงยางอนามัย สารเคลือบ ฯลฯ) และการใช้งานยังคงอยู่มีการขยายตัวขึ้นเรื่อยๆ (Rippel & Galembeck, 2009 Steward, Hearn & Wilkinson, 2000) ยาง NR ถูกสกัดแยกออกจากอิมัลชันสีขาวประกอบด้วยอนุภาคนาโนของ cis-1,4-polyisoprene อนุภาคน้ำยางมักมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 นาโนเมตรหรือมากกว่า การกระจายตัวมีความเสถียร โดย ฟอสโฟลิพิด คาร์โบไฮเดรต โปรตีนและไอออนโลหะ (Ballauff et al., 1996, Sansatsadeekul et al., 2011) ในขั้นตอนการทำให้ยางแห้งหรือการรวมตัวกันของอนุภาคยาง หรือการจับตัวกันแต่ละอนุภาคน้ำยาง ปรากฏการณ์นี้ค่อยๆ เพิ่มความเป็นเนื้อเดียวกันของน้ำยางและสมบัติเชิงกล (Steward et al., 2000)

สมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติ สามารถปรับปรุงให้ดีขึ้น โดยการเชื่อมขวาง (Gopalan Nair & Dufresne, 2003) และการเติมสารตัวเติมเสริมแรง ที่มีโครงสร้างเคมีแตกต่างกัน และต้องมีขนาดของ aggregate หรือ aspect ratio ที่เหมาะสมกับการใช้งานซึ่งเกี่ยวข้องกับผลึกนาโนเซลลูโลส (Abraham et al., 2013; Bras et al., 2010; Gu, Li, Jia, Luo และ Cheng, 2009; Gu, Lin, Luo และ Jia, 2012; Pasquini, Teixeira, Curvelo, Belgacem, & Dufresne, 2010: Xu, Gu, Luo, & Jia, 2012, Xu, Gu, Luo, Jia, and Yan, 2015) นอกจากนี้เนื่องจากยาง NR มีความยืดหยุ่นสูงและความแข็งต่ำ ยาง NR จึงเป็นเมทริกซ์ที่สมบูรณ์แบบสำหรับใช้เป็นแบบเพื่อศึกษาผลของการเสริมแรงของสารตัวเติมเสริมแรง การใช้ฟิลเลอร์เป็นสารเสริมแรงจะได้รับการคิดค้นส่วนใหญ่ในด้านวัสดุศาสตร์ อนุภาคนาโน เช่น ท่อนาโนคาร์บอน เซรามิค และเส้นใยธรรมชาติ (Bendahou, Kaddami, Espuche, Gouanvé & Dufresne, 2011; Müller, Laurindo & Yamashita, 2009; Pötschke, Bhattacharyya, Janke, & Goering, 2003; Zhao, Morgan, & Harris , 2005) สามารถปรับปรุงสมบัติของเมทริกซ์โพลิเมอร์ได้ ไม่เพียงแต่สมบัติทางกลเท่านั้น (Azizi Samir, Alloin, & Dufresne, 2005; Goffin et al., 2011; He et al., 2006) แต่ยังรวมถึงความเป็นผลึก (Camarero-Espinosa, Boday, Weder, & Foster, 2015) และความสามารถในการซึมผ่าน (Belbekhouche et al., 2011 Follain et al., 2013) ของเมทริกซ์สามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อเพิ่ม nanofiller คาร์บอนแบล็คเป็นสารตัวเติมที่นิยมใช้ยาง NR โดยมีการใช้งานที่หลากหลาย คาร์บอนแบล็คผลิตจากน้ำมันปิโตรเลียมและเป็นสารก่อมะเร็ง การใช้งานจึงลดลงด้วยการทดแทนด้วยส่วนประกอบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อลดอันตรายต่อสุขภาพและปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ในบริบทนี้วัสดุธรรมชาติและวัสดุทดแทน เช่น อนุภาคนาโนโพลีแซคคาไรด์ เป็นตัวเลือกที่สมบูรณ์แบบสำหรับการผลิตวัสดุคอมโพสิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมชนิดใหม่มีน้ำหนักเบา (L i n & Dufresne, 2013a)

ในหมู่โพลีแซคคาไรด์เซลลูโลสเป็นวัสดุที่มีมากที่สุดและวัสดุนาโนเซลลูโลสเซลลูโลสสามารถสกัดได้จากแหล่งทรัพยากรธรรมชาติหลายชนิด (Jonoobi et al., 2015; Lavoine, Desloges, Dufresne & Bras, 2012) หรือ nanocrystals (CNC) (Dufresne, 2013 ; Mariano, El Kissi, & Dufresne, 2014) โดยทั่วไปจะได้จากการย่อยสลายกรดของเส้นใยเซลลูโลส (Lin & Dufresne, 2014a, Roman & Winter, 2004) ซึ่งเป็นการทำพอลิเมอร์มีน้ำหนักโมเลกุลเล็กลง และการละลายบริเวณอสัณฐาน ส่วนที่เป็นผลึกสูงสามารถใช้เป็นสารเสริมแรงได้ (Silva & d'Almeida, 2009) ในงานด้านชีวการแพทย์ (Lin & Dufresne, 2014b), การเคลือบ (Poaty, Vardanyan, Wilczak, Chauve, & Ried, 2014) และไฮโดรเจล (Lin & Dufresne, 2013b) การใช้งานอื่นๆ เนื่องจากมีค่าโมดูลัสสูง ความหนาแน่นต่ำ ความเสถียรของมิติและความสามารถในการปรับปรุงพื้นผิว (Habibi, 2014; Siqueira, Bras, & Dufresne, 2010) สารตัวเติมนาโนซึ่งมักจะมีพื้นผิวจำเพาะสูง มีส่วนช่วยในการปรับปรุงสมรรถนะทางกลให้แก่ยางธรรมชาติแม้ใช้สารตัวเติมนาโนที่มีปริมาณน้อย (Duf 2010) อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของ CNC เกี่ยวกับสมบัติเชิงกลคอมโพสิตขึ้นอยู่กับการกระจายตัวและการมีอันตกิริยากับเมทริกซ์ อันตกิริยาเหล่านี้สามารถเปลี่ยนพฤติกรรมทางรีโอโลยีของอนุภาคยางผสมกับ CNC ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการใช้งานด้านเคลือบผิว (Grüneberger, Künniger, Zimmermann และ Arnold, 2014: Vardanyan et al., 2014)

เมทริกซ์ NR ซึ่งไม่ชอบน้ำ และ CNC ซึ่งชอบน้ำ ทำให้วัสดุ 2 อย่างนี้ไม่สามารถเข้ากันได้และในระดับโมเลกุลไม่เกิดอันตกิริยาเพียงพอ ทำให้ยับยั้งการเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของวัสดุ ยิ่งไปกว่านั้นการรวมตัวของ CNC สามารถนำไปสู่การกระจายตัวที่ไม่ดีในเมทริกซ์และทำหน้าที่เป็นจุดรวมของความเค้นซึ่งส่งผลให้คุณสมบัติของคอมโพสิตไม่ดี วิธีทั่วไปในการปรับปรุงและควบคุมการยึดเกาะและอันตกิริยาระหว่างกันโดยการใช้วิธีทางเคมี เช่น การ grafting บนพื้นผิว CNC เพื่อให้เกิดอันตกิริยา กับเมทริกซ์ อีกแนวทางหนึ่งที่มีศึกษาน้อยมากก็คือ การปรับเปลี่ยนเมทริกซ์ของสารโซ่พอลิเมอร์ให้สามารถยึดติดกับฟิลเลอร์ ในการศึกษาครั้งนี้ได้มีการทำปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของอนุภาคน้ำยาง (ใช้ KMnO4 เป็นสารออกซิแดนท์) เพื่อกระตุ้นการแทรกตัวของหมู่ไฮดรอกซิลในโซ่ polyisoprene พื้นผิว หมู่เหล่านี้คาดว่าจะสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างโซ่ NR และ CNC ตามรายงานในการศึกษาเพื่อปรับปรุงความเข้ากันได้ของส่วนผสมที่ประกอบด้วย NR และแป้ง (T, Carvalho และ Gandini, 2015) นอกจากนี้มีการศึกษาผลของระดับออกซิเดชันของน้ำยางที่มีต่อสมบัติทางรีโอโลยีของสารแขวนลอยยาง NR ผสม CNC และสมบัติเชิงกล การบวมพองและสมบัติความร้อนของวัสดุนาโนคอมโพสิต

เอกสารอ้างอิง

Abraham, E., Thomas, M. S., John, C., Pothen, L. A., Shoseyov, O., & Thomas, S.(2013). Green nanocomposites of natural rubber/nanocellulose: Membranetransport, rheological and thermal degradation characterisations. IndustrialCrops and Products, 51, 415–424.

M. Mariano et al. / Carbohydrate Polymers 137 (2016) 174–183 183

Azizi Samir, M. A. S., Alloin, F., & Dufresne, A. (2005). A review of recent researchinto cellulosic whiskers, their properties and their application innanocomposite field.

Biomacromolecules, 6, 612–626.Ballauff, M., Bolze, J., Dingenouts, N., Hickl, P., & Pötschke, D. (1996). Small-angleX-ray scattering on latexes. Macromolecular Chemistry and Physics, 197,3043–3066.

Belbekhouche, S., Bras, J., Siqueira, G., Chappey, C., Lebrun, L., Khelifi, B., et al.(2011). Water sorption behavior and gas barrier properties of cellulosewhiskers and microfibrils films. Carbohydrate Polymers, 83, 1740–1748.

Bendahou, A., Kaddami, H., Espuche, E., Gouanvé, F., & Dufresne, A. (2011).Synergism effect of montmorillonite and cellulose whiskers on the mechanicaland barrier properties of natural rubber. Macromolecular Materials andEngineering, 296, 760–769.

Bercea, M., & Navard, P. (2000). Shear dynamics of aqueous suspensions ofcellulose whiskers. Macromolecules, 33, 6011–6016.

Bras, J., Hassan, M. L., Bruzesse, C., Hassan, E. A., El-Wakil, N. A., & Dufresne, A.(2010). Mechanical, barrier, and biodegradability properties of bagassecellulose whiskers reinforced natural rubber nanocomposites. Industrial Cropsand Products, 32, 627–633.

Camarero-Espinosa, S., Boday, D. J., Weder, C., & Foster, E. J. (2015). Cellulosenanocrystal driven crystallization of poly(D,L-lactide) and improvement of thethermomechanical properties. Journal of Applied Polymer Science, 132,app.41607.

Dufresne, A. (2010). In S. Thomas, & R. Stephem (Eds.), Rubber nanocomposites:Preparation, properties and applications (pp. 113–145). Singapore: John Wiley &Sons (Asia).

Dufresne, A. (2013). Nanocellulose – A new ageless bionanomaterial. MaterialsToday, 16, 220–227.

Follain, N., Belbekhouche, S., Bras, J., Siqueira, G., Marais, S., & Dufresne, A. (2013).Transport properties of

bionanocomposites reinforced by Luffa cylindricacellulose nanowhiskers. Journal of Membrane Science, 427, 218–229.
Goffin, A. L., Raquez, J. M., Duquesne, E., Siqueira, G., Habibi, Y., Dufresne, A., et al.(2011). Poly(
-caprolactone) based nanocomposites reinforced by surfacegrafted cellulose nanowhiskers via extrusion processing: Morphology,rheology, and thermo-mechanical properties. Polymer, 52, 1532–1538.

Gopalan Nair, K., & Dufresne, A. (2003). Crab shells chitin whiskers reinforcednatural rubber nanocomposites. 1. Processing and swelling behaviour.Biomacromolecules, 4, 657–665.
Grüneberger, F., Künniger, T., Zimmermann, T., & Arnold, M. (2014). Rheology ofnanofibrillated cellulose/acrylate systems for coating applications. Cellulose,21, 1313–1326.
Gu, J., Li, X., Jia, D., Luo, Y., & Cheng, R. (2009). Reinforcement of natural cellulosewhisker on natural rubber. Acta Polymerica Sinica, 1, 595–599.
Gu, J., Lin, L., Luo, Y. F., & Jia, D. M. (2012). The effect of nanocrystalline cellulose inthe mechanical and dynamic properties of natural rubber reinforced by carbonblack. Acta Polymerica Sinica, 852–860.
Habibi, Y. (2014). Key advances in the chemical modification of nanocelluloses.Chemical Society Reviews, 43, 1519–1542.
He, P., Gao, Y., Lian, J., Wang, L., Qian, D., Zhao, J., et al. (2006). Surface modificationand ultrasonication effect on the mechanical properties of carbonnanofiber/polycarbonate composites. Composites A, 37, 1270–1275.
Jonoobi, M., Oladi, R., Davoudpour, Y., Oksman, K., Dufresne, A., Hamzeh, Y., et al.(2015). Different preparation methods and properties of nano-structuralcellulose from various natural resources and residues: A review. Cellulose, 22,935–969.
Lavoine, N., Desloges, I., Dufresne, A., & Bras, J. (2012). Microfibrillated cellulose,their barrier properties and applications in cellulosic materials: A review.Carbohydrate Polymers, 90, 735–764.
Lin, N., & Dufresne, A. (2013a). Physical and/or chemical compatibilization ofextruded cellulose nanocrystal reinforced polystyrene nanocomposites.Macromolecules, 46, 5570–5583.
Lin, N., & Dufresne, A. (2013b). Supramolecular hydrogels from in situ host-guestinclusion between chemically modified cellulose nanocrystals andcyclodextrin. Biomacromolecules, 14, 871–880.
Lin, N., & Dufresne, A. (2014a). Surface chemistry, morphological analysis andproperties of cellulose nanocrystals with gradient sulfation degrees. Nanoscale,6, 5384–5393.
Lin, N., & Dufresne, A. (2014b). Nanocellulose in biomedicine: Current status andfuture prospect. European Polymer Journal, 59, 302–325.
Lu, C. F. (1985). Latex paint rheology and performance properties. Industrial andEngineering Chemistry Product Research and Development, 24,412–417.
Mariano, M., El Kissi, N., & Dufresne, A. (2014). Cellulose nanocrystals and relatednanocomposites: Review of some properties and challenges. Journal of PolymerScience B, 52, 791–806.
Martins, M. A., Moreno, R. M. B., McMahan, C. M., Brichta, J. L., Gonc¸ alves, P. D. S., &Mattoso, L. H. C. (2008). Thermooxidative study of raw natural rubber fromBrazilian IAC 300 series clones. Thermochimica Acta, 474, 62–66.

Müller, C. M. O., Laurindo, J. B., & Yamashita, F. (2009). Effect of cellulose fibersaddition on the mechanical properties and water vapor barrier of starch-basedfilms. Food Hydrocolloids, 23, 1328–1333.

Pasquini, D., Teixeira, E. M., Curvelo, A. A. S., Belgacem, M. N., & Dufresne, A. (2010).Extraction of starch nanocrystals and cellulose whiskers from cassava bagasseand their applications as reinforcing agent in natural rubber. Industrial Cropsand Products, 32, 486–490.

Patton, T. C. (1979). In paint flow and pigment dispersion: A rheological approach tocoating and ink technology. pp. 656. John Wiley & Sons, Inc.

Poaty, B., Vardanyan, V., Wilczak, L., Chauve, G., & Riedl, B. (2014). Modification ofcellulose nanocrystals as reinforcement derivatives for wood coatings. Progressin Organic Coatings, 77, 813–820.

Pötschke, P., Bhattacharyya, A. R., Janke, A., & Goering, H. (2003). Melt mixing ofpolycarbonate/multi-wall carbon nanotube composites. Composite Interfaces,10, 389–404.

Rippel, M. M., & Galembeck, F. (2009). Nanostructures and adhesion in naturalrubber: New era for a classic. Journal of the Brazilian Chemical Society, 20,1024–1030.

Roman, M., & Winter, W. T. (2004). Effect of sulfate groups from sulfuric acidhydrolysis on the thermal degradation behavior of bacterial cellulose.Biomacromolecules, 5, 1671–1677.

Sansatsadeekul, J., Sakdapipanich, J., & Rojruthai, P. (2011). Characterization ofassociated proteins and phospholipids in natural rubber latex. Journal ofBioscience and Bioengineering, 111, 628–634.

Shafeiei-Sabet, S., Hamad, W. Y., & Hatzikiriakos, S. G. (2013). Influence of degree ofsulfation on the rheology of cellulose nanocrystal suspensions. Rheologica Acta,52, 741–751.

Silva, D. J., & d'Almeida, M. L. O. (2009). Nanocristais de celulose. O Papel, 7,34–52.

Siqueira, G., Abdillahi, H., Bras, J., & Dufresne, A. (2010). High reinforcing capabilitycellulose nanocrystals extracted from Syngonanthus nitens (capim dourado).Cellulose, 17, 289–298.

Siqueira, G., Bras, J., & Dufresne, A. (2010). New process of chemical grafting ofcellulose nanoparticles with a long chain isocyanate. Langmuir, 26, 402–411.

Stephen, R., Alex, R., Cherian, T., Varghese, S., Joseph, K., & Thomas, S. (2006).Rheological behavior of nanocomposites of natural rubber and carboxylatedstyrene butadiene rubber latices and their blends. Journal of Applied PolymerScience, 101, 2355–2362.

Steward, P. A., Hearn, J., & Wilkinson, M. C. (2000). An overview of polymer latexfilm formation and properties. Advances in Colloid and Interface Science, 86,195–267.

Trovatti, E., Carvalho, A. J. F., & Gandini, A. (2015). A new approach to blendingstarch with natural rubber. Polymer International, 64, 605–610.

Vardanyan, V., Poaty, B., Chauve, G., Landry, V., Galstian, T., & Riedl, B. (2014).Mechanical properties of UV-waterborne varnishes reinforced by cellulosenanocrystals. Journal of Coatings Technology and Research, 11, 841–852.

Xu, S. H., Gu, J., Luo, Y. F., & Jia, D. M. (2012). Effects of partial replacement of silicawith surface modified nanocrystalline cellulose on properties of natural rubbernanocomposites. Express Polymer Letters, 6, 14–25.

Xu, S., Gu, J., Luo, Y., Jia, D., & Yan, L. (2015). Influence of nanocrystalline celluloseon structure and properties of natural rubber/silica composites. PolymerComposites, 36, 861–868.

Zhao, J., Morgan, A. B., & Harris, J. D. (2005). Rheological characterization ofpolystyrene–clay nanocomposites to compare the degree of exfoliation anddispersion. Polymer, 46, 8641–8660.

ระเบียบวิธีวิจัยและวิธีการดำเนินการ

.

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

โครงการย่อยที่ 1

1. การวิเคราะห์ความงอก และความแข็งแรงของเมล็ดข้าวฟ่างหวาน

- ทำการตรวจสอบความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่าง

1. 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

1. การศึกษาสรีรวิทยาและการเจริญเติบโตของข้าวฟ่าง

- ทำการปลูกข้าวฟ่างด้วยระบบการให้น้ำ 2 ระบบ คือ การให้น้ำแบบหยด และให้น้ำแบบปกติ โดยมีการใส่ปุ๋ยและปฏิบัติดูแลต้นข้าวฟ่าง จนกระทั่งข้าวฟ่างอายุ 90 และ 120 วันหลังปลูก จะทำการตัดต้นเพื่อนำไปทดสอบศักยภาพการใช้ประโยชน์ต่างๆ

1. การประเมินองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตลำต้นสดของข้าวฟ่าง และการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมในเขตภาคเหนือของประเทศไทย
2. การคำนวณปริมาณการปลดปล่อยและกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงระยะเวลาของการปลูกข้าวฟ่าง

3. ประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำของข้าวฟ่างทั้งสองระบบ คือระบบน้ำหยดและการให้น้ำแบบปกติ

โครงการย่อยที่ 2

1. **การศึกษาเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตต้นพันธุ์ข้าวฟ่างด้วยวิธีการเพาะเลี้ยง เนื้อเยื่อ**

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

2 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

3 ทดสอบผลของความถี่และระยะเวลาให้อาหารเหลวต่อการเพิ่มปริมาณยอดในระบบ TIB

วางแผนการทดลองแบบ CRD เปรียบเทียบความถี่และระยะเวลาการให้อาหารเหลวในระบบ TIB ได้แก่
กรรมวิธีที่ 1 อาหารกึ่งแข็ง
กรรมวิธีที่ 2 ระบบ TIB ให้อาหารเหลวทุก 4 ชั่วโมง ครั้งละ 5 นาที
กรรมวิธีที่ 3 ระบบ TIB ให้อาหารเหลวทุก 4 ชั่วโมง ครั้งละ 15 นาที
กรรมวิธีที่ 4 ระบบ TIB ให้อาหารเหลวทุก 8 ชั่วโมง ครั้งละ 5 นาที
กรรมวิธีที่ 5 ระบบ TIB ให้อาหารเหลวทุก 8 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

4 การทดสอบผลของออกซินต่อการชักนำให้ต้นออกรากในระบบ TIB

วางแผนการทดลองแบบ CRD เปรียบเทียบกรรมวิธีต่าง ๆ ในการชักนำให้ออกราก ได้แก่
กรรมวิธีที่ 1 อาหารกึ่งแข็ง ไม่เติมออกซิน
กรรมวิธีที่ 2 อาหารกึ่งแข็ง เติม IAA 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
กรรมวิธีที่ 3 อาหารกึ่งแข็ง เติม IBA 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
กรรมวิธีที่ 4 อาหารกึ่งแข็ง เติม NAA 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
กรรมวิธีที่ 5 ระบบ TIB ไม่เติมออกซิน
กรรมวิธีที่ 6 ระบบ TIB เติม IAA 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
กรรมวิธีที่ 7 ระบบ TIB เติม IBA 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
กรรมวิธีที่ 8 ระบบ TIB เติม NAA 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
นำชิ้นส่วนต้นข้าวฟ่างมาตัดแต่งให้ได้ชิ้นส่วนยอดความยาวประมาณ 1-1.5 เซนติเมตร แล้วเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งหรืออาหารเหลวในระบบ TIB และใช้อาหารสูตร MS ที่เติมออกซินตามแผนการทดลอง บันทึกผลหลังเพาะเลี้ยง 4 สัปดาห์ ต่อจากนั้นจะนำต้นที่ออกรากไปทดสอบการอนุบาลในวัสดุปลูกหรือระบบโฮโดรโปนิกส์เพื่อตรวจสอบการรอดชีวิตต่อไป

5 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.

โครงการย่อยที่ 3

1 สถานที่จัดเก็บข้าวฟ่างหวาน : แปลงปลูกวิจัยของโครงการวิจัย
ย่อยที่ 1 เรื่อง การประเมินองค์ประกอบผลผลิตข้าวฟ่างและ
คาร์บอนเครดิตในการผลิตข้าวฟ่างหวาน

2 การคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการปรับสภาพพืชที่มีต่อ
ประสิทธิภาพการผลิตน้ำตาล

2.1 การปรับสภาพพืชทางเคมีแบบ 2 ขั้นตอน
วัสดุลิกโนเซลลูโลสจากข้าวฟ่างหวานที่ผ่านการปรับสภาพ

ทางกายภาพด้วยการลดขนาดตัวอย่างให้เล็กลงโดยมีขนาดความยาวประมาณ 0.5 – 3 เซนติเมตร โดยนำตัวอย่างพืชมาทำการปรับสภาพพืชทางเคมีแบบ 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกเป็นการปรับสภาพในสภาวะกรด ด้วยกรดซัลฟูริคและกรดไฮโดรคลอริค เข้มข้น 2- 5%(v/v) ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ในสภาวะบรรยากาศปกติ เป็นเวลา 60 นาที ภายใต้ความดันไม่เกิน 0.25 pcal จากนั้นทำการกรองแยกตัวอย่างออกจากสารละลายน้ำตาล และล้างตัวอย่างพืชที่ผ่านการปรับสภาพให้มีความเป็นกลาง (pH 7.0) จากนั้นนำไปเข้าสู่ขั้นตอนการปรับสภาพในสภาวะด่างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 2-5%(v/v) ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ในสภาวะบรรยากาศปกติ เป็นเวลา 60 นาที ภายใต้ความดันไม่เกิน 0.25 pcal จากนั้นทำการกรองแยกตัวอย่างออกจากสารละลายน้ำตาล และล้างตัวอย่างพืชที่ผ่านการปรับสภาพให้มีความเป็นกลาง (pH 7.0)

2.2 การปรับสภาพพืชด้วยเอนไซม์

เซลลูเลส

ตัวอย่างพืชที่ผ่านการกำจัดลิกนินและการปรับสภาพทางเคมี นำเข้าสู่การย่อยสลายด้วยเอนไซม์เซลลูโลส เพื่อการผลิตน้ำตาลกลูโคส โดยทำการย่อยสลายที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส โดยสัดส่วนของตัวอย่างพืชต่อปริมาณกิจกรรมของเอนไซม์จะทำการศึกษาในสัดส่วนที่แตกต่างกัน พร้อมคัดเลือกระยะเวลาในการย่อยสลายที่เหมาะสมในการผลิตน้ำตาลกลูโคส พร้อมวิเคราะห์จลนพลศาสตร์ของเอนไซม์

2.3 การประเมินประสิทธิภาพการผลิตน้ำตาล

ในแต่ละขั้นตอนของการปรับสภาพข้อ 6.2.1 – 6.2.2 ตัวอย่างของแข็งที่ได้จากการปรับสภาพจะทำการวิเคราะห์ปริมาณลิกนิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ทั้งก่อนและหลังการปรับสภาพ พร้อมวิเคราะห์ค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญและค่าสถิติอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง สำหรับสารละลายที่ได้จากการปรับสภาพในแต่ละขั้นตอน นำมาทำการวิเคราะห์หาชนิด และความเข้มข้นของน้ำตาลไซโลส น้ำตาลกลูโคส ความเข้มข้นน้ำตาลทั้งหมด พร้อมประเมินประสิทธิภาพการผลิตน้ำตาล และวิเคราะห์ค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญและค่าสถิติอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

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

4 การประเมินการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอนเครดิตในการผลิตเอทานอล

ผลการวิจัยในข้อ 6.2 จะนำมาวิเคราะห์การปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอนเครดิตในการผลิตเอทานอล โดยคำนวนจากสภาวะที่ให้ประสิทธิภาพการผลิตเอทานอลที่ดีสุด

โครงการย่อยที่ 4

การศึกษาการสกัดผลึกนาโนเซลลูโลส

การเตรียมต้นข้าวฟ่าง

นำต้นข้าวฟ่างมาตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาด 2*6 นิ้ว อบแห้งที่ 105 C เป็นเวลา 3 ชม. บดให้เป็นผงหยาบด้วยเครื่องบด (Min Lee Industrial Ltd., ML-SC5-III, HK) หลังจากนั้นอบแห้งที่ 105 C เป็นเวลา 6 ชม. บดให้เป็นผงละเอียดด้วยเครื่องบด (Dxfill machine, DXM-700-F, China) ความเร็ว 35,000 rpm เวลา 15 นาที ให้ได้ขนาดประมาณ 250 ไมครอน (แยกขนาดด้วยตะแกรงร่อน) อบผงต้นข้าวฟ่างที่ อบแห้งที่ 105 C เป็นเวลา 3 ชม. คำนวณหา % yield of dry bamboo powder

%Dryness=Weight of cellulose without moisture contentWeight of cellulose content x *1 0 0*

$$\%Dryness = \frac{Weight\ of\ cellulose\ without\ moisture\ content}{Weight\ of\ cellulose\ content}\ x\ 100 \quad (1)$$

การเตรียมเซลลูโลสจากต้นข้าวฟ่าง

นำผงต้นข้าวฟ่างบดมาต้มด้วย NaOH เพื่อที่จะขจัด hemicellulose, lignin, และ สาร noncellulosic อื่น ๆ จาก

microfibrils โดยใช้ผงต้นข้าวฟ่าง 100 กรัมในน้ำ 2 ลิตร (สัดส่วน ต้นข้าวฟ่าง:น้ำ เป็น 1:20) เติม 18% NaOH ปริมาณ 360 กรัม ลงในบิกเกอร์ขนาด 3 ลิตร ให้ความร้อน 80°C พร้อมกวนตลอดเวลาที่ 500 rpm เป็นเวลา 5 ชม. หลังจากนั้นล้างผงต้นข้าวฟ่างด้วยน้ำกลั่นจนค่า pH ประมาณ 7 แล้วอบที่ 105°C เป็นเวลา 3 ชม. แล้วนำฟอกสีด้วย NaClO2 เพื่อขจัด hemicellulose, lignin, และสารที่ไม่ใช่ cellulosic substances จาก alpha-cellulose ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ขั้นที่ 1) acetate buffer (เป็นส่วนผสมระหว่าง NaOH ปริมาณ 54 g หรือ 5.4% w/v และ acetic ปริมาณ acid 150 ml หรือ 15% w/v ในน้ำกลั่น 1000 ml) ขั้นที่ 2) เติม NaClO2 ปริมาณ 34 กรัม ในน้ำกลั่น 1000 ml แล้วเติม ผงต้นข้าวฟ่าง 100 กรัมในสารละลาย (สัดส่วน เยื่อต้นข้าวฟ่างต่อสารละลายเท่ากับ 1:20) การฟอกสีทำที่อุณหภูมิ 85°C เป็นเวลา 3 ชม. พร้อมกวนตลอดเวลาที่ 500 rpm ล้างเยื่อต้นข้าวฟ่างด้วยน้ำสะอาดจนได้ค่า pH ประมาณ 7 แล้วอบที่ 105°C เป็นเวลา 3 ชม. ทำฟองสีซ้ำ 2 ครั้ง จนได้เยื่อต้นข้าวฟ่างที่ขาว แล้วเก็บไว้ในโถดูดความชื้น

การเตรียมนาโนเซลลูโลสจากเยื่อต้นข้าวฟ่าง

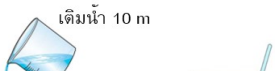
กระบวนการ acid hydrolyzed เป็นการทำเซลลูโลสปราศจาก hemicellulose โดยนำเซลลูโลสจากขั้นตอนก่อนหน้ามา 100 กรัม มารีฟรักซ์ด้วย H2SO4 32% v/v (สัดส่วน เยื่อต้นข้าวฟ่างต่อสารละลายเท่ากับ 1:30) ที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 5 ชม. มีการกวนอย่างรวดเร็ว เติมน้ำกลั่นมากเกินพอ (2l) ได้ค่า pH ประมาณ 2.3-2.6 ทำให้เป็นกลางด้วย NaOH 5% w/v ด้ค่า pH ประมาณ 6.5-7.0 หลังจากนั้นนำมาปั่นด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูงที่ความเร็ว 36,000 rpm เป็นเวลา 15 นาที แช่ข้ามคืนแล้วปั่นด้วยความเร็วสูงที่ความเร็ว 36,000 rpm เป็นเวลา 15 นาที นำไปผ่านกระบวนการ Ultrasonication process ที่อุณหภูมิ 15°C เป็นเวลา 30 นาที ที่ความถี่ 20 kHz

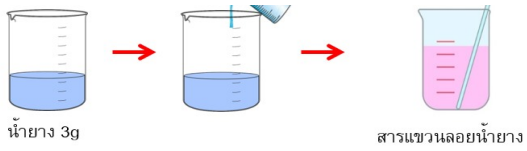
ทดสอบขนาดความยาวของนาโนเซลลูโลส เพื่อเตรียมนาโนเซลลูโลสให้เหมาะสมที่จะผสมกับยาง ทดสอบด้วยเครื่อง SEM, FTIR, TGA

การเตรียมยาง (NR oxidation)

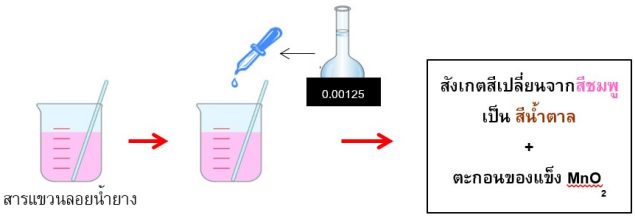
สารแขวนลอยของอนุภาคน้ำยาง(NR) ถูกออกซิไดซ์ด้วยสารละลาย KMn04 การเตรียมสารละลาย 0.125 molL-1 KMn04 ในน้ำโดยการละลายของแข็ง KMn04 ลงในน้ำ สารแขวนลอยน้ำยางมีการเจือจางโดยการเติมน้ำ 10 mL ลงไป 3 g ของ NR (dry basis) สารละลาย KMnO4 เจือจางไปเป็น 0.0125 และ 0.00125 molL-1 และหยดลงในตัวทำละลายน้ำยางที่เจือจางด้วยการค่อยๆกวนเพื่อทำปฏิกิริยาออกซิเดชันของพันธะคู่ในโมโนเมอร์ isoprene (2-methyl-1,3-butadiene) การเปลี่ยนสีของสารละลายจากสีชมพูเป็นสีน้ำตาลและการตกตะกอนของแข็ง MnO2 แสดงให้เห็นว่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเสร็จสมบูรณ์แล้ว ตัวอย่างยางที่มีดีกรีออกซิเดชันต่างกันและระดับออกซิเดชันถูกแสดงเป็นหมู่ -OH ซึ่งเป็นหมู่ที่ได้รับการออกซิเดชัน อัตราส่วนนี้จะอธิบายตามลำดับ โดยการเตรียมสารละลาย KMnO4 การเตรียมสารแขวนลอยน้ำยาง และการเกิดออกซิเดชันของ NR แสดงในภาพต่อไปนี้

ภาพการเตรียมสารละลาย KMnO4





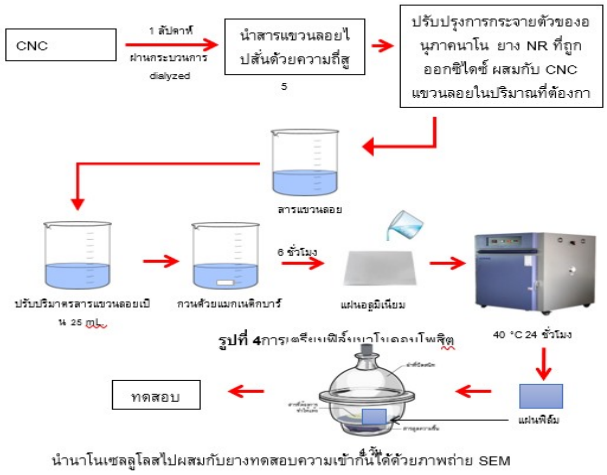
ภาพการเตรียมสารแขวนลอยน้ำยาง



ภาพการเกิดออกซิเดชันของ NR

การเตรียมฟิล์มนาโนคอมโพสิตยางผสมนาโนเซลลูโลส

เริ่มต้นจาก CNC แขวนลอย ถูกผ่านกระบวนการ dialyzed กับน้ำเป็นเวลาหนึ่งสัปดาห์เพื่อให้แน่ใจว่าค่า pH เป็นกลาง และการกำจัดเกลือใด ๆ ที่มีอยู่ในวัสดุออก จากนั้นสารแขวนลอยถูกทำให้สั่นด้วยความถี่สูง (sonicate) เป็นเวลา 5 นาทีเพื่อปรับปรุงการกระจายตัวของอนุภาคนาโน ยาง NR ที่ถูกออกซิไดซ์ ผสมกับ CNC แขวนลอย ในปริมาณที่ต้องการ (กำหนดปริมาณ CNC ไว้ที่ 5 wt%) ขั้นสุดท้าย เพื่อให้ได้นาโนคอมโพสิต ปริมาณของ CNC นี้ต่ำกว่าเกณฑ์ percolation threshold เพื่อให้ข้อมูลโดยตรงเกี่ยวกับอันตกิริยา ฟิลเลอร์เมทริกซ์และหลีกเลี่ยงการรบกวนของการก่อตัวของเครือข่าย ปริมาตรของสารแขวนลอยปรับเป็น 25 mL. และมันถูกกวนด้วยแม่เหล็กเป็นเวลา 6 ชั่วโมงเพื่อปรับปรุงการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน ของผสมเทลงบนแผ่นอลูมิเนียมนำไปอบแห้งในเตาอบที่มีการไหลเวียนของอากาศที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และแผ่นฟิล์มที่ได้อยู่ในภาชนะดูดความชื้นที่มีเจลซิลิก้าเป็นเวลา 4 วันก่อนการทดสอบ ฟิล์มอ้างอิงที่ปราศจาก CNC ประกอบด้วย NR ไม่มีออกซิไดซ์และมีออกซิไดซ์รวมทั้งฟิล์มนาโน nanocomposite ที่ไม่มีการออกซิเดชันได้ทำการทดลองโดยใช้แบบเดียวกัน



รูปที่ 4การเตรียมฟิล์มนาโนคอมโพสิต

นำนาโนเซลลูโลสไปผสมกับยางทดสอบความเข้ากันได้ด้วยภาพถ่าย SEM

40 °C

24 ชั่วโมง

ภาพการเตรียมฟิล์มนาโนคอมโพสิต

ศึกษาการสกัดผลึกนาโนเซลลูโลสเพื่อใช้เสริมแรงในสูตรยางรถยนต์

นำยางผสมนาโนเซลลูโลสที่ผสมกับยางไปทดสอบสมบัติเชิงกล ตรวจสอบคุณภาพยางที่ผสมนาโนเซลลูโลสในสูตรยางรถยนต์ เช่น สมบัติการคงรูป สมบัติเชิงกล สูตรการศึกษาการเสริมแรงของโนเซลลูโลสในสูตรยางรถยนต์ดังตารางต่อไปนี้

ตารางสูตรการศึกษาการเสริมแรงของโนเซลลูโลส

ยางและสารเคมี	**สูตรที่ (phr)**				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
STR20	100	100	100	100	100
Plam oil	10	10	10	10	10
ZnO	5	5	5	5	5
Stearic acid	5	5	5	5	5
6PPD	1	1	1	1	1
TMQ	1	1	1	1	1
silica	30	30	30	30	30
Lowinox®CPL	2	2	2	2	2
Paraffin Wax	3	3	3	3	3
Sulphur	3	3	3	3	3
MBTS	1	1	1	1	1
Nano cellulose	0	2	4	6	8

วิธีการผสมยางและสารเคมี

(1) ตัดยาง STR 20 ชั่งสารเคมีตามตาราง 3.2

(2) บดยาง STR 20 ในเครื่อง Two-roll mill ประมาณ 2-3 นาที ทำให้ยางนิ่มลงเพื่อที่จะผสมกับสารเคมีอื่น ๆ ได้ง่ายขึ้น

(3) เริ่มใส่สารเคมีโดยใส่ Zinc oxide บดผสมให้เข้ากับเนื้อยางใช้เวลา 3 นาที

(4) ใส่สาร Stearic acid และบดต่ออีก 3 นาที

(5) เติมสารตัวเติม silica และ Nano cellulose บดเป็นเวลา 20 นาที

(6) เติมน้ำมัน Palm oil เพื่อช่วยในกระบวนการผสม เป็นเวลา 1 นาที

(7) ใส่ Wax เป็นเวลา 1 นาที

(8) สูตรที่ 4 และ 5 เติมสาร 6PPD และ TMQ ลงไปผสม และ สูตรที่ 6, 7 และ 8 เติมสาร Lowinox®CPL ตามตาราง 3.2 เป็นเวลา 3 นาที

(9) ใส่สารตัวเร่ง MBTS ลงไปบดผสม เป็นเวลา 2 นาที

(10) เติม Sulphur เพื่อช่วยในการคงรูปบดผสมอีก 3 นาที

(11) นำยางคอมพาวนด์ ทั้ง 5 สูตร ที่ได้ไปพักทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 16 ชั่วโมงก่อนนำไปอัดขึ้นรูปการทดสอบ ทดสอบลักษณะการวัลคาไนซ์ของยาง (Cure characteristics) ทดสอบสมบัติเชิงกล ทดลองการขึ้นรูปชิ้นงาน การวิเคราะห์ Carbon Credit ตลอดการทดลอง

การทดสอบสมบัติต่าง ๆ

1 การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม (AFM)

ภาพ AFM ได้จากกล้องจุลทรรศน์ Nanoscope IIIa จากเครื่อง Veeco Instruments หยด 1 หยดของ CNC แขวนลอยเจือจาง 0.01 wt% บนแร่ไมกา และถ่ายภาพโดยวิธีการ tapping mode ซึ่งเป็นคานแบบซิลิกอน ขนาดนาโนคริสตัลถูกประมาณจากการวิเคราะห์ 50 ครั้ง โดยใช้ซอฟต์แวร์ ImageJ

2 การวิเคราะห์หา UV-visible spectroscopy

เพื่อประเมินการน้ำหนักโมเลกุล Mn ในตัวกลาง โดยการดูดกลืนแสงได้รับตรวจสอบก่อนและหลังการออกซิเดชัน การทดสอบทำด้วยเครื่อง Shimadzu UV 2401- (PC) UV-Vis ในช่วงความยาวคลื่น 300-700 นาโนเมตร

3 การวิเคราะห์การกระจายแสงแบบไดนามิก

สารแขวนลอยน้ำยางธรรมชาติที่มีความเข้มข้น 0.1 wt% และระดับที่แตกต่างกันของการเกิดออกซิเดชันได้รับการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของ VASCO ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย และดัชนีการกระจายตัว (polydispersity index, PDI) ของอนุภาคได้กำหนดไว้

4 การวิเคราะห์ด้วยเครื่องฟูเรียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (FTIR)

สเปกตรัมอินฟราเรดถูกบันทึกโดยใช้เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ FTIR Perkin-Elmer Spectrum One ตัวอย่างได้รับการวิเคราะห์โดยใช้ความกว้างของสเปกตรัมตั้งแต่ 600 ถึง 4000 cm.-1 ที่มีความละเอียด 4 cm.-1 และมีการสแกนภาพจำนวน 32 ครั้ง การวิเคราะห์ทั้งหมดดำเนินการในโหมด ATR ที่อุณหภูมิห้อง

5 การวิเคราะห์ศักย์ซีตา (ζ)

สารแขวนลอย NR ที่มีความเข้มข้นประมาณ 0.01 wt% ถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยอุปกรณ์ DTS0230 จากเครื่องมือ Malvern เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบของความเข้มข้นของไอออนและค่าความเป็นกรด – ด่าง ระหว่างการตรวจวัด สารละลายเข้มข้นทั้งหมดเจือจางในสารละลายที่เป็นของเหลวที่มีค่าความเป็นกรด - ด่าง 10, ความอิ่มตัวของไอออน 5 mmol และความสามารถในการนำไฟฟ้า 180 μS/ cm สารละลายนี้ถูกเตรียมโดยการเติมสารละลาย NaOH และ เกลือ NaCl ที่เจือจางลงในน้ำกลั่น

6 การทดลองทางรีโอโลยี

ลักษณะทางรีโอโลยีของยาง NR และการกระจายตัวของ CNC ในยาง NR วัดด้วยอุปกรณ์ DHR-3 จากเครื่องมือ TA Instruments ใช้รูปทรงกรวย (2 °C,60 mm) และแผ่น (60 mm) เพื่อศึกษาสารแขวนลอยเจือจางในรูปแบบการไหลที่ 20 °C ค่าความหนืดถูกเก็บรวบรวมไว้เสมอหลังจากเสถียรภาพ มีการใช้อัตราการเฉือน (Shear rates) ของทุกการทดลองตั้งแต่ 0.01 ถึง 300 s-1 อย่างไรก็ตามสำหรับบางตัวอย่างค่าความเค้นที่วัดได้มีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดความไวของอุปกรณ์และไม่สามารถระบุความหนืดต่ำกว่าอัตราการเฉือนต่ำสุดได้ ดังนั้นสารแขวนลอยที่วิเคราะห์มีองค์ประกอบเดียวกับสารผสมที่ใช้ในรูปการหล่อฟิล์มแทน

7 การวิเคราะห์ทางความร้อน

การวิเคราะห์ด้วยการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสารโดยอาศัยคุณสมบัติทางความร้อน(TGA) ได้ดำเนินการภายใต้บรรยากาศของอากาศโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ความร้อน Perkin-ElmerTGA6 ใช้อุณหภูมิตั้งแต่ 30 ถึง 600 °C ที่อัตราการให้ความร้อน 10 °Cmin-1 การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Differential scanning calorimetry (DSC) ทดลองด้วยเครื่อง TA DSC Q100 ใช้ตัวอย่าง (น้ำหนัก 14 ± 2 mg) ถูกปิดผนึกในกระทะอลูมิเนียมและสแกนจาก -80 ถึง -20 °C ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจนและอัตราการให้ความร้อน 10 °Cmin-1

8 การทดสอบการดูดซึมโทลูอีนและการดูดซึมน้ำ

การศึกษาจลนพลศาสตร์ของการดูดซับโทลูอีนและน้ำในวัสดุทั้งหมด ตัวอย่างเตรียมเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 10 mm. x 10 mm. x 0.2 mm. แผ่นฟิล์มมีความบางพอที่จะทำให้การกระจายตัวไปในทิศทางเดียวกัน หลังจากมีการชั่งน้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ตัวอย่างจะถูกแช่อยู่ในน้ำกลั่นหรือโทลูอีน ตัวอย่างถูกแยกออกตามชนิดและน้ำหนัก การดูดซึมน้ำ (WU) และการดูดซับโทลูอีน (TU) คำนวณได้ดังนี้:

WU(orTU) (%) = *mt-m0m0* $\frac{m_t - m_0}{m_0}$ x 100

โดยที่ *mo* m_o และ *mt* m_t เป็นน้ำหนักของชิ้นงานก่อนและหลังการแช่ตามลำดับ

9 การทดสอบแรงดึง

การทดสอบเชิงกลของค่าแรงดึงที่ค่าความเค้นสูงของแผ่นฟิล์มด้วยอุปกรณ์สองชนิด ก่อนการวิเคราะห์ตัวอย่าง ให้เก็บตัวอย่างในเครื่องดูดความชื้นที่มีด้วยซิลิกาเจลอยู่ เป็นเวลา 4 วัน ค่าแรงดึงโมดูลัสถูกทดสอบโดยใช้ RSA3 (TA Instruments, USA) ที่มีโหลดเซลล์ 100 N ขนาดของชิ้นงานมีค่าเท่ากับ 0.7 ± 0.10 mm. และ 5.5 ± 0.5 mm. ซึ่งเป็นความหนาและความกว้างตามลำดับและช่องว่างระหว่าง pneumatic jaws เมื่อเริ่มการทดสอบแต่ละครั้งได้ปรับเป็น 10 mm. สมบัติที่สูงที่สุด (ความเครียด ณ จุดขาด และความแข็งแรง) ถูกทดสอบโดยใช้เครื่อง Instron 4501 ที่มีโหลดเซลล์ที่มีขนาด 5000 N ตัวอย่างมีขนาดใกล้เคียงกันก่อนหน้านี้และมีช่องว่างระหว่าง pneumatic jaws เมื่อเริ่มทดสอบแต่ละครั้งได้รับการปรับเป็น 15 mm. การทดลองทั้งหมดได้ดำเนินการที่อุณหภูมิห้องโดยมีความเร็วในการดึง 0.5 mm.s-1 ผลการทดสอบได้จากค่าเฉลี่ยจากการวัด 5 ครั้ง

10 การวิเคราะห์เชิงกลแบบไดนามิก

การวัด DMA ทดลองด้วยเครื่อง RSA3 (TA Instruments, USA) ที่ทำงานในรูปแบบการดึง ใช้แผ่นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีขนาดใกล้เคียงการทดสอบแรงดึง การทดสอบดำเนินการภายใต้สภาวะที่สม่ำเสมอที่ 1 Hz และอุณหภูมิระหว่าง -80 ถึง 10 °C มีอัตราการให้ความร้อนที่ 2 °Cmin-1

11 ศึกษาสัญฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศ์อิเลกตรอน

กล้องจุลทรรศ์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM) ยี่ห้อ Themo Fiisher รุ่น JSM-5410LV

12 ศึกษาการวิเคราะห์ Carbon Credit

การวิเคราะห์ Carbon Credit ตลอดการทดลอง

เขียนเล่มรายงาน มีการวิเคราะห์ทางสถิติ การใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบียงเบนมาตรฐาน วิจารย์ผลและสรุปผลการทดลอง

แผนการทำงาน

แผนการดำเนินงาน

ลำดับ	ปีที่	กิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ร้อยละของกิจกรรม
1	1	ประชุมผู้ร่วมวิจัยเพื่อวางแผนการดำเนินงานของโครงการย่อยต่าง ๆ เพื่อให้สอดคล้องกับแผนของโครงการชุด และแผนการดำเนินงานของแผนโครงการบูรณาการ (ชุดโครงการ)	✔												5
2	1	โครงการย่อยดำเนินงานตามขั้นตอนและแผนการดำเนินงานของโครงการและชุด (ชุดโครงการ)	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	75
3	1	ประชุมติดตามการดำเนินงานของโครงการย่อยต่าง ๆ ในช่วงความก้าวหน้าที่ 1 (5 เดือน) (ชุดโครงการ)					✔								5
4	1	ประชุมติดตามการดำเนินงานของโครงการย่อยต่าง ๆ ในช่วงความก้าวหน้าที่ 2 (9 เดือน) (ชุดโครงการ)									✔				5
5	1	รวบรวมข้อมูลเพื่อจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์ (ชุดโครงการ)											✔	✔	10

พื้นที่ทำวิจัย/ดำเนินโครงการ

ลำดับ	ประเภท	ชื่อประเทศ/จังหวัด	ชื่อสถานที่
1	ในประเทศ	จังหวัดเชียงใหม่	ห้องปฏิบัติการหน่วยบริการวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
2	ในประเทศ	จังหวัดเชียงใหม่	ห้องแลปปฏิบัติการวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้
3	ในประเทศ	จังหวัดเชียงใหม่	ห้องปฏิบัติติการเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
4	ในประเทศ	จังหวัดเชียงใหม่	ห้องปฏิบัติการศูนย์กล้วยไม้และไม้ดอกไม้ประดับ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
5	ในประเทศ	จังหวัดเชียงใหม่	ห้องปฏิบัติการสาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
6	ในประเทศ	จังหวัดเชียงใหม่	พื้นที่ปลูกข้าวฟ่างหวานในแปลงทดลอง มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พื้นที่ได้รับประโยชน์

ลำดับ	ประเภท	ชื่อประเทศ/จังหวัด	ชื่อสถานที่
1	ในประเทศ	จังหวัดกรุงเทพมหานคร	โรงงานอุตสาหกรรมผลิตเอทานอลจากน้ำตาลอ้อย
2	ในประเทศ	จังหวัดกาญจนบุรี	โรงงานอุตสาหกรรมผลิตเอทานอลจากน้ำตาลอ้อย
3	ในประเทศ	จังหวัดกาฬสินธุ์	โรงงานอุตสาหกรรมผลิตเอทานอลจากน้ำตาลอ้อย
4	ในประเทศ	จังหวัดกำแพงเพชร	โรงงานอุตสาหกรรมผลิตเอทานอลจากน้ำตาลอ้อย
5	ในประเทศ	จังหวัดขอนแก่น	โรงงานอุตสาหกรรมผลิตเอทานอลจากน้ำตาลอ้อย
6	ในประเทศ	จังหวัดชัยภูมิ	โรงงานอุตสาหกรรมผลิตเอทานอลจากน้ำตาลอ้อย
7	ในประเทศ	จังหวัดเชียงใหม่	โรงงานอุตสาหกรรมผลิตเอทานอลจากน้ำตาลอ้อย
8	ในประเทศ	จังหวัดตราด	โรงงานอุตสาหกรรมผลิตเอทานอลจากน้ำตาลอ้อย
9	ในประเทศ	จังหวัดนครปฐม	โรงงานอุตสาหกรรมผลิตเอทานอลจากน้ำตาลอ้อย
10	ในประเทศ	จังหวัดนครราชสีมา	โรงงานอุตสาหกรรมผลิตเอทานอลจากน้ำตาลอ้อย
11	ในประเทศ	จังหวัดนครสวรรค์	โรงงานอุตสาหกรรมผลิตเอทานอลจากน้ำตาลอ้อย
12	ในประเทศ	จังหวัดพิษณุโลก	โรงงานอุตสาหกรรมผลิตเอทานอลจากน้ำตาลอ้อย
13	ในประเทศ	จังหวัดราชบุรี	โรงงานอุตสาหกรรมผลิตเอทานอลจากน้ำตาลอ้อย
14	ในประเทศ	จังหวัดเชียงราย	สถานที่ปลูกต้นข้าวฟ่างใน จ.เชียงใหม่ และจังหวัดอื่นๆ ในเขตภาคเหนือ
15	ในประเทศ	จังหวัดกรุงเทพมหานคร	กลุ่มโรงงานผลิตยางรถยนตร์
16	ในประเทศ	จังหวัดปทุมธานี	กลุ่มโรงงานผลิตยางรถยนตร์
17	ในประเทศ	จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	กลุ่มโรงงานผลิตยางรถยนตร์
18	ในประเทศ	จังหวัดสมุทรสาคร	กลุ่มโรงงานผลิตยางรถยนตร์

งบประมาณรวมตลอดโครงการ งปม.เสนอขอ 1,445,000 บาท

หมวดค่าใช้จ่าย/รายละเอียด	จำนวน	หน่วยนับ	คน/รายการ	ครั้ง/เดือน	ราคาต่อหน่วย	งบประมาณ(บาท)
ปีที่ 1						
งบดำเนินงาน - ค่าใช้สอย						**160,207**
ค่าจ้างเหมาเก็บข้อมูล(โครงการย่อยที่ 1)	3	คน	1	1	1,500.00	4,500

ค่าจ้างเหมาดูแลแปลง (ใส่ปุ๋ย กำจัดวัชพืช โรคพืช ศัตรูพืช) (โครงการย่อยที่ 1)	12	ครั้ง	1	1	2,000.00	24,000
ค่าจ้างเหมาเก็บข้อมูล (โครงการย่อยที่ 2)	3	คน	1	1	1,500.00	4,500
ค่าจ้างเหมาถ่ายเอกสารและเข้าเล่มรายงาน (โครงการย่อยที่ 2)	1000	แผ่น	1	1	2.00	2,000
ค่าจ้างเหมาเก็บข้อมูล(โครงการย่อย 3)	3	คน	1	1	1,500.00	4,500
ค่าจ้างเหมาเก็บข้อมูลชุดโครงการ	3	คน	1	1	1,500.00	4,500
ค่าจ้างบริการวิเคราะห์องค์ประกอบลิกโนเซลลูโลส (โครงการย่อย 3)	1	ครั้ง	1	1	11,000.00	11,000
ค่าจ้างบริการถ่ายรูปภายใต้กล้อง electron (โครงการย่อย 3)	5	ตัวอย่าง	1	1	1,000.00	5,000
ค่าจ้างเหมาวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อนของวัสดุลิกโนเซลลูโลส (โครงการย่อย 3)	1	ครั้ง	1	1	5,000.00	5,000
ค่าจ้างเหมาเก็บข้อมูล (โครงการย่อยที่ 4)	3	คน	1	1	1,500.00	4,500
ค่าถ่ายเอกสาร (โครงการย่อยที่ 4)	3414	แผ่น	1	1	0.50	1,707
ค่าวิเคราะห์สมบัติของยางและนาโนเซลลูโลส (โครงการย่อยที่ 4)	15	ตัวอย่าง	1	1	5,000.00	75,000
ค่าจ้างเหมาเก็บข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล(โครงการย่อยที่ 2)	1	ครั้ง	1	1	14,000.00	14,000
งบดำเนินงาน - ค่าวัสดุ						**820,343**
วัสดุเกษตร :ปุ๋ย 15-15-15 (โครงการย่อยที่ 1)	5	กระสอบ	1	1	1,500.00	7,500
วัสดุเกษตร :ปุ๋ย 46-0-0 (โครงการย่อยที่ 1)	5	กระสอบ	1	1	1,800.00	9,000
วัสดุเกษตร :สารกำจัดเชื้อรา (โครงการย่อยที่ 1)	5	ขวด	1	1	1,000.00	5,000
วัสดุเกษตร :สารกำจัดศัตรูพืช (โครงการย่อยที่ 1)	5	ขวด	1	1	1,000.00	5,000
วัสดุเกษตร :สายน้ำหยด (โครงการย่อยที่ 1)	5	ม้วน	1	1	1,500.00	7,500
วัสดุเกษตร :พลาสติกคลุมแปลง (โครงการย่อยที่ 1)	6	ม้วน	1	1	1,500.00	9,000
วัสดุเกษตร :ตาข่ายกันนก (โครงการย่อยที่ 1)	10	ม้วน	1	1	3,000.00	30,000
วัสดุเกษตร :วัสดุเพาะ (โครงการย่อยที่ 1)	20	กระสอบ	1	1	400.00	8,000
วัสดุเกษตร :ถาดเพาะ (โครงการย่อยที่ 1)	1	กล่อง	1	1	2,500.00	2,500
วัสดุเกษตร :สารชีวภัณฑ์ (โครงการย่อยที่ 1)	5	ขวด	1	1	300.00	1,500
วัสดุเกษตร :ถุงเก็บตัวอย่าง (โครงการย่อยที่ 1)	300	ใบ	1	1	50.00	15,000
วัสดุเกษตร :สารปรับสภาพดิน (โดโรไมต์) (บรรจุ1 ถุง25 กิโลกรัม) (โครงการ	30	ถุง	1	1	100.00	3,000

ย่อยที่ 1)						
วัสดุเกษตร :ปุ๋ยอินทรีย์ (โครงการย่อยที่ 1)	30	กระสอบ	1	1	400.00	12,000
วัสดุเกษตร :ป้ายแทค (โครงการย่อยที่ 1)	30	ถุง	1	1	100.00	3,000
วัสดุเกษตร :ตลับเมตร (โครงการย่อยที่ 1)	5	ม้วน	1	1	900.00	4,500
วัสดุเกษตร :ผ้าฟาง (โครงการย่อยที่ 1)	10	ผืน	1	1	900.00	9,000
วัสดุเกษตร :กระถางพลาสติกดำ ขนาด 12 นิ้ว (โครงการย่อยที่ 1)	300	ใบ	1	1	30.00	9,000
วัสดุเกษตร :ขุยมะพร้าว (โครงการย่อยที่ 1)	50	กระสอบ	1	1	120.00	6,000
วัสดุเกษตร :จอบ (โครงการย่อยที่ 1)	10	ด้าม	1	1	500.00	5,000
วัสดุเกษตร :กระถางพลาสติกดำ ขนาด 16 นิ้ว (โครงการย่อยที่ 1)	300	ใบ	1	1	35.00	10,500
วัสดุเกษตร :ไม้ไผ่ (โครงการย่อยที่ 1)	100	ลำ	1	1	30.00	3,000
วัสดุเกษตร :ไม้ยูคาลิปตัส (โครงการย่อยที่ 1)	50	ลำ	1	1	50.00	2,500
วัสดุเกษตร :เชือกไนล่อน (โครงการย่อยที่ 1)	10	ม้วน	1	1	200.00	2,000
วัสดุเกษตร :แกลบดำ (โครงการย่อยที่ 1)	50	กระสอบ	1	1	80.00	4,000
วัสดุเกษตร :ดินดำ (โครงการย่อยที่ 1)	4	ลำ	1	1	2,500.00	10,000
วัสดุเกษตร :ถุงกระดาษสีน้ำตาล เก็บตัวอย่างพืช (โครงการย่อยที่ 1)	25	ห่อ	1	1	100.00	2,500
วัสดุเกษตร :ตาข่ายคลุมกำเนิดวัชพืช (โครงการย่อยที่ 1)	5	ม้วน	1	1	4,000.00	20,000
วัสดุเกษตร :ถาดเพาะ 104 หลุม (โครงการย่อยที่ 2)	30	ใบ	1	1	12.00	360
วัสดุเกษตร :ถาดเพาะกลม 60 หลุม (โครงการย่อยที่ 2)	30	ใบ	1	1	15.00	450
วัสดุเกษตร :กระถางพลาสติก 6 นิ้ว (โครงการย่อยที่ 2)	30	ใบ	1	1	4.00	120
วัสดุเกษตร :กระถางพลาสติก 8 นิ้ว (โครงการย่อยที่ 2)	60	ใบ	1	1	8.00	480
วัสดุเกษตร :กระถางพลาสติก 10 นิ้ว (โครงการย่อยที่ 2)	60	ใบ	1	1	11.00	660
วัสดุเกษตร :กระถางพลาสติก 12 นิ้ว (โครงการย่อยที่ 2)	60	ใบ	1	1	10.00	600
วัสดุเกษตร :สแลนสีดำ 100 เมตร (โครงการย่อยที่ 2)	1	ผืน	1	1	800.00	800
วัสดุเกษตร :ผ้ายางพลาสติก (โครงการย่อยที่ 2)	1	ผืน	1	1	1,200.00	1,200
วัสดุเกษตร :พลาสติกคลุมโรงเรือนขนาด 2*4 เมตร (โครงการย่อยที่ 2)	1	ผืน	1	1	1,300.00	1,300
วัสดุเกษตร :ป้ายแทค (โครงการย่อยที่ 2)	20	ถุง	1	1	90.00	1,800

วัสดุเกษตร :สารป้องกันกำจัดเชื้อราไพราโคสโตรบิน (โครงการย่อยที่ 2)	2	ขวด	1	1	1,000.00	2,000
วัสดุเกษตร :ปุ๋ย 15-15-15 (โครงการย่อยที่ 2)	2	กระสอบ	1	1	1,200.00	2,400
วัสดุเกษตร :ขุยมะพร้าวละเอียด (โครงการย่อยที่ 2)	10	กระสอบ	1	1	100.00	1,000
วัสดุเกษตร :ต้นข้าวฟ่าง (โครงการย่อยที่ 4)	50	ต้น	1	1	80.00	4,000
วัสดุเกษตร : ถังบรรจุวัสดุ (โครงการย่อยที่ 4)	10	ใบ	1	1	900.00	9,000
วัสดุวิทยาศาสตร์ : กระดาษเพาะเมล็ด (โครงการย่อยที่ 1)	5	ม้วน	1	1	600.00	3,000
วัสดุวิทยาศาสตร์ : บีกเกอร์แก้ว ขนาด 250 ml (โครงการย่อยที่ 1)	20	ชิ้น	1	1	160.00	3,200
วัสดุวิทยาศาสตร์ : กระบอกตวงแก้ว ขนาด 50 ml (โครงการย่อยที่ 1)	10	ชิ้น	1	1	400.00	4,000
วัสดุวิทยาศาสตร์ : ถุงมือ เบอร์ M (โครงการย่อยที่ 1)	10	กล่อง	1	1	120.00	1,200
วัสดุวิทยาศาสตร์ : ถุงมือ เบอร์ L (โครงการย่อยที่ 1)	10	กล่อง	1	1	120.00	1,200
วัสดุวิทยาศาสตร์ : กระบอกฉีดน้ำ (โครงการย่อยที่ 1)	20	อัน	1	1	105.00	2,100
วัสดุวิทยาศาสตร์ : โอทูลิดีน สำหรับการวิเคราะห์เอทานอล (โครงการย่อย 3)	5	ขวด	1	1	3,500.00	17,500
วัสดุวิทยาศาสตร์ : แบรดฟอร์ดรีเอเจ้นท์ สำหรับการวิเคราะห์โปรตีน (โครงการย่อย 3)	3	ขวด	1	1	12,000.00	36,000
วัสดุวิทยาศาสตร์ : 3,5- ไดไนโตรซาลิไซลิค สำหรับการวิเคราะห์น้ำตาล (โครงการย่อย 3)	1	ขวด	1	1	7,500.00	7,500
วัสดุวิทยาศาสตร์ : เอนไซม์เซลูเลสบริสุทธิ์ Sigma จำนวน 100 มิลลิลิตร (โครงการย่อย 3)	1	ขวด	1	1	35,000.00	35,000
วัสดุวิทยาศาสตร์ : เอนไซม์เซลลูเลสชนิดผง จำนวน 1 กิโลกรัม ต่อ 1 ขวด (โครงการย่อย 3)	10	ขวด	1	1	750.00	7,500
วัสดุวิทยาศาสตร์ : กระดาษฟอยด์ (โครงการย่อย 3)	10	กล่อง	1	1	360.00	3,600
วัสดุวิทยาศาสตร์ : ขวดชมพู่ขนาด 10 ลิตร (โครงการย่อย 3)	12	ขวด	1	1	1,500.00	18,000
วัสดุวิทยาศาสตร์ : ขวดชมพู่ขนาด 250 ลิตร พร้อมท่อแก้วก้นขวด (โครงการย่อย 3)	12	ขวด	1	1	350.00	4,200
วัสดุวิทยาศาสตร์ : แอร์ล๊อคพร้อมจุกยางซิลิโคน สำหรับขวดชมพู่ขนาด 10 ลิตร (โครงการย่อย 3)	14	อัน	1	1	200.00	2,800
วัสดุวิทยาศาสตร์ : แอร์ล๊อคพร้อมจุกยางซิลิโคน สำหรับขวดชมพู่ขนาด 250 ลิตร (โครงการย่อย 3)	14	อัน	1	1	150.00	2,100

วัสดุวิทยาศาสตร์ : ขวดแก้วขนาด 2 ลิตร (ฝาน้ำเงิน)(โครงการย่อย 3)	10	ขวด	1	1	550.00	5,500
วัสดุวิทยาศาสตร์ : ขวดแก้วขนาด 1 ลิตร (ฝาน้ำเงิน)(โครงการย่อย 3)	10	ขวด	1	1	350.00	3,500
วัสดุวิทยาศาสตร์ : เอทานอล 99.99% มาตรฐาน (โครงการย่อย 3)	1	ขวด	1	1	2,500.00	2,500
วัสดุวิทยาศาสตร์ : เมทานอล 99.99% มาตรฐาน (โครงการย่อย 3)	1	ขวด	1	1	2,657.00	2,657
วัสดุวิทยาศาสตร์ : กลูโคส มาตรฐาน ขวดละ 1 กิโลกรัม (โครงการย่อย 3)	5	ขวด	1	1	1,500.00	7,500
วัสดุวิทยาศาสตร์ : ซูโครสมาตรฐาน ขวดละ 1 กิโลกรัม (โครงการย่อย 3)	10	ขวด	1	1	850.00	8,500
วัสดุวิทยาศาสตร์ : อาหารเลี้ยงเชื้อ yeast extract (โครงการย่อย 3)	2	ขวด	1	1	4,500.00	9,000
วัสดุวิทยาศาสตร์ : อาหารเลี้ยงเชื้อ Malt extract(โครงการย่อย 3)	2	ขวด	1	1	4,500.00	9,000
วัสดุวิทยาศาสตร์ : สารแอมโมเนียมซัลเฟต ขนาด 1 กิโลกรัม (โครงการย่อย 3)	2	ขวด	1	1	700.00	1,400
วัสดุวิทยาศาสตร์ : สาร KMS ขนาด 1 กิโลกรัม (โครงการย่อย 3)	1	ขวด	1	1	1,000.00	1,000
วัสดุวิทยาศาสตร์ : กระดาษกรองเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 CM(โครงการย่อย 3)	10	กล่อง	1	1	650.00	6,500
วัสดุวิทยาศาสตร์ : กระดาษกรองเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 CM (รูกรอง 0.45ไมครอน)(โครงการย่อย 3)	10	กล่อง	1	1	2,500.00	25,000
วัสดุวิทยาศาสตร์ : หัวกรองสำหรับกระดาษกรอง 0.45ไมครอน ขนาด 1 cm (โครงการย่อย 3)	3	อัน	1	1	2,500.00	7,500
วัสดุวิทยาศาสตร์ : วุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อ (โครงการย่อย 3)	2	ขวด	1	1	4,500.00	9,000
วัสดุวิทยาศาสตร์ : จานอาหารเลี้ยงเชื้อพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 cm(โครงการย่อย 3)	4	แพ็ค	1	1	3,500.00	14,000
วัสดุวิทยาศาสตร์ : ฟลาก์สขนาด 2 ลิตร (โครงการย่อย 3)	2	อัน	1	1	1,000.00	2,000
วัสดุวิทยาศาสตร์ : สายยางซิลิโคนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 cm ยาว 15 เมตร (โครงการย่อย 3)	1	กล่อง	1	1	1,080.00	1,080
วัสดุวิทยาศาสตร์ : หลอดเก็บตัวอย่างขนาด 10 มิลลิลิตร กล่องละ 100 ขวด(โครงการย่อย 3)	3	กล่อง	1	1	3,500.00	10,500
วัสดุวิทยาศาสตร์ : หลอดเก็บตัวอย่างขนาด 5 มิลลิลิตร กล่องละ 100 ขวด(โครงการย่อย 3)	3	กล่อง	1	1	2,500.00	7,500
วัสดุวิทยาศาสตร์ : ทิปฟ้า 1 มล ของ appendrof 1000 ชิ้นต่อ 1 แพ็ค (โครงการย่อย 3)	2	แพ็ค	1	1	3,200.00	6,400

วัสดุวิทยาศาสตร์ : ทิปฟ้า 0.5 มล ของ appendrof 1000 ชิ้นต่อ 1 แพ็ค (โครงการย่อย 3)	2	แพ็ค	1	1	3,000.00	6,000
วัสดุวิทยาศาสตร์ : ทิปฟ้า 0.25 มล ของ appendrof 1000 ชิ้นต่อ 1 แพ็ค (โครงการย่อย 3)	2	แพ้ค	1	1	3,000.00	6,000
วัสดุวิทยาศาสตร์ : กล่องทิปเหลือง ขนาด 0.5 มิลลิลิตร สำหรับทิป appendrof (โครงการย่อย 3)	4	แพ็ค	1	1	150.00	600
วัสดุวิทยาศาสตร์ : กล่องทิปฟ้า ขนาด 1 มิลลิตร สำหรับทิป appendrof (โครงการย่อย 3)	4	กล่อง	1	1	280.00	1,120
วัสดุวิทยาศาสตร์ : กล่องทิปฟ้า ขนาด 0.25 มิลลิตร สำหรับทิป appendrof (โครงการย่อย 3)	4	กล่อง	1	1	150.00	600
วัสดุวิทยาศาสตร์ : น้ำตาลไซโลส(โครงการย่อย 3)	2	ขวด	1	1	1,250.00	2,500
วัสดุวิทยาศาสตร์ : ยางธรรมชาติ (โครงการย่อยที่ 4)	40	กิโลกรัม	1	1	150.00	6,000
วัสดุวิทยาศาสตร์ : สารคงรูป S (โครงการย่อยที่ 4)	40	กิโลกรัม	1	1	160.00	6,400
วัสดุวิทยาศาสตร์ : สารโปแตสเซียมโอลิเอท (โครงการย่อยที่ 4)	40	กิโลกรัม	1	1	150.00	6,000
วัสดุวิทยาศาสตร์ : สารแอนติออกซิแด้น BHT (โครงการย่อยที่ 4)	40	กิโลกรัม	1	1	270.00	10,800
วัสดุวิทยาศาสตร์ : นาโนเซลลูโลสทางการค้า (โครงการย่อยที่ 4)	5	กิโลกรัม	1	1	4,208.00	21,040
วัสดุวิทยาศาสตร์ : สารตัวเร่ง ZMBT (โครงการย่อยที่ 4)	40	กิโลกรัม	1	1	220.00	8,800
วัสดุวิทยาศาสตร์ : ชุดเครื่องแก้วในการสกัดนาโนเซลลูโลส (โครงการย่อยที่ 4)	10	ชุด	1	1	5,000.00	50,000
วัสดุสำนักงาน :กระดาษ A4 (โครงการย่อยที่ 1)	5	กล่อง	1	1	700.00	3,500
วัสดุสำนักงาน :ปากกา (โครงการย่อยที่ 1)	3	กล่อง	1	1	250.00	750
วัสดุสำนักงาน :แฟ้มใส (โครงการย่อยที่ 1)	10	แพ็ค	1	1	80.00	800
วัสดุสำนักงาน :แฟ้มหนีบ (โครงการย่อยที่ 1)	20	อัน	1	1	60.00	1,200
วัสดุสำนักงาน :คลิปบอร์ด A4 (โครงการย่อยที่ 1)	10	อัน	1	1	35.00	350
วัสดุสำนักงาน :คัตเตอร์ 8 นิ้ว (โครงการย่อยที่ 1)	10	อัร	1	1	60.00	600
วัสดุสำนักงาน :เครื่องเหลาดินสอ (โครงการย่อยที่ 1)	4	ชิ้น	1	1	200.00	800
วัสดุสำนักงาน :ดินสอ (โครงการย่อยที่ 1)	5	โหล	1	1	121.00	605
วัสดุสำนักงาน :แม็กเย็บกระดาษขนาดใหญ่ (โครงการย่อยที่ 1)	2	อัน	1	1	1,600.00	3,200

วัสดุสำนักงาน :แม็กเย็บกระดาษขนาดเล็ก (โครงการย่อยที่ 1)	3	อัน	1	1	300.00	900
วัสดุสำนักงาน :แฟ้มใส (โครงการย่อยที่ 2	4	แพ้ค	1	1	80.00	320
วัสดุสำนักงาน :กระดาษ A4 (โครงการย่อยที่ 2)	6	กล่อง	1	1	500.00	3,000
วัสดุสำนักงาน : เทปใส (โครงการย่อยที่ 2)	4	แพ็ค	1	1	95.00	380
วัสดุสำนักงาน :ปากกา (โครงการย่อยที่ 2)	3	โหล	1	1	95.00	285
วัสดุสำนักงาน : ไม้บรรทัด (โครงการย่อยที่ 2)	8	อัน	1	1	50.00	400
วัสดุสำนักงาน :คลิปบอร์ด A4 (โครงการย่อยที่ 2)	12	อัน	1	1	30.00	360
วัสดุสำนักงาน : คัตเตอร์ 8 นิ้ว (โครงการย่อยที่ 2)	5	อัน	1	1	31.00	155
วัสดุสำนักงาน :แฟ้มสันกว้าง A4 สัน 2 นิ้ว (โครงการย่อยที่ 2)	20	อัน	1	1	95.00	1,900
วัสดุสำนักงาน :เครื่องเหลาดินสอ (โครงการย่อยที่ 2)	2	ชิ้น	1	1	100.00	200
วัสดุสำนักงาน :หมึกปริ้น HP สีดำ CZ637AA เบอร์ 46 (โครงการย่อยที่ 2)	10	กล่อง	1	1	200.00	2,000
วัสดุสำนักงาน :กระดาษ A4 80 แกรม (โครงการย่อย 3)	1	กล่อง	1	1	761.00	761
วัสดุสำนักงาน :หมึกปริ้นเลเซอร์ 4 สี (โครงการย่อย 3)	2	ชุด	1	1	18,000.00	36,000
วัสดุงานบ้านงานครัว :กระดาษชำระ (โครงการย่อยที่ 2)	2	กล่อง	1	1	750.00	1,500
วัสดุงานบ้านงานครัว : ตะกร้าเหลี่ยม (โครงการย่อยที่ 2)	1	โหล	1	1	410.00	410
วัสดุงานบ้านงานครัว :กล่องพลาสติกถนอมอาหาร (โครงการย่อยที่ 2)	12	ใบ	1	1	55.00	660
วัสดุงานบ้านงานครัว :กระบอกฉีดน้ำฟ๊อกกี้ 650 มิลลิลิตร (โครงการย่อยที่ 2)	12	ขวด	1	1	50.00	600
วัสดุงานบ้านงานครัว :น้ำยาล้างจาน (โครงการย่อย 3) ขนาด 5 ลิตร	7	ขวด	1	1	250.00	1,750
วัสดุวิทยาศาสตร์ :ค่าสารเคมี เลซิทิน (โครงการย่อยที่ 2)	1	กิโลกรัม	1	1	450.00	450
วัสดุวิทยาศาสตร์ :ค่าสารเคมี ทวีน 80 (โครงการย่อยที่ 2)	2	กิโลกรัม	1	1	380.00	760
วัสดุวิทยาศาสตร์ :BENZYLAMINOPURINE(BAP) (โครงการย่อยที่ 2)	3	กระปุก	1	1	5,900.00	17,700
วัสดุวิทยาศาสตร์ :บีกเกอร์ขนาด 500 มล (โครงการย่อยที่ 2)	12	ใบ	1	1	200.00	2,400
วัสดุวิทยาศาสตร์ :บีกเกอร์ขนาด 250 มล (โครงการย่อยที่ 2)	20	ใบ	1	1	150.00	3,000
วัสดุวิทยาศาสตร์ :บีกเกอร์ขนาด 1000 มล (โครงการย่อยที่ 2)	9	ใบ	1	1	250.00	2,250
วัสดุวิทยาศาสตร์ :บีกเกอร์ขนาด 500 มล (โครงการย่อยที่ 2)	12	ใบ	1	1	200.00	2,400

วัสดุวิทยาศาสตร์ :ขวดแก้วสารฝาเกลี่ยวขนาด 600 มล (โครงการย่อยที่ 2)	10	ใบ	1	1	250.00	2,500
วัสดุวิทยาศาสตร์ : ขวดวัดปริมาตรขนาด 500 มล (โครงการย่อยที่ 2)	10	ใบ	1	1	350.00	3,500
วัสดุวิทยาศาสตร์ :ขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 มล (โครงการย่อยที่ 2)	10	ใบ	1	1	400.00	4,000
วัสดุวิทยาศาสตร์ :แท่งแก้วคน (โครงการย่อยที่ 2)	10	อัน	1	1	20.00	200
วัสดุวิทยาศาสตร์ :ขวดก้นกลม ขนาด 500 มล (โครงการย่อยที่ 2)	35	ใบ	1	1	450.00	15,750
วัสดุวิทยาศาสตร์ :ปิเปตขนาด 5 มล (โครงการย่อยที่ 2)	20	อัน	1	1	45.00	900
วัสดุวิทยาศาสตร์ :ปิเปตขนาด 2 มล (โครงการย่อยที่ 2)	20	อัน	1	1	34.00	680
วัสดุวิทยาศาสตร์ :ปิเปตขนาด 10 มล (โครงการย่อยที่ 2)	20	อัน	1	1	40.00	800
วัสดุวิทยาศาสตร์ : ขวดขนาด 8 ออนซ์พร้อมฝา (โครงการย่อยที่ 2)	10	ลัง	1	1	950.00	9,500
วัสดุวิทยาศาสตร์ :NAPHTHALENEACETIC ACID (NAA) (โครงการย่อยที่ 2)	3	กระปุก	1	1	950.00	2,850
วัสดุวิทยาศาสตร์ :Myo-Inositol 25g. (โครงการย่อยที่ 2)	3	ขวด	1	1	630.00	1,890
วัสดุวิทยาศาสตร์ : tri-Calcium phosphate 500g. (โครงการย่อยที่ 2)	3	ขวด	1	1	1,000.00	3,000
วัสดุวิทยาศาสตร์ : Potassium nitrate 1kg.(โครงการย่อยที่ 2)	3	ขวด	1	1	720.00	2,160
วัสดุวิทยาศาสตร์ : Thermometer alcohol (โครงการย่อยที่ 2)	3	อัน	1	1	80.00	240
วัสดุวิทยาศาสตร์ :กระบอกฉีดน้ำ (โครงการย่อยที่ 2)	15	อัน	1	1	105.00	1,575
วัสดุวิทยาศาสตร์ :Beaker 1L มีหู (โครงการย่อยที่ 2)	5	อัน	1	1	140.00	700
วัสดุวิทยาศาสตร์ :Beaker 1L มีหู (โครงการย่อยที่ 2)	5	อัน	1	1	120.00	600
วัสดุวิทยาศาสตร์ : Beaker 250ml มีหู (โครงการย่อยที่ 2)	5	อัน	1	1	130.00	650
วัสดุวิทยาศาสตร์ : Beaker 100ml ไม่มีหู (โครงการย่อยที่ 2)	5	อัน	1	1	56.00	280
วัสดุวิทยาศาสตร์ :ครอบตานิรภัย ป้องกันสารเคมี (โครงการย่อยที่ 2)	5	อัน	1	1	150.00	750
วัสดุวิทยาศาสตร์ :Activated carbon 1kg (โครงการย่อยที่ 2)	2	แพ็ค	1	1	195.00	390
วัสดุวิทยาศาสตร์ : Beaker 1L (โครงการย่อยที่ 2)	1	อัน	1	1	240.00	240
วัสดุวิทยาศาสตร์ : Stainless Steel Blade No.10 (โครงการย่อยที่ 2)	2	กล่อง	1	1	700.00	1,400
วัสดุวิทยาศาสตร์ : Filter paper No.1 (โครงการย่อยที่ 2)	2	กล่อง	1	1	370.00	740
วัสดุวิทยาศาสตร์ :Magnesium sulfate 7H2O 500g (โครงการย่อยที่ 2)	2	ขวด	1	1	525.00	1,050

วัสดุวิทยาศาสตร์ : แท่งแก้วคนสาร ยาว 12 นิ้ว (โครงการย่อยที่ 2)	10	อัน	1	1	32.00	320
วัสดุวิทยาศาสตร์ : Thumb (Dressing) Forceps 7" (โครงการย่อยที่ 2)	10	อัน	1	1	180.00	1,800
วัสดุวิทยาศาสตร์ :Thumb (Dressing) Forceps 8" (โครงการย่อยที่ 2)	10	อัน	1	1	210.00	2,100
วัสดุวิทยาศาสตร์ : Scalple Handlec No3 (โครงการย่อยที่ 2)	10	อัน	1	1	110.00	1,100
วัสดุวิทยาศาสตร์ :ถุงมือ เบอร์ M (โครงการย่อยที่ 2)	5	กล่อง	1	1	120.00	600
วัสดุวิทยาศาสตร์ : ถุงมือ เบอร์ S (โครงการย่อยที่ 2)	5	กล่อง	1	1	120.00	600
วัสดุวิทยาศาสตร์ : แปรงล้างฟลาส-เล็ก (โครงการย่อยที่ 2)	4	อัน	1	1	50.00	200
วัสดุวิทยาศาสตร์ : Syringe dispossable ไม่ติดเข็ม (โครงการย่อยที่ 2)	1	กล่อง	1	1	275.00	275
วัสดุวิทยาศาสตร์ : แมสแบบคล้องหู (โครงการย่อยที่ 2)	5	กล่อง	1	1	95.00	475
วัสดุวิทยาศาสตร์ : ขวดหยดสีชา 60ml. (โครงการย่อยที่ 2)	5	อัน	1	1	15.00	75
วัสดุวิทยาศาสตร์ : Clorox Triple Action Total (โครงการย่อยที่ 2)	5	อัน	1	1	90.00	450
วัสดุวิทยาศาสตร์ : Tween 20 (Polysorbate 20) (โครงการย่อยที่ 2)	9	ขวด	1	1	250.00	2,250
วัสดุวิทยาศาสตร์ : สารตัวเติม (โครงการย่อยที่4)	60	กิโลกรัม	1	1	174.00	10,440
วัสดุวิทยาศาสตร์ : Thumb (Dressing) Forceps 8" (โครงการย่อยที่ 1)	20	อัน	1	1	200.00	4,000
งบดำเนินงาน - ค่าสาธารณูปโภค						**14,450**
ค่าน้ำ ค่าไฟ สำหรับดำเนินการวิจัย (โครงการย่อยที่ 1)	1	ครั้ง	1	1	3,595.00	3,595
ค่าน้ำ ค่าไฟ สำหรับดำเนินการวิจัย (โครงการย่อยที่ 2)	1	ครั้ง	1	1	3,610.00	3,610
ค่าน้ำ ค่าไฟ สำหรับดำเนินการวิจัย (โครงการย่อย 3)	1	ครั้ง	1	1	3,632.00	3,632
ค่าน้ำ ค่าไฟ สำหรับดำเนินการวิจัย (โครงการย่อยที่ 4)	1	ครั้ง	1	1	3,613.00	3,613
งบดำเนินงาน - ค่าจ้าง						**450,000**
ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยวุฒิปริญญาตรี (โครงการย่อยที่ 1)	5	เดือน	1	1	18,000.00	90,000
ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยวุฒิปริญญาตรี (โครงการย่อยที่ 2)	12	เดือน	1	1	18,000.00	216,000
ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยวุฒิปริญญาตรี (โครงการย่อยที่ 4)	8	เดือน	1	1	18,000.00	144,000

รายละเอียดการจัดซื้อครุภัณฑ์

ข้อมูลครุภัณฑ์
- ไม่มีข้อมูลการจัดซื้อครุภัณฑ์ -

มาตรฐานการวิจัย

☐ มีการใช้สัตว์ทดลอง

☐ มีการวิจัยในมนุษย์

☐ มีการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยทางชีวภาพ

☐ มีการใช้ห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวกับสารเคมี

หน่วยงานร่วมดำเนินการ/ภาคเอกชนหรือชุมชนที่ร่วมลงทุนหรือดำเนินการ

ชื่อหน่วยงาน/บริษัท	ปีที่	แนวทางร่วมดำเนินการ	จำนวนเงิน (in-cash)	จำนวนเงิน (in-kind)	รวมเงินลงทุน
- ไม่มีข้อมูล -					

ระดับความพร้อมทางเทคโนโลยี (Technology Readiness Level: TRL)

TRL ณ ปัจจุบัน ระดับ 2. Concept and/or application formulated

รายละเอียด ระดับ 2 มีเทคโนโลยีในการปลูกข้าวฟ่างหวานในพื้นที่ต่างประเทศ รวมถึงเทคโนโลยีในการผลิตเอทานอลจากวัสดุลิกโนเซลลูโลสและน้ำตาลซูโครส รวมถึงการผลิตผลึกนาโนเซลลูโลสจากวัสดุลิกโนเซลลูโลส ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นการใช้วัสดุลิกโนเซลลูโลสอื่นๆ ที่ไม่ใช้ข้าวฟ่างหวาน

TRL เมื่องานวิจัยเสร็จสิ้นระดับ 4. Key elements demonstrated in laboratory environments

รายละเอียด โครงการย่อยที่ 1 และ 2 : ระดับ 3 เทคโนโลยีในการผลิตข้าวฟ่างหวานในพื้นที่เพาะปลูกและด้วยระบบเซลล์เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในพื้นที่ทดสอบ รวมถึง การประเมินการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ โครงการที่ 3 : ระดับที่ 4 ต้นแบบการปรับสภาพวัสดุลิกโนเซลลูโลสข้าวฟ่างหวานที่ให้ประสิทธิภาพการผลิตน้ำตาลสูง ที่ทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการ และได้ข้อมูลการประเมินการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอนเครดิต โครงการที่ 4 : ระดับที่ 4 ต้นแบบผลิตภัณฑ์และเทคโนโลยีในการสกัดผลึกนาโนเซลลูโลส เพื่อมาเป็นวัสดุเสริมแรงในยางรถยนต์ ที่สามารถนำไปต่อยอดในเชิงธุรกิจได้ และข้อมูลการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ในระหว่างกระบวนการผลิตได้

ระดับความพร้อมทางสังคม (Societal Readiness Level: SRL)

SRL ณ ปัจจุบัน ระดับ 1. identifying problem and identifying societal readiness

รายละเอียด ระดับ 1 ยังไม่ปรากฏพบชุมชนที่มีการปลูกข้าวฟ่างหวานมาก่อน เนื่องจากเป็นพืชทางเลือกใหม่ ถึงแม้ว่าข้าวฟ่างหวานจะมีความคล้ายคลึงกับอ้อย

SRL เมื่องานวิจัยเสร็จสิ้นระดับ 5. proposed solution(s) validated, now by relevant stakeholders in the area

รายละเอียด โครงการที่ 1 และ 2 : ระดับ 5 เทคโนโลยีในการผลิตข้าวฟ่างหวานในพื้นที่เพาะปลูกด้วยระบบเซลล์เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในพื้นที่ทดสอบที่สามารถผลิตได้จริงในพื้นที่ของเกษตรกรหรือผู้ที่สนใน ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งด้านอาชีพ ความเป็นพืชพลังงานและพืชอาหารใหม่ รวมถึงประเมินการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจริงในระหว่างการผลิตข้าวฟ่างหวาน โดยเกษตรกร โครงการที่ 3 :ระดับ 3 เทคโนโลยีการผลิตเอทานอลจากข้าวฟ่างหวานที่พร้อมนำไป

ทดสอบในพื้นที่ปฏิบัติงานจริงในอนาคต ซึ่งนำไปสู่การได้รับความร่วมมือจากชุมชนหรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการนำวัสดุลิกโนเซลลูโลสมาใช้ในการผลิตเอทานอล โครงการที่ 4 : ระดับที่ 4 ต้นแบบผลิตภัณฑ์และเทคโนโลยีในการสกัดผลึกนาโนเซลลูโลส เพื่อมาเป็นวัสดุเสริมแรงในยางรถยนต์ ที่พร้อมจะนำไปทดสอบในพื้นที่ปฏิบัติจริง รวมถึงการได้มาของข้อมูลการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในการระหว่างกระบวนการผลิตในพื้นที่ปฏิบัติงานจริง ชุมชน SME วิสาหกิจผู้ประกอบการใหม่ และ กลุ่มธุรกิจที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปผลิตเอทานอล พร้อมนำผลการประเมินการปลดปล่อนคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอนเครดิตมาใช้ประกอบการประเมินในพื้นที่ปฏิบัติงานจริง และการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งให้มากที่สุด เพื่อที่เข้าสู่การผลิตแบบ Zero – waste นอกจากนี้ ชุมชนหรือเกษตรกรผู้ปลูกข้าวฟ่างหวาน สามารถสร้างรายได้เพิ่มจากการจำหน่ายวัสดุลิกโนเซลลูโลสเหลือทิ้งข้าวฟ่างหวาน(ทดแทนการเผากำจัดทิ้ง) ที่สำคัญที่สุด คือ การลดปริมาณการเผาวัสดุเกษตรลิกโนเซลลูโลสต่าง ๆ และลดปัญหาความรุนแรงของปัญหามลพิษ PM2.5 พร้อมลดปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ความร้อน จากการเผาเข้าสู่ชั้นบรรยากาศของประเทศได้เป็นอย่างดี อันจะนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพชีวิต สร้างคุณค่าและสร้างการอยู่ร่วมกันอย่างมีความสุข

แนวทางการขับเคลื่อนผลงานวิจัยและนวัตกรรมไปสู่ผลลัพธ์และผลกระทบ

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

รายละเอียด 1 มีแนวทางเชื่อมโยงกับนักวิจัยที่เป็นผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชาที่ทำการวิจัยทั้งในและต่างประเทศ (โครงการย่อยที่ 1) 2 ความสัมพันธ์กับผู้เชี่ยวชาญ รวมทั้งการสร้างทีมงานวิจัยในอนาคตด้วยมีแนวทางเชื่อมโยงกับนักวิจัยที่เป็นผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชาที่ทำการวิจัยทั้งในและต่างประเทศ (โครงการย่อยที่ 2) 3 การเชิญ ดร.สังคม สิงหราช ซึ่งเป็นอาจารย์และนักวิจัยจากมหาวิทยาลัยแห่งชาติลาว มาร่วมกันสร้างแนวทางการต่อยอดนวัตกรรมจากผลงานวิจัยนี้ อันจะนำไปสู่การสร้างแนวทางร่วมกันในการผลิตเอทานอลและผลิตภัณฑ์อื่น ๆ จากข้าวฟ่างหวานและร่วมกันสร้างแนวทางการลดปริมาณการเผา ความร้อนและการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผา ปัญหามลพิษ PM2.5 ที่เกิดขึ้นบริเวณชายแดนประเทศไทยและประเทศลาว (โครงการย่อยที่ 3)

☑ การเชื่อมโยงหรือความร่วมมือกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้ใช้ประโยชน์จากงานวิจัย (Connections with stakeholder and user engagement) โดยระบุชื่อหน่วยงานภาครัฐ เอกชน ประชาสังคมและชุมชน โดยอธิบายกระบวนการดำเนินงานร่วมกันและการเชื่อมโยงการขับเคลื่อนผลการวิจัยไปสู่การใช้ประโยชน์อย่างชัดเจน รวมถึงอธิบายกระบวนการดำเนินงานต่อเนื่องของผู้ใช้ประโยชน์จากงานวิจัยเมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น

โครงการย่อยที่ 1 : มีการเชื่อมโยงหรือความร่วมมือกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้ใช้ประโยชน์จากงานวิจัย เช่น หน่วยงานศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี มีการเชื่อมโยงปลูกตรวจสอบสายพันธุ์ข้าวฟ่างหวานข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่เหมาะสมกับภาคเหนือ ส่งเสริมให้เกษตรกรปลูก เพื่อเป็นอาหารสัตว์และใช้เป็นพลังงานทดแทน โครงการย่อยที่ 2 : มีการเชื่อมโยงหรือความร่วมมือกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและผู้ใช้ประโยชน์จากงานวิจัย เช่น หน่วยงานศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ มีการเชื่อมโยงปลูกตรวจสอบสายพันธุ์ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่เหมาะสมกับภาคเหนือ ส่งเสริมให้เกษตรกรปลูก เพื่อเป็นอาหารสัตว์และใช้เป็นพลังงานทดแทน โครงการย่อยที่ 3 : การสร้างความร่วมมือกับชุมชมและเกษตรกรที่มีความสนใจจะปลูกข้าวฟ่างหวานเพื่อเป็นวัตถุดิบให้แก่โรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาลหรือโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเอทานอลจากน้ำตาลอ้อยหรือน้ำตาลข้าวฟ่างหวาน เพื่อสร้างแนวทางการใช้ประโยชน์จากงานวิจัย โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคเหนือ ด้วยการบริการวิชาการหลังการวิจัยเสร็จสิ้น และการประชาสัมพันธ์ผลการวิจัยและผลการประเมินความเป็นไปได้ในการผลิตเอทานอลในเชิงพาณิชย์จากน้ำตาลข้าวฟ่างหวานและวัสดุลิกโนเซลลูโลสข้าวฟ่างหวานให้แก่หน่วยงานภาคเอกชนที่สนใจ หรือหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน เป็นต้น

ประสบการณ์การบริหารงานของหัวหน้าโครงการ ในการบริหารโครงการย้อนหลังไม่เกิน 5 ปี (โครงการที่เกิดผลกระทบสูงสุด 5 อันดับแรก)

ชื่อโครงการวิจัย	หน่วยงานผู้ให้ทุน	ปีที่ได้รับงบประมาณ	งบประมาณ
การประเมินการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในการพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจมูกข้าวโพดหวานจากจมูกข้าวโพดหวานคัดทิ้งในอุตสาหกรรมข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง	สกสว FF66 งบแผ่นดิน ม แม่โจ้	2566	377,500
การพัฒนากระบวนการปรับสภาพพืชลิกโนเซลลูโลสทางใบปาล์มเพื่อเพิ่มผลผลิตน้ำตาลสำหรับการผลิตเอทานอล (ปีที่2)	สกสว FF65 งบแผ่นดิน ม แม่โจ้	2565	375,000
การพัฒนากระบวนการปรับสภาพพืชลิกโนเซลลูโลสทางใบปาล์มเพื่อเพิ่มผลผลิต น้ำตาลสำหรับการผลิตเอทานอล (ปีที่1)	สกสว FF 64 งบแผ่นดิน ม แม่โจ้	2564	1,260,000
การพัฒนากระบวนการผลิตไบโอเอทานอลจากวัสดุเหลือทิ้งไร่ข้าวโพด โดยการหมักแบบแยกกระบวนการผลิต	งบแผ่นดิน มแม่โจ้	2560	287,500
การผลิตถ่านชีวมวลชนิดเม็ดจากเปลือกถั่วดาวอินคา	ทปอ	2560	500,000
การประเมินศักยภาพของพืชลิกโนเซลลูโลส เพื่อใช้ในการผลิตไบโอ เอทธานอลและก๊าซชีวภาพ	คลีนิคเทคโนโลยี	2559	150,000

ผลผลิต/ผลลัพธ์/ผลกระทบ

กลุ่มเป้าหมายที่นำผลงาน วงน. ไปใช้ (Users) และจำนวนของกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มผู้ใช้ประโยชน์	ชื่อกลุ่มผู้ใช้ประโยชน์	จำนวน	หน่วยนับ
ภาครัฐ (หน่วยงาน)	สำนักงานเกษตรจังหวัด	1	แห่ง
ประชาชนทั่วไป	กลุ่มเกษตรกรที่สนใจจะนำหรือทดสอบปลูกข้าวฟ่างวานในพื้นที่ของตนเอง (บริการวิชาการ ถ่ายทอดองค์ความรู้)	1	กลุ่ม
ภาคเอกชน (เช่น บริษัทขนาดใหญ่ / บริษัทขนาดกลางและขนาดเล็ก/ห้างหุ้นส่วน/กลุ่มกิจการเพื่อสังคม)	กลุ่มผู้ผลิตยางรถยนต์ (บริการวิชการ ถ่ายทอดองค์ความรู้)	1	แห่ง

กลุ่มเป้าหมายที่จะได้รับประโยชน์ (Beneficiaries) และจำนวนของกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มผู้ได้รับประโยชน์	ลักษณะประโยชน์ที่ได้รับ	จำนวน	หน่วยนับ
ภาครัฐ (หน่วยงาน)	สำนักงานเกษตรจังหวัดที่นำ/ผลักดัน/ส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากการปลูก/การใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างหวาน ให้แก่เกษตรกร หรืออุตสาหกรรมจังหวัดที่สนใจ (ถ่ายทอดองค์ความรู้บริการวิชาการ)	1	แห่ง
ภาคเอกชน (เช่น บริษัทขนาดใหญ่ / บริษัทขนาดกลางและขนาดเล็ก/ห้างหุ้นส่วน/กลุ่มกิจการเพื่อสังคม)	อุตสาหกรรมจังหวัดหรือกลุ่มธุรกิจที่เกี่ยวข้องและสนใจที่จะนำผลงานวิจัยนี้ไปใช้ประโยชน์ในเชิงธุรกิจหรือพัฒนาเป็นผลิตใหม่ของกลุ่ม/บริษัท (ถ่ายทอดองค์ความรู้บริการวิชาการ)	1	แห่ง

ผลผลิตที่คาดว่าจะได้รับ

ลำดับ	ผลผลิต	จำนวนนำส่ง/หน่วยนับ	รายละเอียดผลผลิต
1	1. กำลังคน หรือหน่วยงาน ที่ได้รับการพัฒนาทักษะ - 1.2 นิสิต/นักศึกษาระดับปริญญาโท	3 คน	(1) นักศึกษาวิจัยระดับปริญญาตรี จำนวน 3 คน
2	2. ต้นฉบับบทความวิจัย (Manuscript) - 2.4 บทความตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ	4 เรื่อง	(1) ผลงานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารฐาน Q1 หรือ Q2 เกี่ยวกับประเด็นเรื่อง ศักยภาพการปลูกข้าวฟ่างหวานในพื้นที่ภาคเหนือ (004-57) (2) ผลงานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารฐาน Q1 หรือ Q2 เกี่ยวกับประเด็นเรื่อง ความเป็นไปได้ของการปลูกข้าวฟ่างหวานจากระบบเซลล์เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสู่พื้นที่ภาคเหนือ (004-57) (3) ผลงานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารฐาน Q1 หรือ Q2 เกี่ยวกับประเด็นเรื่อง การผลิตเอทานอลจากน้ำตาลข้าวฟ่างหวานและลิกโนเซลลูโลสข้าวฟ่างหวานรวมถึงข้อมูลการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอนเครดิตในการผลิตเอทานอลจากข้าวฟ่างหวาน (004-57) (4) ผลงานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารฐาน Q1 หรือ Q2 เกี่ยวกับประเด็นเรื่อง การพัฒนาการสกัดผลึกนาโนเซลลูโลสเพื่อเสริมแรงในยางรถยนต์ (004-57)
3	4. ต้นแบบผลิตภัณฑ์ หรือเทคโนโลยี/กระบวนการใหม่ หรือ นวัตกรรมทางสังคม - 4.1 ต้นแบบผลิตภัณฑ์ (Prototype) ระดับ	1 ต้นแบบ	(1) การพัฒนาการสกัดผลึกนาโนเซลลูโลสเพื่อเสริมแรงในยางรถยนต์ (004-57)

	ห้องปฏิบัติการ		
4	4. ต้นแบบผลิตภัณฑ์ หรือเทคโนโลยี/กระบวนการใหม่ หรือ นวัตกรรมทางสังคม - 4.4 เทคโนโลยีใหม่/กระบวนการใหม่ระดับห้องปฏิบัติการ	3 กระบวนการใหม่	(1) ต้นแบบเทคโนโลยีในการปลูกข้าวฟ่างหวานในพื้นที่ทดสอบหรือด้วยระบบการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในพื้นที่ภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 1 เทคโนโลยี (004-57) (2) ต้นแบบเทคโนโลยีในการผลิตเอทานอลจากน้ำตาลข้าวฟ่างหวานหรือจากวัสดุลิกโนเซลลูโลสข้าวฟ่างหวาน จำนวน 1 เทคโนโลยี (004-57) (3) ต้นแบบเทคโนโลยีในการสกัดผลึกนาโนเซลลูโลสเพื่อเสริมแรงในยางรถยนต์ จำนวน 1 เทคโนโลยี (004-57)
5	5. ทรัพย์สินทางปัญญา (ในประเทศหรือต่างประเทศ และรวมถึงที่ยื่นขอรับความคุ้มครองหรือได้รับการขึ้นทะเบียน) - 5.2 อนุสิทธิบัตร (Petty patent)	2 เรื่อง	(1) อนุสิทธิบัตรในการผลิตเอทานอล (เลขคำขอ) (004-57) (2) อนุสิทธิบัตรในการผลิตลิกโนเซลลูโลสิค (เลขคำขอ) (004-57)

ข้อมูลกระบวนการนำผลผลิตของโครงการวิจัยและนวัตกรรมไปสู่การสร้างผลลัพธ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

ลำดับ	ข้อมูลกระบวนการนำผลผลิตของโครงการวิจัยและนวัตกรรมไปสู่การสร้างผลลัพธ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้น	จำนวน/หน่วยนับ	รายละเอียดโดยสังเขป
1	ผลงานตีพิมพ์ (Publications)	4 เรื่อง	1. เทคโนโลยีและนวตกรรมใหม่ๆ ของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ระบบกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ใหม่ และเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้พัฒนาต่อยอดในงานวิจัย วิชาการ และเชิงธุรกิจ 2. ชุดข้อมูลการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในการปลูกและผลิตผลิตภัณฑ์จากข้าวฟ่างหวานทั้งในระดับต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ ที่สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นการประเมินคาร์บอนเครดิต รวมถึงแนวทางการลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ในการปลูกและการผลิตผลิตภัณฑ์จากข้าวฟ่างหวานและพืชเศรษฐกิจและพืชพลังงานอื่นๆ ได้
2	ความก้าวหน้าในวิชาชีพของบุคลากรด้านวิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม (Next destination)	3 ระดับ/ขั้น	ได้กำลังคนที่ได้รับการพัฒนาทั้งเชิงวิชาการ วิจัย และเชิงพื้นที่ ที่สามารถนำทักษะประสบการณ์ที่ได้รับจากการพัฒนานี้ ไปใช้ในการทำงานในระดับต่าง ๆ และในเชิงพื้นที่ รวมถึงในธุรกิจหรืออุตสาหกรรมของตนเองได้
3	ผลิตภัณฑ์และกระบวนการ บริการและการรับรองมาตรฐานใหม่ (New Products/Processes, New Services and New Standard Assurances)	4 ผลิตภัณฑ์/กระบวนการ	1. ผลิตภัณฑ์ : ต้นแบบยางรถยนต์เสริมแรงด้วยผลึกนาโนเซลลูโลสที่สามารถนำไปขยายผลในเชิงธุรกิจ/อุตสาหกรรมยางรถยนต์ รวมถึงธุรกิจใกล้เคียงที่มีความสนใจในการนำเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์ต้นแบบนี้ไปใช้ประโยชน์ 2. กระบวนการใหม่ : ต้นแบบเทคโนโลยีในการปลูกข้าวฟ่างหวานในพื้นที่ทดสอบหรือด้วยระบบการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในพื้นที่ภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 1 เทคโนโลยี 3. กระบวนการใหม่ : ต้นแบบเทคโนโลยีในการผลิตเอทานอลจากน้ำตาลข้าวฟ่างหวานหรือจากวัสดุลิกโนเซลลูโลสข้าวฟ่างหวาน จำนวน 1 เทคโนโลยี 4. กระบวนการใหม่ : ต้นแบบเทคโนโลยีในการสกัดผลึกนาโนเซลลูโลสเพื่อเสริมแรงในยางรถยนต์ จำนวน 1 เทคโนโลยี
4	ทรัพย์สินทางปัญญา การขึ้นทะเบียนพันธุ์ พืชและพันธุ์สัตว์ หรือการอนุญาตให้ใช้สิทธิ (Intellectual property, Registered Plants Varieties and Animals Breeding or Licensing)	2 เรื่อง	(1) อนุสิทธิบัตรในการผลิตเอทานอล (เลขคำขอ) (2) อนุสิทธิบัตรในการผลิตลิกโนเซลลูโลสิค (เลขคำขอ) ได้ความคุ้มครองทรัพย์สินทางปัญญาของเทคโนโลยีการผลิตเอทานอลและรถยนต์เสริมแรงด้วยผลึกนาโนเซลลูโลส ที่สามารถสร้างรายได้จากการจำหน่ายการใช้ประโยชน์จากอนุสิทธิบัตร

ผลกระทบ

ลำดับ	ผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้น	รายละเอียดผลกระทบ
1	ด้านสังคม	เทคโนโลยีในการผลิตข้าวฟ่างหวานในพื้นที่เพาะปลูกด้วยระบบเซลล์เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในพื้นที่ทดสอบที่สามารถผลิตได้จริงในพื้นที่ของเกษตรกรหรือผู้ที่สนใน ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งด้านอาชีพ ความเป็นพืชพลังงานและพืชอาหารใหม่ รวมถึงประเมินการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจริงในระหว่างการผลิตข้าวฟ่างหวานโดยเกษตรกร เทคโนโลยีการผลิตเอทานอลจากข้าวฟ่างหวานที่พร้อมนำไปทดสอบในพื้นที่ปฏิบัติงานจริงในอนาคต ซึ่งนำไปสู่การได้รับความร่วมมือจากชุมชนหรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการนำวัสดุลิกโนเซลลูโลสมาใช้ในการผลิตเอทานอล ต้นแบบผลิตภัณฑ์และเทคโนโลยีในการสกัดผลึกนาโนเซลลูโลส เพื่อมาเป็นวัสดุเสริมแรงในยางรถยนต์ ที่พร้อมจะนำไปทดสอบในพื้นที่ปฏิบัติจริง รวมถึงการได้มาของข้อมูลการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกโซด์ในการะหว่างกระบวนการผลิตในพื้นที่ปฏิบัติงานจริง
2	ด้านเศรษฐกิจ	เทคโนโลยีในการผลิตข้าวฟ่างหวานในพื้นที่เพาะปลูกและด้วยระบบเซลล์เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในพื้นที่ทดสอบ รวมถึง การประเมินการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ต้นแบบการปรับสภาพวัสดุลิกโนเซลลูโลสข้าวฟ่างหวานที่ให้ประสิทธิภาพการผลิตน้ำตาลสูง ที่ทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการ และได้ข้อมูลการประเมินการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอนเครดิต ต้นแบบผลิตภัณฑ์และเทคโนโลยีในการสกัดผลึกนาโนเซลลูโลส เพื่อมาเป็นวัสดุเสริมแรงในยางรถยนต์ ที่สามารถนำไปต่อยอดในเชิงธุรกิจได้ และข้อมูลการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ในระหว่างกระบวนการผลิตได้
3	ด้านสิ่งแวดล้อม	ข้อมูลการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในระหว่างการปลูกข้าวฟ่างหวานและการผลิตผลิตภัณฑ์ผลึกนาโนเซลลูโลสเสริมยางรถยนต์ และกระบวนการผลิตเอทานอลนอลจากน้ำตาลข้าวฟ่างหวานและเศษเหลือจากทุกขั้นตอนของการผลิต/ปลูกข้าวฟ่างหวาน ที่สามารถนำมาประเมินศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนของต้นข้าวฟ่างหวานระหว่างการปลูก/ผลิตข้าวฟ่างหวาน ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่สามารถนำไปสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน (carbon neutral) พร้อมส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากเศษวัสดุเหลือทางการเกษตรเพื่อให้เกิดการผลิต/การบริโภคด้วยระบบสังคมคาร์บอนต่ำและระบบ (Zero-waste)

เอกสารแนบ

ชื่อไฟล์	ประเภทเอกสาร	ประเภทไฟล์
FF - 68 แบบฟอร์มความสอดคล้อง - Sorghum - โครงการย่อย 3 - nriis.pdf	เอกสารอื่นๆ (แบบสรุปความสอดคล้องโครงการย่อย 3)	
จุฑามาศข้าวฟ่างสมบูรณ์-โครงการย่อยที่ 2 แก้แล้ว.pdf	Concept Proposal	
SI 68-1 สรุปความสอดคล้อง - โครงการย่อยที่ 4 - nriis sending.pdf	เอกสารอื่นๆ (แบบสรุปความสอดคล้องโครงการย่อย 4)	
SI 68 สรุปรายละเอียดข้อเสนอ (จุฑามาศ)- โครงการย่อยที่ 2.pdf	เอกสารอื่นๆ (แบบสรุปข้อเสนอโครงการ)	

FF 68 แบบฟอร์มความสอดคล้อง - โครงการย่อยที่ 1 - nriis sending.pdf	เอกสารอื่นๆ (แบบสรุปความสอดคล้องโครงการย่อย 1)	
ธิดารัตน์ แก้ไขครั้งที่ 2 - โครงการย่อยที่ 1 -.pdf	Concept Proposal	
FF - 68 - Sorghum - Research Set - after 2ndnriis.pdf	แบบฟอร์มข้อเสนอ	
FF 68 แบบฟอร์มความสอดคล้อง (จุฑามาศ)-โครงการย่อยที่ 2 - nriis sending.pdf	เอกสารอื่นๆ (แบบสรุปความสอดคล้องโครงการย่อย 2)	
SI 68 สรุปรายละเอียดข้อเสนอ -โครงการย่อยที่ 1 แ.pdf	เอกสารอื่นๆ (แบบสรุปข้อเสนอโครงการ)	
FF-68-แบบฟอร์มความสอดคล้อง - Sorghum Set - after 2nd nriis.docx.pdf	เอกสารอื่นๆ (แบบสรุปความสอดคล้องของชุดโครงการ)	
004 - SI 68-21 ข้อเสนอโครงการวิจัย - โครงการย่อยที่ 4.pdf	Concept Proposal	
Update 10 พ.ค.67 FF - 68 - Sorghum - Research Set - after 2ndnriis.docx	แบบฟอร์มข้อเสนอ	
FF-68- งบแตกตัวคูณ-SUM 4 - NriisSending - after 2nd revise.xlsx	เอกสารอื่นๆ (แตกตัวคุณ ชุดโครงการ)	
SI 68-21- สรุปรายละเอียดข้อเสนอ - โครงการย่อยที่ 4.pdf	เอกสารอื่นๆ (แบบสรุปข้อเสนอโครงการ)	
Update 10 พ.ค.67 FF-68- งบแตกตัวคูณ-SUM 4 - NriisSending - Red Label.xlsx	เอกสารอื่นๆ (งบประมาณ)	
FF - 68 - Sorghum - Research Set - after 2ndnriis.pdf	Concept Proposal	
FF - 68 - Ethanol - โครงการย่อย 3 - 2nd nriis revise.pdf	Concept Proposal	
FF - SI - 68 สรุปรายละเอียดข้อเสนอ - Sorghum Set - after 2nd Nriis.pdf	เอกสารอื่นๆ (แบบสรุปข้อเสนอแผนงาน)	
FF - SI - 68 สรุปรายละเอียดข้อเสนอ - โครงการย่อย 3 - 2nd nriis revise.pdf	เอกสารอื่นๆ (แบบสรุปข้อเสนอโครงการ)	
Update 10 พ.ค.67 FF - 68 - Sorghum - Research Set - after 2ndnriis.pdf	แบบฟอร์มข้อเสนอ	