



นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ม.ขอนแก่น

ออกแบบและพัฒนากการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ

จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร (ขานอ้อย) เพื่อเป็นพลังงานทดแทน

สร้างแรงจูงใจให้เกษตรกรเห็นคุณค่าและสามารถเพิ่มรายได้จากวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร



รางวัลนี้เกิดจากแนวความคิดของ ศาสตราจารย์ ดร.นงก วังษ์ตระหง่าน อดีตอธิการบดีมหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้มองเห็นว่ามหาวิทยาลัยขอนแก่นเป็นแหล่งเรียนรู้ แหล่งผลิตงานวิจัย พัฒนาองค์ความรู้ที่สำคัญที่เป็นที่พึ่งทางความคิดและการแก้ปัญหาของคนอีสาน งานวิจัยของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาซึ่งถือได้ว่าเป็นงานวิจัยส่วนใหญ่ของมหาวิทยาลัยน่าจะได้รับการพัฒนามาเป็นงานวิจัยที่มีการกำหนดปัญหาหรือโจทย์วิจัยจากปัญหาจริงในพื้นที่ เพื่อนำองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยไปพัฒนาเชิงพื้นที่ในระดับชุมชน สังคม และประเทศชาติให้มากขึ้น เพื่อที่จะสนับสนุนส่งเสริมและสร้างแรงจูงใจให้นักศึกษาได้พัฒนาผลงานวิทยานิพนธ์ให้มีคุณภาพบนพื้นฐานของแนวคิดของงานวิจัยเพื่อแก้ไขปัญหาและพัฒนาประเทศ จึงได้เสนอให้มีการคัดเลือกวิทยานิพนธ์ดีเด่นที่มีลักษณะดังกล่าวข้างต้นปีละหนึ่งเรื่อง โดย ศาสตราจารย์ ดร.นงก วังษ์ตระหง่าน ได้สนับสนุนรางวัลเรื่องละ 100,000 บาท เป็นเวลา 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 เป็นต้นไป

รางวัลวิทยานิพนธ์เกียรติยศ

ศาสตราจารย์ ดร.นงก วังษ์ตระหง่าน ประจำปี 2561

ชื่อวิทยานิพนธ์ (ภาษาไทย) การศึกษาออกแบบและพัฒนากการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพจากขานอ้อย โดยใช้เตาปฏิกรณ์ฟลูอิดไดซ์เบดแบบหมุนเวียน

(ภาษาอังกฤษ) A design study and development of bio-oil production from sugarcane bagasse by using circulating fluidized bed reactor

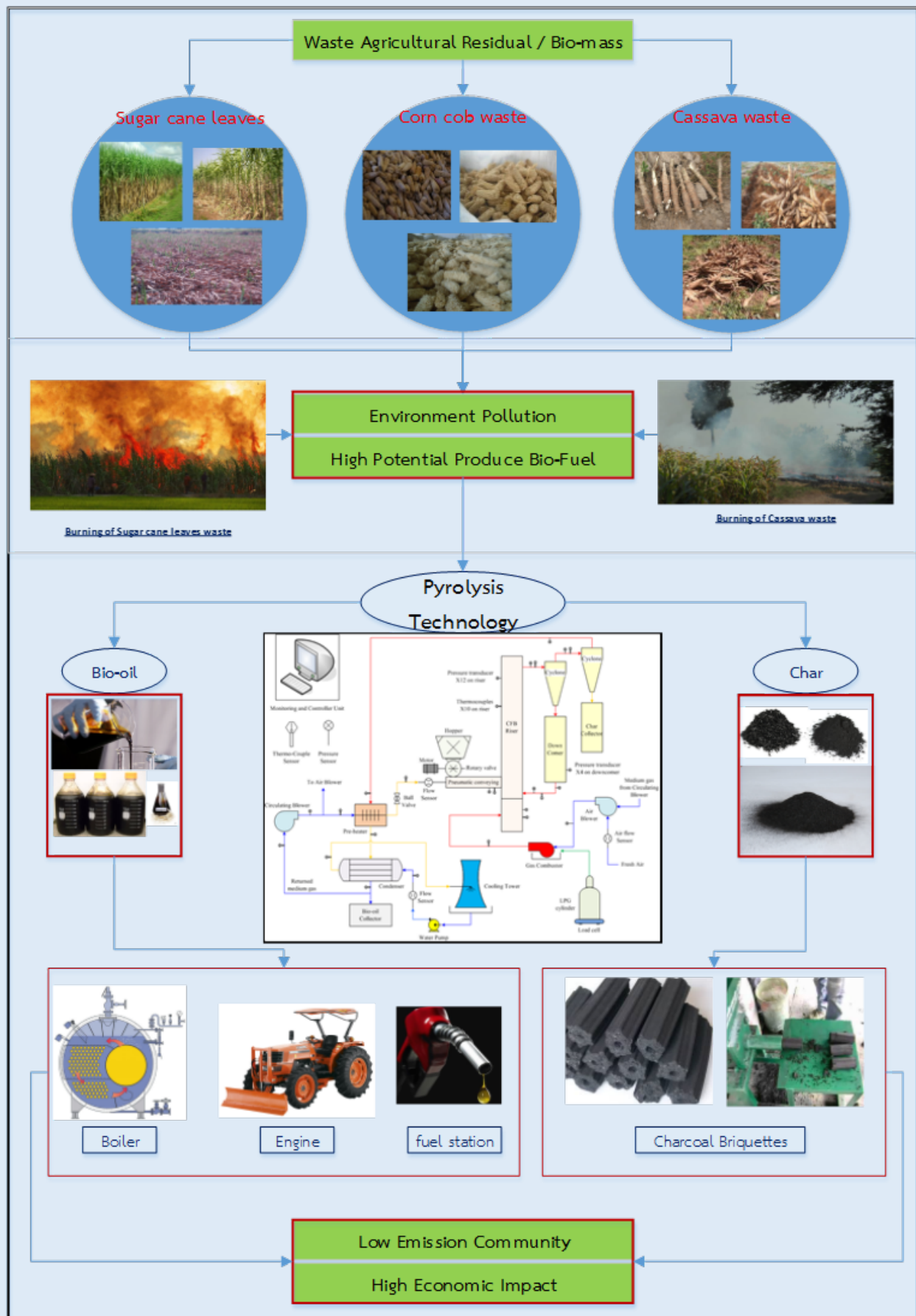
วิทยานิพนธ์: ปรัชญาดุษฐ์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ ปีการศึกษา 2559

ดุษฐ์บัณฑิต: ดร.วศกร ตริเดช

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: รองศาสตราจารย์ ดร.รัชพล สันติวรากร อาจารย์ประจำสาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

โจทย์และแนวคิดของงานวิจัย

ประเทศไทยขึ้นชื่อว่าเป็นประเทศเกษตรกรรม ซึ่งผลผลิตทางการเกษตรจำพวก ข้าวเปลือก มันสำปะหลัง อ้อย ปาล์มน้ำมัน และยางพารา ถือว่าเป็นสินค้าส่งออกเป็นอันดับต้นๆ ที่ช่วยหล่อเลี้ยงระบบเศรษฐกิจของประเทศไทยเรา โดยวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร เช่น ฟางข้าวและแกลบ เถ่าและลำต้นมันสำปะหลัง ใบและยอดอ้อย ทะลายปาล์มและก้านปาล์ม หรือใบยางพารา เป็นสิ่งของเหลือทิ้งตามท้องไร่ท้องนาที่มีปริมาณมหาศาลซึ่งไม่มีการจัดการอย่างเป็นระบบ ปัจจุบันเกษตรกรไทยอาศัยการเผาทำลายวัสดุเหล่านี้ทิ้งเพื่อให้ง่ายต่อการเก็บเกี่ยวผลผลิต และเพื่อให้ง่ายต่อการจัดการ ซึ่งการเผาทำลายทิ้งนอกจากจะเป็นการสร้างมลพิษทางอากาศแล้ว ยังเป็นการกระทำที่ผิดกฎหมายอีกด้วย โดยวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรในประเทศไทยถูกประเมินว่ามีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนได้อย่างมีประสิทธิภาพในการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้เพื่อสร้างพลังงานความร้อนทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล โดยประเมินว่าแต่ละปีประเทศไทยมีวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรมากกว่า 200 ล้านตัน ซึ่งมีพลังงานความร้อนเทียบเท่ากับน้ำมันดิบประมาณ 20 ล้านตัน หรือคิดเป็น 1 ใน 3 ของปริมาณน้ำมันดิบที่มีการนำเข้ามาใช้ภายในประเทศ ดังนั้นหากมีระบบหรืออุปกรณ์ที่ช่วยแปรรูปวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรให้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงได้ก็จะสามารถสร้างแรงจูงใจให้เกษตรกรหันมาเอาใจใส่กับวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร จากเดิมเป็นการเผาทำลายทิ้งมาเป็นการรวบรวมมาผลิตเป็นพลังงานเพื่อใช้เองหรือขายได้ ซึ่งนอกจากสามารถเพิ่มรายได้ให้เกษตรกรแล้ว ยังช่วยเพิ่มทางเลือกในการจัดการชีวมวลบ้านเรามีความหลากหลายและเหมาะสมมากยิ่งขึ้น





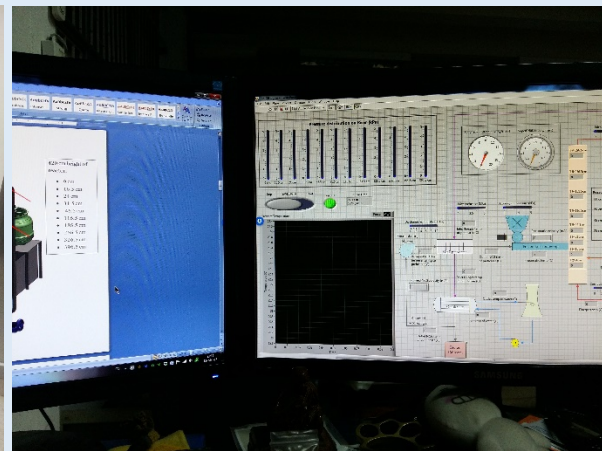
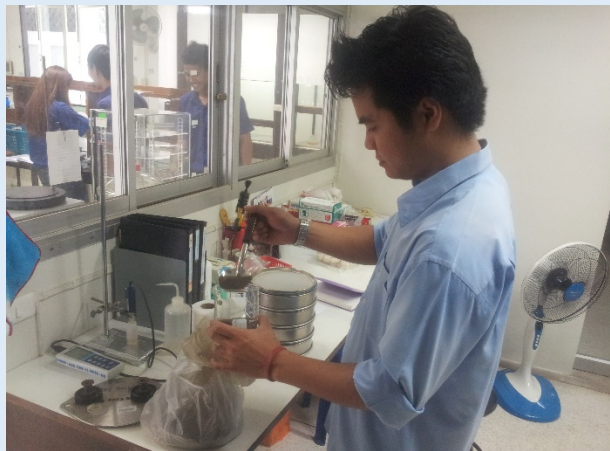
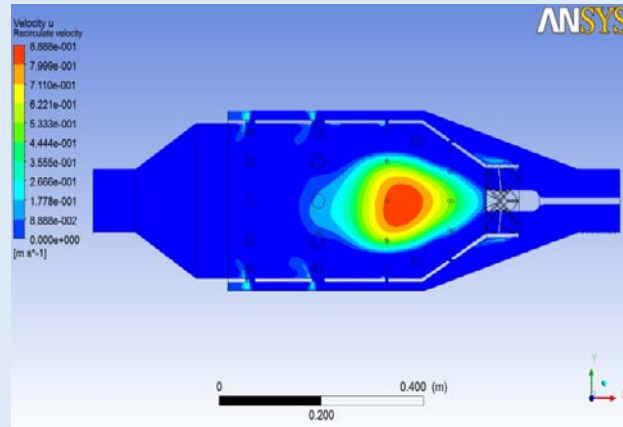
รองศาสตราจารย์ ดร.รัชพล สันติวรากร ในฐานะอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์กล่าวถึงจุดเริ่มต้นของการศึกษาวิจัยและทิศทางการนำผลการศึกษาวิจัยนี้ไปใช้ในอนาคตเพื่อให้เกิดเป็นรูปธรรมว่า “ประเทศไทยให้ความสนใจในการส่งเสริมและสนับสนุนในการนำชีวมวลมาแปรรูปเป็นพลังงานทดแทนมาอย่างยาวนานซึ่งนำโดยสำนักงานนโยบายและแผนพลังงานแห่งชาติ โดยให้ความสนใจในการนำชีวมวลมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงในหลากหลายรูปแบบ เช่น เอทานอล ไบโอดีเซล ก๊าซชีวภาพ หรือการแม้แต่การนำชีวมวลแห้งมาอัดเม็ดเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำ แต่การนำชีวมวลมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงเหลวด้วยกระบวนการไพโรไลซิสนั้นยังไม่ได้มีการศึกษาวิจัยในประเทศไทยมากนัก หรือแทบจะกล่าวได้ว่าในช่วงสิบปีที่ผ่านมาประเทศไทยไม่มีองค์

ความรู้หรือผลงานวิจัยเกี่ยวกับการแปรรูปชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงเหลวด้วยกระบวนการไพโรไลซิสหรือที่เรียกว่า “ไบโอเออย” เลย ซึ่งแตกต่างกับต่างประเทศ เช่น แคนาดา สหรัฐอเมริกา จีน บราซิล หรืออังกฤษ ที่มีการพัฒนาต่อยอกระบวนผลิตไบโอเออยจากชีวมวลอย่างกว้างขวางจนถึงขั้นนำไบโอเออยนี้มาผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าที่มีกำลังการผลิตสูงถึง 200 MW ซึ่งข้อดีของการใช้กระบวนการไพโรไลซิสมาแปรรูปเป็นไบโอเออยนั้นมีอยู่มากมาย เช่น สามารถแปรรูปชีวมวลได้ทุกชนิด ใช้ระยะเวลาในกระบวนการผลิตที่สั้นมาก ไม่ต้องใช้สารเคมีอื่นมาช่วยสกัดหรือผลิตซึ่งแตกต่างกับการผลิตเอทานอล เป็นต้น โดยงานวิจัยนี้เริ่มขึ้นเมื่อช่วงปี พ.ศ. 2551 โดยช่วงเวลาดังกล่าวได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับต้นทุน ประสิทธิภาพการผลิต ประสิทธิภาพการแปรรูปพลังงานและแนวทางการใช้ประโยชน์ จากการนำไบโอเออยมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงแข็งในรูปแบบของการอัดเม็ด แปรรูปเป็นเชื้อเพลิงเหลวด้วยกระบวนการไพโรไลซิส และแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงแก๊สด้วยกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน ซึ่งผลการวิจัยระบุว่าเชื้อเพลิงแข็งมีศักยภาพทั้งด้านต้นทุน ประสิทธิภาพการผลิตและประสิทธิภาพการแปรรูปพลังงานที่ดีที่สุด รองลงมาคือ เชื้อเพลิงแก๊สและเชื้อเพลิงเหลว ตามลำดับ แม้ว่าเชื้อเพลิงเหลวหรือไบโอเออยจะมีต้นทุนการผลิตจากผลงานวิจัยช่วงแรกสูงถึง 4,700 บาทต่อลิตร และมีประสิทธิภาพการผลิตที่ต่ำ กล่าวคือ ไบโอเออย 4 กิโลกรัมสามารถผลิตเป็นไบโอเออยได้เพียง 1 กิโลกรัม แต่เมื่อพิจารณาด้านการขนส่งเชื้อเพลิง การเก็บรักษาและความหลากหลายด้านการใช้งานพบว่า ไบโอเออยมีศักยภาพที่โดดเด่นที่สุด ด้วยเหตุนี้จึงมีการศึกษาวิจัยต่อเนื่องในระยะที่สอง เกี่ยวกับการลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพให้แก่ระบบไบโอเออยจากชีวมวลเพื่อให้สามารถแข่งขันกับเชื้อเพลิงเหลวอื่นๆ ได้ หลังจากการใช้ระยะเวลาทำวิจัยอยู่ 6 ปี ในการค้นคว้าวิจัยเชิงลึกและเปรียบเทียบเทคโนโลยีกับงานวิจัยต่างประเทศเพื่อให้แน่ใจว่าเทคโนโลยีที่คิดค้นขึ้นนี้มีประสิทธิภาพการผลิตระดับสูง ในขณะที่มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำ รวมไปถึงศึกษาผลกระทบด้านตัวแปรต่างๆ เพื่อที่จะเป็นข้อมูลให้ผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถนำต้นแบบเครื่องจักรจากงานวิจัยระยะสองนี้ไปพัฒนาต่อยอดได้ในอนาคต ซึ่งผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากงานวิจัยระยะสองนี้สามารถผลิตไบโอเออยจากชีวมวลต่างๆ เช่น ชานอ้อย ใบอ้อย หญ้าเนเปียร์ ใบยางพารา และใบไม้ทั่วไป ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีต้นทุนการผลิตต่ำ (ลิตรละ 11.09 บาท) ซึ่งมีค่าที่ติดอันดับต้นๆ จากงานวิจัยทั่วโลกทั้งในด้านต้นทุนการผลิต ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน และประสิทธิภาพในการแปรรูปจากชีวมวลมาเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ อย่างไรก็ตามการที่คิดค้นระบบผลิตไบโอเออยที่มีประสิทธิภาพสูงนั้นยังคงเป็นก้าวแรกในการสร้างระบบบูรณาการในการผลิตและใช้ประโยชน์จากไบโอเออย โดยยอมรับว่าไบโอเออยค่อนข้างที่จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกับน้ำมันเชื้อเพลิงจากฟอสซิลอยู่มาก ดังนั้นจึงมีการวิจัยต่อเนื่องในระยะสามควบคู่กันหลายด้าน ได้แก่ การพัฒนาด้านระบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตไบโอเออยที่มีมาตรฐาน การวิจัยด้านการปรับปรุงคุณภาพไบโอเออยให้สามารถใช้งานได้ในเครื่องยนต์ดีเซล และการวิจัยในด้านการนำไบโอเออยไปใช้เผาไหม้ตรงในห้องเผาไหม้ของหม้อไอน้ำและเครื่องยนต์กังหันแก๊สเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าเหมือนที่ทำกันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ ซึ่งคาดว่าจะงานวิจัยที่กำลังพัฒนาต่อเนื่องทั้งหมดในระยะสามนี้จะประสบผลสำเร็จอย่างเป็นรูปธรรมในไม่ช้านี้ ซึ่งหากเรามีผลงานวิจัยพร้อมทั้งหมดนี้ทางกระผมในฐานะหัวหน้าผู้วิจัยและมหาวิทยาลัยขอนแก่น จะเป็นผู้นำ

องค์ความรู้ทั้งหมดที่ได้ไปเผยแพร่สู่ชุมชนและอุตสาหกรรมในการสร้างโรงงานต้นแบบในการผลิตไบโอดีเซลจากชีวมวลที่มีการบริหารจัดการด้านการผลิตและใช้ประโยชน์ที่สามารถหล่อเลี้ยงหรือสร้างอาชีพในชุมชนหรือองค์กรเองได้ ซึ่งนอกจากจะเป็นการเพิ่มรายได้จากการสร้างอาชีพแล้ว ยังเป็นการช่วยเหลือประชาชนหรืออุตสาหกรรมด้านต้นทุนพลังงานที่มีราคาสูงขึ้นทุกปี อีกทั้งเป็นการส่งเสริมพันธกิจของมหาวิทยาลัยขอนแก่นในการช่วยเหลือชุมชนและคนในชาติให้เกิดความมั่นคงด้านพลังงานที่สามารถผลิตพลังงานใช้เองได้จากเทคโนโลยีที่คิดค้นขึ้นจากคนในประเทศ สร้างความมั่นคงจากต้นทุนพลังงานที่ลดลงซึ่งทำให้มีรายจ่ายในการใช้ชีวิตลดลง และก่อให้เกิดความยั่งยืนในการใช้ระบบหรือเทคโนโลยีที่บริหารจัดการเองภายในชุมชนและองค์กร”

กระบวนการในการศึกษา

1. เริ่มต้นจากการศึกษาจุดแข็ง-จุดอ่อนจากงานวิจัยในระยะแรกเพื่อวิเคราะห์หาสิ่งที่บกพร่องและสิ่งที่ต้องปรับปรุงรวมไปถึงค้นคว้ากับงานวิจัยจากต่างประเทศเพื่อใช้เป็นข้อมูลเสริมในการพัฒนาระบบผลิตไบโอดีเซลที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา ระบบผลิตไบโอดีเซลมีการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ค่อนข้างล้ำสมัยมากและค่อนข้างเป็นความลับ ดังนั้นจึงต้องอาศัยการรวบรวมข้อมูลเล็กๆน้อยๆจากงานวิจัยทั่วโลกมาประกอบการออกแบบเพื่อให้ได้ระบบที่สมบูรณ์แบบในการได้มาซึ่งระบบเครื่องจักรที่ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ



การนำวัสดุไปหาคุณค่าคุณสมบัติเพื่อใช้ในการออกแบบและการใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณและออกแบบระบบ

2. ทำการคำนวณและออกแบบระบบผลิตไบโอเออยโดยอาศัยเครื่องมือทดสอบเพื่อหาค่าตัวแปรในการออกแบบและใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยในขั้นตอนออกแบบคำนวณ ซึ่งคอมพิวเตอร์จะคำนวณผลกระทบต่างๆเพื่อนำมาใช้เป็นขอบเขตในการกำหนดความปลอดภัย เช่น อุณหภูมิเครื่องจักรขณะทำงาน ความดันที่เกิดขึ้นในระบบ รวมไปถึงการใช้ซอฟต์แวร์เพื่อเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาใช้ในการควบคุมและเก็บข้อมูลการทำงานของระบบขณะทำการผลิตไบโอเออย
3. การสร้างอุปกรณ์ที่ได้รับการออกแบบมาเองเพื่อให้แน่ใจว่าสิ่งที่ออกแบบมาถูกสร้างขึ้นได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ซึ่งในระหว่างการสร้างเครื่องจักรทั้งหมดจะทำการทดสอบความปลอดภัยต่างๆอยู่ตลอดเวลาทั้งในส่วนของความสามารถในการรับแรงดันและอุณหภูมิ รวมไปถึงการติดตั้งเซ็นเซอร์ต่างๆเพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้ทำงานด้วยความปลอดภัยและเกิดเสถียรภาพขณะทำงานมากที่สุด โดยเครื่องจักรทั้งหมดนี้ติดตั้งที่สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น



การสร้างทดสอบและการติดตั้งเซ็นเซอร์ให้แก่เครื่องจักรเพื่อให้มั่นใจว่าระบบต่างๆสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบ และการทดสอบผลิตไบโอเออยและเก็บข้อมูลต่างๆประกอบการศึกษาวิจัย

4. การทดสอบผลิตไบโอเออยเพื่อนำสิ่งที่ผลิตมาได้ไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติไบโอเออยต่อไป นอกจากนี้ยังทำการเก็บข้อมูลต่างๆ เช่น ต้นทุนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ การปลดปล่อยมลพิษขณะทำการผลิต เพื่อประกอบผลการศึกษา

The diagram illustrates a CFB system for biomass gasification. Key components and their functions are as follows:

- Monitoring and Controller Unit:** A computer system that monitors and controls the entire process.
- Sensors:** Thermo-Couple Sensors (represented by a vertical line with a circle) and Pressure Sensors (represented by a circle with a cross) are distributed throughout the system for data collection.
- Biomass Feed System:** Biomass is fed from a **Hopper** through a **Rotary valve** (driven by a **Motor**) into a **Pneumatic conveying** system. A **Flow Sensor** is located before a **Ball Valve** that leads to the **Pre-heater**.
- CFB Riser:** The main reactor where biomass is gasified. It is equipped with **Pressure transducer X12 on riser** and **Thermocouples X10 on riser**.
- Gas Separation:** Gases exit the riser and pass through two **Cyclone** separators. The bottom product goes to a **Char Collector**, while the top gas goes to a **Down Comer**. A **Pressure transducer X4 on downcomer** is located here.
- Gas Combustion and Air Supply:** Gases from the downcomer enter a **Gas Combustor**. **Fresh Air** is drawn from the atmosphere, passes through an **Air flow Sensor**, and is then blown by an **Air Blower**. **Medium gas from Circulating Blower** is also fed into the combustor.
- Gas Circulation and Cooling:** Gases from the combustor are pumped by a **Gas Pump** (red) to a **Pre-heater** (orange) and then to a **Condenser** (cylindrical). The **Pre-heater** also receives biomass from the hopper. The **Condenser** produces **Bio-oil Collector** and **Returned medium gas**, which is fed back into the **Circulating Blower** (blue). The **Pre-heater** also feeds into a **Cooling Tower** (blue), which has a **Flow Sensor** and is connected to a **Water Pump**.
- Energy Source:** An **LPG cylinder** on a **Load cell** provides fuel to the **Gas Combustor**.

แผนผังอุปกรณ์ของระบบผลิตไบโอดีจากงานวิจัยนี้

นอกจากนี้ ดร.วศกร ตรีเดช ยังกล่าวอีกว่า ปัจจุบันระบบผลิตไบโอดีเซลในต่างประเทศมีการพัฒนาระบบให้มีประสิทธิภาพที่สูงมาก และมีกำลังการผลิตที่ใหญ่มาก ซึ่งบางประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกาและแคนาดา ได้สร้างระบบผลิตไบโอดีเซลที่มีกำลังการผลิตสูงถึง 2,000 ตันต่อวัน โดยระบบดังกล่าวได้รับความร่วมมือและสนับสนุนจากรัฐบาลในประเทศในเรื่องต่างๆ เช่น พื้นที่ตั้งโรงงาน วัตถุดิบในการผลิต และการนำไบโอดีเซลไปใช้ในเครื่องยนต์กังหันแก๊สที่มีกำลังผลิตไฟฟ้าสูงถึง 200 MW ซึ่งตนในฐานะนักวิจัยจึงมีความต้องการที่จะพัฒนาระบบผลิตพลังงานนี้เพื่อให้เป็นทางเลือกหนึ่งให้แก่คนในชาติในการผลิตพลังงานใช้เอง แต่ถ้าหากประเทศไทยเรายังไม่มีระบบที่ความเสถียรภาพเพียงพอ ก็เป็นเรื่องยากที่จะได้รับความสนใจจากหน่วยงานต่างๆ ในการสนับสนุนระบบผลิตไบโอดีเซลให้มีการเติบโตภายในประเทศได้ ดังนั้นจึงมีความสนใจมุ่งมั่นในการศึกษาหาความรู้เพื่อพัฒนาระบบดังกล่าวให้มีศักยภาพเพียงพอที่จะแข่งขันกับเชื้อเพลิงเหลวอื่นๆ ที่มีจำหน่ายในประเทศ จากการศึกษาค้นคว้ามารวมเกือบ 10 ปี ก็ประสบผลสำเร็จในการออกแบบและพัฒนาระบบผลิตไบโอดีเซลที่มีประสิทธิภาพทั้งในด้านการผลิต การแปรรูปพลังงาน และมีต้นทุนการผลิตต่ำ โดยผลการวิจัยการผลิตไบโอดีเซลจากขานอ้อยที่มีกำลังการผลิต 1 ตันต่อวัน (ซึ่งเป็นกำลังการผลิตที่สูงที่สุดสำหรับการผลิตไบโอดีเซลจากชีวมวลในประเทศไทย) สามารถผลิตไบโอดีเซลได้ถึง 78 เปอร์เซ็นต์โดยมวล (หรือคิดเป็น ขานอ้อย 1 กิโลกรัม สามารถผลิตไบโอดีเซลได้ 0.78 กิโลกรัม) โดยไบโอดีเซลดังกล่าวมีค่าพลังงานความร้อนประมาณ 1 ใน 3 เท่าของพลังงานความร้อนที่ได้จากน้ำมันดีเซล หรือเทียบเท่าน้ำมันเตาเกรดซี มีประสิทธิภาพในการแปรรูปพลังงานเท่ากับ 32.94% ซึ่งมีความมากกว่าประสิทธิภาพการแปรรูปพลังงานจากผลการวิจัยระบบผลิตไบโอดีเซลขนาด 3 ตันต่อชั่วโมง จากประเทศจีนที่มีค่าเท่ากับ 20.86% (ประสิทธิภาพการแปรรูปพลังงาน คือ อัตราส่วนระหว่างพลังงานจากไบโอดีเซลที่ผลิตได้ต่อพลังงานที่ใส่เข้าไปในระบบทั้งหมดซึ่งรวมไปถึงพลังงานจากชีวมวลที่ใส่เข้าไปด้วย) โดยมีต้นทุนการผลิตไบโอดีเซลเท่ากับ 0.353 USD/lite ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับกลางๆ ในขณะที่ต้นทุนการผลิตที่ต่ำที่สุดเท่าที่ผลิตได้ในต่างประเทศเท่ากับ 0.108 USD/lite นอกจากระบบผลิตไบโอดีเซลจะสามารถได้มาซึ่งไบโอดีเซลที่มีปริมาณมากแล้ว ถ่านชาร์ยังเป็นอีกหนึ่งผลผลิตที่ได้จากระบบนี้ด้วย โดยถ่านชาร์ที่ได้มีสัดส่วนของคาร์บอนที่สูงซึ่งสามารถนำถ่านชาร์นี้ไปพัฒนาต่อยอดเพื่อเพิ่มมูลค่าได้อีกมากมาย เช่น นำไปแปรรูปเป็นคาร์บอนบริสุทธิ์ในอุตสาหกรรมกรองสารพิษ หรือนำไปเป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง เป็นต้น

Properties	Char	Bio-oil at each of the feed rates (kg/h)					Units
		18	22.5	30	36	45	
Heating value (ASTM D240)	11,610	16,431	16,712	18,483	18,389	18,334	kJ/kg
Density (ASTM D4502)	145.05	1151	1154	1274	1259	1261	kg/m ³
Viscosity (ASTM D445)	–	5.23	5.98	24.54	24.23	24.52	cSt
Acidity (pH meter)	–	3.3	3.3	2.4	2.4	2.4	–
Water content (ASTM E203)	–	71.71	62.01	40.21	38.93	36.84	wt%
Proximate analysis (Shimadzu TGA50)							
- Moisture	2.90	–	–	–	–	–	–
- Volatile matter	36.69	–	–	–	–	–	–
- Fixed carbon*	55.14	–	–	–	–	–	–
- Ash content (700 °C)	5.27	1.98	1.87	2.73	2.93	2.88	% wt
Ultimate analysis (Perkin Elmer PE2400 Series II)							
- C	31.68	30.48	31.22	45.24	45.49	44.98	%
- H	2.14	6.42	6.85	7.47	6.88	8.06	%
- N	0.49	0.31	0.31	0.36	0.33	0.39	%
- O*	65.70	62.79	61.62	46.93	47.30	46.57	%

* Fixed carbon and oxygen were calculated by difference.

ผลวิเคราะห์คุณสมบัติของไบโอดีเซลและถ่านชาร์จากงานวิจัยนี้

Retention time (min)	Compound name	Formula	Chromatographic peak area of bio-oil at each of the feed rates (kg/h)				
			18	22.5	30	36	45
2.64	Acetic acid	C ₂ H ₄ O ₂	34.19	38.27	33.95	38.68	35.02
2.98	2-Propanone, 1-hydroxy-	C ₃ H ₆ O ₂	2.95	5.38	4.80	5.43	4.73
3.73	1,2-Ethanediol	C ₂ H ₆ O ₂	12.09	9.27	8.32	5.56	10.42
7.20	Propanenitrile, 3-(1-methylethoxy)-	C ₆ H ₁₁ NO	0.42	0.58	0.77	0.67	0.86
7.31	Furfural	C ₅ H ₄ O ₂	0.86	1.10	1.01	0.78	1.01
8.20	1,2-Ethanediol, monoacetate	C ₄ H ₈ O ₃	2.13	1.62	2.42	1.76	2.56
10.28	Butyrolactone	C ₄ H ₆ O ₂	0.31	0.50	0.26	0.28	1.13
10.39	2(5H)-Furanone	C ₄ H ₄ O ₂	0.00	0.58	0.33	0.59	0.74
11.45	2,5-Furandione, 3-methyl-	C ₅ H ₄ O ₃	1.05	0.94	1.01	0.78	0.87
12.16	2-Propenamide, N-(aminocarbonyl)-	C ₄ H ₆ N ₂ O ₂	0.68	0.82	1.33	1.19	1.05
13.39	Oxazolidine, 2,2-diethyl-3-methyl-	C ₈ H ₁₇ NO	0.47	0.83	1.04	0.85	0.58
14.47	2-Cyclopenten-1-one, 2-hydroxy-3-methyl-	C ₆ H ₈ O ₂	0.34	0.54	0.83	0.83	0.74
16.76	Cyclopropyl carbinol	C ₄ H ₈ O	1.58	1.94	1.58	2.21	1.83
19.52	Butanal, 3-methyl-	C ₅ H ₁₀ O	1.45	1.36	0.80	0.57	0.80
20.65	2,3-Dihydro-benzofuran	C ₈ H ₈ O	3.15	2.30	3.84	2.32	3.46
23.00	4-Vinyl-2-methoxy-phenol	C ₉ H ₁₀ O ₂	0.70	0.54	0.67	0.57	0.78
24.12	Phenol, 2,6-dimethoxy-	C ₈ H ₁₀ O ₃	0.95	0.86	1.16	0.94	1.24
25.45	Benzaldehyde, 4-hydroxy-3-methoxy-	C ₈ H ₈ N ₂ O ₂	0.98	1.25	2.59	2.12	1.56
27.16	1-Decanol	C ₁₀ H ₂₂ O	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00
27.64	Ethanone, 1-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-	C ₉ H ₁₀ O ₃	0.30	0.36	0.34	0.23	0.35
28.95	beta-D-Glucopyranose, 1,6-anhydro-	C ₆ H ₁₀ O ₅	31.41	27.89	28.11	28.94	26.82
31.72	Benzaldehyde, 4-hydroxy-3,5-dimethoxy-	C ₉ H ₁₀ O ₄	0.93	0.95	1.10	1.04	0.95
32.75	Methoxyacetic acid, dodecyl ester	C ₁₅ H ₃₀ O ₃	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00
33.32	Ethanone, 1-(4-hydroxy-3,5-dimethoxyphenyl)-	C ₁₀ H ₁₂ O ₄	0.56	0.49	0.71	0.48	0.58
34.21	Butanone, 1-(2,4,6-trihydroxy-3-methylphenyl)-	C ₁₁ H ₁₄ O ₄	0.34	0.14	0.34	0.41	0.29
35.10	2-Propenoic acid, 3-(4-hydroxyphenyl)-	C ₉ H ₈ O ₃	2.43	1.34	2.56	2.69	1.86
Total			100	100	100	100	100

ผลวิเคราะห์ส่วนประกอบเคมีที่อยู่ในไบโอออยจากงานวิจัยนี้

Study	Bio-oil cost		Feed capacity (tons/day)	Year
	\$/1	\$/GJ		
Solantausta et al. [79]	0.156	7.30	1000	1992
Cottam and Bridgwater [80]	0.108	5.00	1000	1994
Gregoire and Bain [81]	0.132	6.10	1000	1994
Islam and Ani [82]	0.458	21.20	2.4	2000
Islam and Ani [82]	0.217	10.10	2.4	2000
Mullaney et al. [83]	0.320	14.50	100	2002
Mullaney et al. [83]	0.235	10.60	400	2002
Peacocke et al. (Wellman plant) [84]	0.204	9.50	48	2004
Peacocke et al. (BTG plant) [84]	0.172	8.00	48	2004
Marker et al. [85]	0.114	5.10	2000	2005
Marker et al. [85]	0.146	6.77	500	2005
Ringer et al. [86]	0.164	7.62	550	2006
Uslu et al. [87]	0.177	6.00	132	2008
Velden et al. [28]	0.241	11.63	–	2008
Dynamotive [88]	0.196	4.04	200	2009
Badger et al. [89]	0.249	11.54	100	2010
Czernik et al. [90]	0.127	6.00	–	2010
Wright et al. [91]	0.220	10.19	2000	2010
Rogers and Brammer [92]	0.242	11.25	400	2012
Jones and Male [93]	0.156	7.24	2000	2012
Brown et al. [94]	0.466	21.73	15	2013
Czernik and French [95]	0.206	9.57	–	2014
Mirkouei et al. [96]	0.304	14.11	13.6	2016
The present study	0.353	9.56	1.08	2017

ต้นทุนการผลิตไบโอออยของงานวิจัยนี้เมื่อเทียบกับต่างประเทศ

โดยทั่วไปการเผาไหม้จะใช้อากาศเป็นส่วนประกอบหนึ่งในกระบวนการ หากไร้ซึ่งอากาศแล้วจะทำให้กระบวนการเผาไหม้หยุดลงทันที ดังนั้นการออกแบบระบบไพโรไลซิสจึงเป็นเรื่องที่ท้าทาย กระบวนการไพโรไลซิสชีวมวลโดยทั่วไปจะใช้ก๊าซไนโตรเจนเป็นตัวกลางในการพาความร้อนไปใช้เพื่อเผาไหม้ชีวมวลภายในเตาปฏิกรณ์และใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อนเพื่อถ่ายเทไปสู่ก๊าซไนโตรเจนหรือถ่ายเทไปสู่เตาปฏิกรณ์โดยตรง ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีการที่สิ้นเปลืองพลังงานและต้นทุนเป็นอย่างมาก ถึงแม้ว่าจะได้ผลผลิตเป็นไบโอออยที่มีคุณภาพและปริมาณสูง แต่ต้นทุนที่เพิ่มขึ้นจึงเป็นการยากที่จะใช้ระบบดังกล่าวในเชิงอุตสาหกรรมที่ผลิตไบ

ตัวแปรหรือสิ่งที่ทำให้งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต เพิ่มประสิทธิภาพด้านการแปรรูปพลังงานและมีต้นทุนการผลิตต่ำ คือ การสร้างระบบให้ความร้อนที่มีต้นทุนต่ำ, การใส่ระบบนำความร้อนทั้งกลับมาใช้ และการทำให้ระบบมีการใช้ก๊าซออกซิเจนให้ต่ำที่สุดโดยไม่ใช้ก๊าซตัวกลางอื่นที่มีราคาแพง เช่น ก๊าซไนโตรเจน, ก๊าซอาร์กอน หรือก๊าซฮีเลียม เป็นต้น ปกติแล้วโดยหัวใจสำคัญในการใช้กระบวนการไพโรไลซิสเพื่อแปรรูปชีวมวลเป็นไบโอออยคือ การให้ความร้อนโดยตรงไปสู่ชีวมวลที่อุณหภูมิประมาณ 500 – 600 องศาเซลเซียส ที่สภาวะไม่มีก๊าซออกซิเจน หรือกล่าวได้ว่าเป็นการเผาไหม้ชีวมวลโดยไม่ใช้ออกาส

โอออยเป็นปริมาณมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงคิดค้นและออกแบบห้องเผาไหม้ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับห้องเผาไหม้ที่ใช้ในเครื่องยนต์เจ็ทของเครื่องบิน (หรือที่เรียกว่า Can combustor) โดยห้องเผาไหม้จะใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้เพื่อสร้างก๊าซร้อนเพื่อส่งตรงไปยังเตาปฏิกรณ์ฟลูอิดไดซ์เบดแบบหมุนเวียน ซึ่งก๊าซร้อนที่ผลิตได้นี้มีสัดส่วนองค์ประกอบก๊าซออกซิเจนที่ต่ำมาก (น้อยกว่า 0.1 %Vol) ถูกใช้เป็นของไหลตัวกลางที่สร้างความเร็วพุงภายในเตาปฏิกรณ์ (Superficial velocity) ดังนั้นด้วยอุปกรณ์นี้จึงทำให้งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการสร้างระบบที่มีสมรรถนะสูงได้

การใช้ประโยชน์จากผลงานวิจัยและการต่อยอดงานวิจัย



ขานอ้อย, ถ่านซาร์ และไบโอออย ที่ผลิตได้จากงานวิจัยนี้

การใช้ประโยชน์จากงานวิจัย

ได้มีการนำไบโอออยมาทดสอบใช้งานเบื้องต้นด้วยวิธีการเผาตรงเพื่อทดสอบความสามารถในการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ของระบบหม้อไอน้ำ ซึ่งผลการทดสอบระบุว่า การนำไบโอออยมาทดสอบในห้องเผาไหม้แบบ Can combustor สามารถสร้างอุณหภูมิการเผาไหม้ได้ประมาณ 1,200 องศาเซลเซียส มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยออกมาจากไอเสียน้อยกว่า 50 ppm โดยความร้อนที่ได้สามารถต้มน้ำเดือนได้ 5.5 กิโลกรัมต่อไบโอออย 1 ลิตร หรือคิดเป็นต้นทุนการผลิตน้ำร้อนเท่ากับ 2 บาทต่อน้ำ 1 กิโลกรัม

ซึ่งมีต้นทุนต่ำกว่าการใช้ก๊าซแอลพีจีและน้ำมันดีเซลซึ่งมีต้นทุนอยู่ที่ 2.14 และ 2.75 บาทต่อน้ำ 1 กิโลกรัม ตามลำดับ และที่สำคัญการใช้ไบโอออยในการเผาไหม้เพื่อให้ได้ความร้อนมีการปลดปล่อยก๊าซพิษต่ำกว่าก๊าซแอลพีจีและน้ำมันดีเซลอยู่เป็นจำนวนมาก ปัจจุบันได้มีผู้ประกอบการเอกชนในกลุ่มอุตสาหกรรมโรงงานผลิตน้ำตาล โรงงานผลิตกระดาษ โรงงานผลิตผงชูรส อุตสาหกรรมผลิตพลังงาน สถาบันการศึกษาอื่น เจ้าหน้าที่จากกระทรวงพลังงาน รวมไปถึงองค์การปกครองส่วนท้องถิ่น ให้ความสนใจมาดูงานและสอบถามความเป็นไปได้ในการลงทุนนำเครื่องจักรดังกล่าวนี้ไปใช้งานที่สถานประกอบการ แต่ยังคงอยู่ระหว่างการสรุปแนวทางด้านเทคโนโลยีเครื่องจักรและการใช้ประโยชน์ ซึ่งกลุ่มผู้ประกอบการได้ยื่นความประสงค์ที่จะขอการถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อนำไปใช้งานจริงในสถานประกอบการ นอกจากนี้ยังมีสถาบันการศึกษาจาก National Kaohsiung University Science and Technology ประเทศไต้หวัน นำโดย Dr.Syue-Sunn Leu อธิการบดีมหาวิทยาลัยมาร่วมดูงานวิจัยเกี่ยวกับระบบผลิตและใช้ประโยชน์จากไบโอออย ซึ่งจากการดูงานดังกล่าวทางผู้บริหารมหาวิทยาลัยมีความสนใจที่จะร่วมวิจัยเพื่อนำงานวิจัยนี้ไปเผยแพร่และขยายผลที่ประเทศไต้หวัน โดยขณะนี้อยู่ระหว่างการปรึกษาหารือเกี่ยวกับการทำ MOU เพื่อแลกเปลี่ยนองค์ความรู้จากงานวิจัยนี้ไปยังมหาวิทยาลัย National Kaohsiung University Science and Technology ต่อไป



ผู้ประกอบการด้านการขนส่งและขนาน้ำมันเชื้อเพลิงขอเข้าพบเพื่อพูดคุยกับคณะผู้วิจัยเกี่ยวกับการขยายผลงานวิจัยเพื่อผลิตและจำหน่ายไบโอดีเซลในเชิงพาณิชย์



Dr.Syue-Sunn Leu อธิการบดีมหาวิทยาลัย National Kaohsiung University Science and Technology มาศึกษาดูงานเพื่อหารือเกี่ยวกับการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ในการนำงานวิจัยเกี่ยวกับการผลิตและใช้ประโยชน์จากไบโอดีเซล

อย่างไรก็ตามได้เริ่มมีการนำไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากเครื่องต้นแบบของงานวิจัยนี้ไปทดสอบใช้งานจริงแล้วในบางส่วนของหน่วยงาน เช่น ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้ทดลองนำไบโอดีเซลไปใช้ในหม้อไอน้ำขนาด 500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ร่วมกับน้ำมันดีเซล โดยไอน้ำที่ผลิตได้จากหม้อไอน้ำที่ใช้ไบโอดีเซลร่วมกับน้ำมันดีเซลนี้ถูกนำไปยังเครื่องจักรต่างๆ เช่น หอกลิ้นลำดับส่วน หอกลิ้นเอทานอลภายในอาคารปฏิบัติการเพื่อใช้สอนนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยผลการใช้งานไบโอดีเซลร่วมกับน้ำมันดีเซลพบว่า สามารถลดการใช้น้ำมันดีเซลได้ประมาณ 20% หรือคิดเป็นต้นทุนน้ำมันดีเซลที่ลดลงเท่ากับ 300 บาทต่อชั่วโมง โดย ดร.อธิป เหลืองโพธิ์โรจน์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเคมี ให้ความเห็นว่า “การใช้ไบโอดีเซลร่วมกับน้ำมันดีเซลในหม้อไอน้ำเบื้องต้นนั้นพบว่า สามารถใช้งานได้จริง แต่ยังไม่สามารถนำมาใช้งานได้เต็ม 100% เนื่องจากไบโอดีเซลที่ใช้ทดสอบในครั้งนี้เป็นไบโอดีเซลดิบๆที่มีสิ่งเจือปนได้แก่ ความชื้นและสารแขวนลอยค่อนข้างสูง จึงทำให้ความสามารถในการเผาไหม้ไม่ค่อยมีความเสถียรเท่าที่ควร ดังนั้นจึงควรมีการปรับปรุงคุณภาพเบื้องต้นเพื่อให้เกิดความเสถียรขณะใช้งาน อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกับต้นทุนน้ำมันดีเซลที่ลดลงอย่างมากจึงควรมีการต่อยอดและนำมาใช้งานต่อเนื่องเพื่อให้เกิดผลสำเร็จควบคู่กัน 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนแรกเป็นการลดต้นทุนที่ใช้ในการเรียนการสอนของคณะ และส่วนที่ 2 เป็นการทำวิจัยต่อเนื่องเกี่ยวกับผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำ ซึ่งทางภาควิชามีความยินดีที่จะนำไบโอดีเซลมาใช้ให้เกิดเป็นรูปธรรม”



การทดสอบการใช้ไบโอออยในหม้อไอน้ำที่ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
โดยมี ดร.อธิป เหลืองไพโรจน์ เข้าร่วมสังเกตการณ์

นอกจากนี้ยังมีการนำไบโอออยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพเบื้องต้นไปทดลองใช้งานที่หม้อไอน้ำขนาด 2,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่ติดตั้งประจำ ณ โรงพยาบาลศรีนครินทร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยการใช้งานได้ทำการฉีดไบโอออยไปเผาไหม้ร่วมกับน้ำมันเตาเกรดซี ซึ่งผลการใช้งานพบว่า สามารถลดการใช้น้ำมันเตาได้ 30% มีการปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลดลงมากกว่า 50% โดยการทดลองใช้งานไบโอออยในหม้อไอน้ำนี้อยู่ในช่วงทดสอบเบื้องต้นเพื่อศึกษาผลกระทบจากการใช้ไบโอออยเป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้ร่วมกับน้ำมันเตา เกรดซี ซึ่งขณะนี้ยังคงจะทำการทดสอบต่อเนื่องเพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้ในการใช้งานไบโอออยต่อไป



การทดสอบการใช้ไบโอออยในหม้อไอน้ำที่โรงพยาบาลศรีนครินทร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

การต่อยอดงานวิจัย

ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองผลิตไบโอออยจากชีวมวล เช่น ชานอ้อย ใบอ้อย หนุ่เนเปียร์ ใบยางพารา และใบไม้ทั่วไป ถูกนำมาบันทึกไว้เป็นฐานข้อมูลที่สำคัญของประเทศในการคำนวณหาศักยภาพการผลิตไบโอออยจากชีวมวลชนิดต่างๆ และการทดลองใช้งานเบื้องต้นเกี่ยวกับการใช้ไบโอออย อย่างไรก็ตามการทดลองผลิตและใช้งานไบโอออยจริงจะยังคงทำการทดลองต่อไป เพื่อหาศักยภาพในการผลิตและใช้ประโยชน์จากไบโอออยจากชีวมวลอื่นๆที่มีศักยภาพต่อไป โดยการประยุกต์ใช้ข้อมูลที่ได้จาก ผลงานวิจัยเดิมเพื่อต่อยอดงานวิจัยให้มีความสมบูรณ์แบบมากยิ่งขึ้นเพื่อให้เกิดการบูรณาการด้านการผลิตและใช้ประโยชน์จากไบโอออยให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งปัจจุบันทางกลุ่มวิจัยวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เป็นหน่วยงานที่รับช่วงต่อในการดำเนินการวิจัยต่อยอด โดยได้ดำเนินการวิจัยควบคู่กันอยู่ 3 แนวทาง ดังนี้

แนวทางที่ 1 การพัฒนาต่อยดระบบการผลิตไบโอออยให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นทั้งในด้านคุณภาพเชื้อเพลิงที่ผลิตได้และความทนทานของวัสดุอุปกรณ์ที่นำมาผลิตเครื่องจักร ซึ่งในปัจจุบันได้นำเอาระบบ Wet Scrubber ที่ทำมาจากวัสดุสแตนเลสมาใช้ในการเพิ่มความสามารถในการผลิตไบโอออย โดยได้ติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวเพิ่มเติมในส่วนของกระบวนการควบแน่นเพื่อเพิ่มความสามารถในการดักจับสายระเหยต่างๆและไบโอออยที่ยังกลั่นตัวไม่หมดให้สามารถกลั่นตัวออกมาได้ปริมาณสูงที่สุด โดยผลการวิจัยเบื้องต้นระบุว่าการนำเอาระบบ Wet Scrubber มาใช้ในการควบแน่นและใช้สารดักจับคือ ตัวไบโอออยและเอทานอล สามารถเพิ่มกำลังการผลิตไบโอออยได้ประมาณ 5 และ 15 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยไบโอออยที่ได้มีคุณสมบัติด้านค่าความร้อนเพิ่มขึ้นประมาณ 10-50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลที่ได้จากงานวิจัยต่อยอดนั้นนอกจากจะได้ข้อมูลเพื่อใช้ในการตีพิมพ์ในบทความวิชาการระดับนานาชาติแล้ว ยังได้ระบบผลิตไบโอออยที่มีสมรรถนะการผลิตที่ดีกว่าเดิมและสามารถขยายผลไปใช้ในการสร้างระบบผลิตไบโอออยจากชีวมวลในเชิงอุตสาหกรรมได้ต่อไป

แนวทางที่ 2 การศึกษาวิจัยด้านการปรับปรุงคุณภาพของไบโอออย โดยการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการแปรรูปไบโอออยให้มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับน้ำมันดีเซลเพื่อที่จะสามารถนำไบโอออยที่ปรับปรุงคุณภาพแล้วไปใช้ทดแทนกับน้ำมันดีเซลโดยตรงโดยไม่ต้องทำการดัดแปลงเครื่องยนต์ใดๆทั้งสิ้น ซึ่งปัจจุบันผลการวิจัยเบื้องต้นระบุว่า สามารถแปรรูปไบโอออยให้มีความคล้ายคลึงกับน้ำมันดีเซลได้ ซึ่งมีอัตราส่วนการแปรรูปจากไบโอออยเป็นน้ำมันดีเซลอยู่ที่ประมาณ 5- 10 เปอร์เซ็นต์ โดยขณะนี้อยู่ระหว่างการวิจัยต่อเนื่องเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการปรับปรุงคุณภาพ ศึกษาต้นทุนในการปรับปรุงคุณภาพ และผลกระทบด้านสมรรถนะและการปลดปล่อยมลพิษจากการใช้ไบโอออยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพแล้วในเครื่องยนต์ดีเซลจริง ทั้งนี้ข้อมูลผลงานวิจัยที่ได้จากแนวทางที่สองนี้จะสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลประกอบการความเป็นไปได้ในการขยายผลด้านการใช้ประโยชน์จากไบโอออยเพื่อตอบโจทย์ด้านการช่วยเหลือประชาชนตามชุมชนหมู่บ้านที่ใช้ น้ำมันดีเซลในการประกอบอาชีพต่อไป

แนวทางที่ 3 การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการนำไบโอออยไปใช้เผาไหม้โดยตรงในห้องเผาไหม้ของหม้อไอน้ำและห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์กังหันแก๊ส โดยวัตถุประสงค์ในการดำเนินการในแนวทางนี้เพื่อศึกษาสมรรถนะและการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากการใช้ไบโอออยเป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้โดยตรงโดยไม่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพใดๆทั้งสิ้น ซึ่งผลลัพธ์จากงานวิจัยในห้องเผาไหม้แบบ Can Combustor เบื้องต้นระบุว่า ไบโอออยสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรงในห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่องได้ โดยสามารถปลดปล่อยพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ได้ถึง 1,200 องศาเซลเซียส ที่อัตราส่วนอากาศเชื้อเพลิงเบื้องต้นอยู่ที่ 8 ต่อ 1 มีการปลดปล่อยมลพิษจำพวกก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์, ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ น้อยกว่า 50 ppm และมีการปลดปล่อยไนโตรเจนออกไซด์ น้อยกว่า 300 ppm โดยงานวิจัยนี้ยังอยู่ในช่วงดำเนินการต่อเนื่องเพื่อศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่เหมาะสมที่ใช้ในการเผาไหม้ไบโอออยโดยตรงให้เกิดเสถียรภาพสูงสุดและได้สมรรถนะการเผาไหม้ที่ดีที่สุด จากนั้นจะนำผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยในห้องเผาไหม้จำลองนี้ไปใช้งานจริงในเครื่องยนต์กังหันแก๊สเพื่อทดสอบการนำไบโอออยไปผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าต่อไป โดยผลลัพธ์ที่ได้

จากงานวิจัยนี้จะสามารถตอบโจทย์แนวทางในการใช้งานไบโอดีเซลในเชิงอุตสาหกรรมจำพวกอุตสาหกรรมด้านความร้อนและอุตสาหกรรมด้านการผลิตกระแสไฟฟ้าให้กับผู้ประกอบการ ซึ่งแนวทางดังกล่าวนี้ได้นำไปประยุกต์ใช้งานในหม้อไอน้ำเพื่อศึกษาผลกระทบจริงที่เกิดขึ้นจากการใช้ไบโอดีเซลในงานอุตสาหกรรมจริงแล้วในบางส่วนตามที่ระบุไว้ในการใช้ประโยชน์ในงานวิจัย



การต่อยอดงานวิจัยด้วยการนำไบโอดีเซลมาทดสอบห้องเผาไหม้จำลอง, เครื่องยนต์กังหันแก๊ส และเครื่องยนต์ดีเซล

ผศ.ดร.ปรีมพัฒน์ สุจ้านงค์โตกุล ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการพลังงาน กล่าวว่า “นอกจากนำไบโอดีเซลมาผลิตเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อเป็นพลังงานทางเลือกได้แล้ว ยังจะส่งผลดีต่ออุตสาหกรรมอ้อยโดยตรง กล่าวคือ ชาวไร่สามารถสร้างรายได้จากการขายไบโอดีเซลและไม่ต้องเผาไร่อ้อย ซึ่งการเผาไร่อ้อยเป็นสาเหตุต้นๆของปัญหา PM 2.5 ของประเทศ ไม่เพียงเท่านั้น การเผาไร่อ้อยจะทำให้จุลินทรีย์ในดินตายและจะไม่สามารถปรับสภาพดินให้กลับมาสมบูรณ์ ทำให้ต้องใช้สารเคมีเพิ่มขึ้นในการปลูกอ้อยซึ่งเป็นภาระค่าใช้จ่ายของชาวไร่ และโดยรวมผลผลิตอ้อยต่อไร่จะลดลงกว่าที่ควรจะเป็นตามธรรมชาติ”





นายอนุรักษ์ หอสูงเนิน พนักงานจังหวัดหนองบัวลำภู กล่าวว่า “แนวคิดเกี่ยวกับการผลิตไบโอดีเซลจากชีวมวลด้วยกระบวนการไพโรไลซิสเป็นแนวคิดที่สร้างผลกระทบต่อหน่วยงานด้านพลังงานเป็นอย่างมากเพราะในปัจจุบันกระทรวงพลังงานได้มีการนำนโยบายด้านการผลิตและใช้น้ำมันไพโรไลซิสผ่านทางแผน AEDP ของสำนักนโยบายและแผนพลังงานมาบรรจุลงในแผนมากขึ้น แต่แผนดังกล่าวยังมุ่งเน้นไปยังน้ำมันไพโรไลซิสที่ผลิตได้จากขยะพลาสติกซึ่งยังไม่เกี่ยวข้องกับการผลิตและใช้น้ำมันไพโรไลซิสจากชีวมวล ซึ่งทางคณะนักวิจัยจากมหาวิทยาลัยขอนแก่นสามารถประดิษฐ์และคิดค้นเครื่องผลิตน้ำมันไพโรไลซิสจากชีวมวลที่มีต้นทุนต่ำที่สามารถแข่งขันกับเชื้อเพลิงอื่นที่ใช้งานในปัจจุบันได้นั้นถือเป็นเรื่องที่ดี เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่มีชีวมวลเหลือทิ้งอยู่มากตามไร่ นา นั้นหมายความว่าประเทศไทยเรามีวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอยู่เหลือเฟือ ขาดแต่ไม่มีองค์ความรู้ที่จะใช้น้ำมันมาผลิต บัดนี้เรามีองค์ความรู้แล้ว ทางผมสามารถเป็นตัวกลางในการผลักดันโครงการนำร่องในการผลิตและใช้ประโยชน์น้ำมันไพโรไลซิสจากชีวมวลได้ผ่านทางกองทุนอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานพลังงานจังหวัด ซึ่งโครงการนี้หากมีการนำมาปฏิบัติงานจริงผมคิดว่าเป็นเรื่องที่ดีทั้งในแง่ของการส่งเสริมพันธกิจด้านจัดหาพลังงาน พลังงานทดแทน และพลังงานหมุนเวียนของกระทรวงพลังงานได้แล้ว ยังเป็นการสร้างกิจกรรมระหว่างหน่วยงานการศึกษา หน่วยงานภาครัฐ และชุมชน ในการร่วมมือกันผลิตและใช้พลังงานกันเองภายในชุมชนที่จะช่วยสร้างรายได้ ลดรายจ่ายให้แก่ชุมชนครัวเรือนด้านพลังงานได้ โดยในปัจจุบันทางเรารอความพร้อมจากทางคณะผู้วิจัยในการประสานความร่วมมือกันในการถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อสร้างชุมชนนำร่องในการผลิตและใช้น้ำมันไพโรไลซิสจากชีวมวล ซึ่งคาดว่าจะเกิดขึ้นในเร็ววันนี้”



นายรัชภูมิ วอศิริ ตำแหน่งหัวหน้าแผนกวางแผน บริษัท รวมเกษตรกรอุตสาหกรรม จำกัด กล่าวว่า “เป็นเรื่องที่ดีหากมีการนำน้ำมันเชื้อเพลิงจากชีวมวลมาใช้เผาไหม้ในระบบหม้อไอน้ำได้ เพราะจะเป็นการเพิ่มความสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อขายของโรงงาน และยังเป็นการทำ CSR กับชุมชนรอบข้างทั้งในส่วนของ การรับซื้อชีวมวลและการณรงค์ว่าโรงงานใช้พลังงานสะอาดในการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งแนวคิดในการนำระบบผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากชีวมวลมาใช้ในโรงงานถือว่าเป็นความคิดที่ดีมากเนื่องจาก ปัจจุบันโรงงานประสบปัญหาในการจัดการฝุ่นชานอ้อยที่ฟุ้งกระจายตามระบบสายพานลำเลียงชานอ้อยจากลานกองชานอ้อยจนถึงบริเวณ Boiler house โดยฝุ่นเหล่านี้กระจายและกองตัวกันอยู่เป็นจำนวนมากทั่วโรงงานและที่สำคัญมีวิธีการกำจัดที่ยากมากเนื่องจาก ฝุ่นมีขนาดเล็กมาก น้ำหนักเบา ส่งผลต่อทางเดินหายใจ และเมื่อมีลมพัดก็จะฟุ้งกระจายอย่างมาก ปัจจุบันโรงงานใช้วิธีการฉีดน้ำล้างฝุ่นทุกๆเดือน ซึ่งฝุ่นเหล่านี้เมื่อถูกน้ำก็จะกลายเป็นโคลนเหนียวติดตามพื้นและส่วนต่างๆที่กำจัดได้ยาก และหากจะทำการกองรวมกันแล้วป้อนเข้าสู่หม้อไอน้ำก็ทำได้ยากเนื่องจากฝุ่นมีน้ำหนักเบามาก ทำให้ฟุ้งกระจายก่อนไหลเข้าสู่ห้องเผาไหม้ของระบบหม้อไอน้ำ หากมีเครื่องจักรในการแปรรูปฝุ่นชานอ้อยให้กลายเป็นเชื้อเพลิงได้ก็จะสามารถแก้ไขปัญหาฝุ่นชานอ้อยภายในโรงงานได้ โดยหากมีผลการศึกษาที่ชัดเจนเกี่ยวกับแนวทางการผลิตและใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจากชีวมวลภายในหม้อไอน้ำอย่างสมบูรณ์ครบถ้วน ผมก็ยินดีที่จะนำผลการศึกษาดังกล่าวเสนอให้ผู้มีอำนาจภายในโรงงานเพื่อลงทุนสร้างระบบผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากชีวมวลจากฝุ่นชานอ้อยและใบอ้อยที่รับซื้อมาจากชาวไร่อ้อยมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงใช้ในหม้อไอน้ำต่อไป”



นายธีรพงษ์ รุ่งจิรธนากุล ตำแหน่งวิศวกรประจำส่วนพลังงาน บริษัท ฟินิกซ์ พัลพ แอนด์ เพเพอร์ จำกัด (มหาชน) กล่าวว่า “จากการที่ผมได้เคยมีโอกาสไปเยี่ยมชมต้นแบบเครื่องผลิตไบโอออยที่สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นและได้หารือกับคณะผู้วิจัยเกี่ยวกับความเป็นไปได้ในการนำไบโอออยมาใช้ในการเผาปูนที่โรงงาน พบว่า การประยุกต์ใช้ไบโอออยกับเครื่องเผาปูนมีโอกาสเป็นไปได้ที่จะสามารถนำมาใช้งานจริง ซึ่งขณะนี้ อยู่ระหว่างรอผลการศึกษาและคำยืนยันที่ชัดเจนกับทางคณะผู้วิจัยซึ่งคาดว่าจะเกิดขึ้นเร็วขึ้นนี้ โดยปัจจุบันโรงงานมีเปลือกตันยูคาลิปตัสที่เป็นของเหลือจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ ซึ่งเปลือกยูคาลิปตัสชิ้นหนึ่งถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้ในหม้อไอน้ำและส่วนที่เหลือมีปริมาณอยู่ที่ประมาณ 100 ตันต่อวัน ถูกนำมากองรวมที่ลานกองและจะต้องใช้น้ำพรมเปลือกยูคาลิปตัสตลอดเวลาเพื่อป้องกันการลุกไหม้ โดยหากมีการแปรรูปหรือมีระบบจัดการเช่นนำเปลือกยูคาลิปตัสนี้มาผลิตเป็นไบโอออยก็จะเกิดประโยชน์เป็นอย่างมาก เพราะนอกจากโรงงานทำการผลิตเยื่อกระดาษแล้ว โรงงานยังมีผลิตภัณฑ์อีกส่วนหนึ่งคือการผลิตปูนซีเมนต์สำเร็จรูป โดยกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ต้องใช้ความร้อนในการเผาปูนเพื่อไล่ความชื้นออกจากปูนในเครื่องเผาแบบ Rotary kiln ซึ่งปัจจุบันใช้เชื้อเพลิงประเภท Used oil เช่น น้ำมันเครื่องใช้แล้ว เป็นต้น หรือบางครั้งใช้น้ำมันเตาเกรด C ที่ราคาต้นทุนประมาณ 16-18 บาทต่อลิตร หากนำไบโอออยมาใช้ทดแทนเชื้อเพลิงเดิมได้นั้นก็จะสามารถลดต้นทุนในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์สำเร็จรูปได้เป็นอย่างมาก เนื่องจากทั้งค่าความร้อนที่ใกล้เคียงกันแต่ราคาต้นทุนที่ต่ำกว่าก็มีความน่าสนใจในการลงทุนนำระบบผลิตไบโอออยโดยใช้เปลือกยูคาลิปตัสมาเป็นวัตถุดิบในการผลิต”

รางวัลที่ได้รับจากงานวิจัย, การเผยแพร่ผลงานวิจัย และการจดอนุสิทธิบัตร

ต้นแบบเครื่องผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพหรือไบโอออยจากชีวมวลที่ได้จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้รับเลือกให้ได้รับรางวัลจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ รางวัลผลงานวิจัยระดับ “ดี” รวมจำนวนทั้งสิ้น 2 ครั้ง ได้แก่ ครั้งที่ 1 ได้รับรางวัลประจำปี 2556 เรื่อง “การศึกษาออกแบบเตาปฏิกรณ์ผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากไบออย” และครั้งที่ 2 ได้รับรางวัลประจำปี 2562 เรื่อง “การศึกษาออกแบบและพัฒนาการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพจากขานอ้อยโดยใช้เตาปฏิกรณ์ฟลูอิดไดซ์เบดแบบหมุนเวียน”



ได้เป็นตัวแทนประเทศไทยเพื่อร่วมประกวดรายการ “Seoul International Invention Fair 2014” ที่กรุงโซล ประเทศเกาหลีใต้ ณ วันที่ 28 พฤศจิกายน 2557 ถึงวันที่ 1 ธันวาคม 2557 ภายใต้สิ่งประดิษฐ์ “Bio-oil production from cane trash in fluidized bed reactor” โดยได้รับรางวัล “Silver prize”

ได้รับการเผยแพร่ผลงานผ่านทางโทรทัศน์ รายการ “มองโลกมองเรา” ออกอากาศทางช่อง 3 SD (ช่อง 28) ณ วันที่ 4 เมษายน 2561 และได้รับการเผยแพร่ผลงานทางสื่อหนังสือพิมพ์ออนไลน์



- <https://epl.thairath.co.th/content/396030>

- <https://www.postsod.com/oil-production>

ได้เข้าร่วมแสดงผลงานวิจัยรายการ "IP Innovation and Technology EXPO 2014" ที่ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค บางนา กรุงเทพฯ ช่วงวันที่ 28 – 20 กรกฎาคม 2557

และเข้าร่วมแสดงผลงานวิจัยรายการ "วันนักประดิษฐ์ 2557" ที่อิมแพคอารีนา เมืองทองธานี ช่วงวันที่ 23 – 25 มิถุนายน 2557



ได้รับรางวัลผู้สร้างชื่อเสียงให้กับมหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจำปี 2557 โดยบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยรับมอบ ณ วันที่ 27 มีนาคม 2557 เนื่องด้วยผู้วิจัยได้รับรางวัลผลงานวิจัยระดับ “ดี” จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



ถูกคัดเลือกให้เข้าบันทึกเทปรายการก้าวไกลไปกับคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น “เรื่องน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ”



เข้าร่วม 10 ทีมสุดท้ายในการแข่งขันด้านโมเดลธุรกิจในโครงการ GEF Unido Cleantech Programme for SMEs in Thailand 2017 โดยส่งผลงานเป็นต้นแบบเครื่องผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพจากชีวมวลชุมชนเพื่อให้ชุมชนผลิตและใช้น้ำมันเองได้อย่างยั่งยืน และได้รับรางวัลที่ 6 จากการแข่งขันในครั้งนี้



จดอนุสิทธิบัตรจากผลงานวิจัยจำนวน 2 เรื่อง ดังนี้

1. ได้รับใบรับรองอนุสิทธิบัตรเลขที่ 10103 เรื่องโรตารีวาล์ว วันยื่นเรื่องขอรับอนุสิทธิบัตรวันที่ 8 ต.ค. 2558 ออกให้ในวันที่ 21 ก.ย. 2559 หมดอายุในวันที่ 9 ต.ค.2564
2. ได้รับใบรับรองอนุสิทธิบัตรเลขที่ 14683 เรื่องห้องเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊ส วันยื่นเรื่องขอรับอนุสิทธิบัตรวันที่ 19 พ.ย. 2558 ออกให้ในวันที่ 27 พ.ย. 2561 หมดอายุในวันที่ 18 พ.ย.2564

นอกจากนี้ มีการนำผลงานวิจัยไปนำเสนอในที่ประชุมวิชาการทั้งระดับชาติและระดับนานาชาติ รวมทั้งสิ้น 3 ครั้ง และได้รับตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติทั้งสิ้น 7 ครั้ง โดยได้รับการอ้างอิงจากบทความวิจัยในวารสารระดับนานาชาติรวมทั้งสิ้น 24 ครั้ง

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัย

1. Wasakorn Treedet and Ratchaphon Suntivarakorn* **Sugar Cane Trash Pyrolysis for Bio-Oil in a Fluidized Bed Reactor**. World Renewable Energy Congress 2011, 8-11 May 2011, Linkoping, Sweden.
2. Tharapong Rattanisutti, Ratchaphon Suntivarakorn and Wasakorn Treedet. Bio-Oil Production from Sugarcane Bagasse. **GMSARN Int. Conf. on Innovative Energy, Environment, and Development in GMS, 16-18 November 2016, Kunming, China (No. E-63)**
3. ชราพงษ์ รัตนสุทธิ, รัชพล สันติวารากร* และ **วศกร ตรีเดช** การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพจากขาน้อย. การประชุมวิชาการวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ ระดับชาติครั้งที่ 3: 25 - 26 พฤศจิกายน 2559, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
4. Wasakorn Treedet and Ratchaphon Suntivarakorn. (2012). A Comparative of Energy Conversion between Pyrolysis and Gasification Process for Bio-fuel Production from Sugarcane Trash. **Journal of Biobased Material and Bioenergy**, 2012(6), 622-626. (ISI, IF = 1.03, Q2)
5. Wasakorn Treedet and Ratchaphon Suntivarakorn. (2017). Fast Pyrolysis of Sugarcane Bagasse in Circulating Fluidized Bed Reactor – Part A: Effect of Hydrodynamics Performance to Bio-Oil Production. **Energy Procedia**, 2017(138), 801-805. (Scopus, SNIP = 0.582)
6. Wasakorn Treedet, Sirivit Taechajedcadarungsri and Ratchaphon Suntivarakorn. (2017). Fast Pyrolysis of Sugarcane Bagasse in Circulating Fluidized Bed Reactor – Part B: Modelling of Bio-Oil Production. **Energy Procedia**, 2017(138), 806-810. (Scopus, SNIP = 0.582)
7. Piyapong Singbua, Wasakorn Treedet, Paringya Duangthong, Varinrumpai Seithtanabutara and Ratchaphon Suntivarakorn. (2017). Bio-Oil Production of Napier Grass by Using Rotating Cylindrical Reactor. **Energy Procedia**, 2017(138), 641-645. (Scopus, SNIP = 0.582)
8. Wasakorn Treedet and Ratchaphon Suntivarakorn. (2018). Design and Operation of a Low Cost Bio-oil Fast Pyrolysis from Sugarcane Bagasse on Circulating Fluidized Bed Reactor in a Pilot Plant. **Fuel Processing Technology**, 2018(179), 17-31. (ISI, IF = 3.956, Q1)
9. Wasakorn Treedet and Ratchaphon Suntivarakorn. (2018). Effect of Various Inlet Geometries on Swirling Flow in Can Combustor. **Journal of Mechanical Engineering and Sciences**, 2018(12), 3712-3723. (ISI, IF = 0.00, Q2)
10. R. Suntivarakorn, W. Treedet, P. Singbua and N. Teeramaetawat. (2018). Fast Pyrolysis from Napier Grass for Pyrolysis Oil Production by Using Circulating Fluidized Bed Reactor: Improvement of Pyrolysis System and Production Cost. **Energy Report**, 2018(4), 565-575 (ISI, IF = 3.83, Q1)