1. ชื่อโครงการ (ไทย) การประยุกต์ใช้ฐานเทคโนโลยีสำหรับการเลือกและพัฒนากระบวนการและต้นแบบที่เป็นนวัตกรรมสำหรับการผลิตอย่างยั่งยืนของเชื้อเพลิงทางเลือกบนฐานของไบโอรีไฟเนอรี

(อังกฤษ) Application of technology platform for selection and development of innovative processes and prototypes for sustainable production of biorefinery-based alternative fuels

2. งบประมาณรวม .....20,000,000..... **บาท / ระยะเวลาโครงการ** .....5..... **ปี**

3. คณะผู้วิจัย

3.1	หัวหน้าโครงการ นายสุทธิชัย อัสสะบำรุงรัตน์	สังกัด จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3.2	ผู้ร่วมโครงการ นายอมรชัย อาภรณ์วิชานพ	สังกัด จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3.3	ผู้ร่วมโครงการ นายสมพงษ์ พุทธิวิสุทธิศักดิ์	สังกัด จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3.4	ผู้ร่วมโครงการ นายอภินันท์ สุทธิธารธวัช	สังกัด จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3.5	ผู้ร่วมโครงการ นายพลัง บำรุงสกุลสวัสดิ์	สังกัด จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3.6	ผู้ร่วมโครงการ นางสาวณัฏฐา ทองจุล	สังกัด จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3.7	ผู้ร่วมโครงการ นายวรพล เกียรติกิตติพงษ์	สังกัด มหาวิทยาลัยศิลปากร
3.8	ผู้ร่วมโครงการ นางสาวกนกวรรณ ง้าวสุวรรณ	สังกัด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
3.9	ผู้ร่วมโครงการ นางสาวสุวิมล วงศ์สกุลเภสัช	สังกัด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
3.10	ผู้ร่วมโครงการ นายดุลยพงศ์ วงศ์แสวง	สังกัด จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3.11	ผู้ร่วมโครงการ นายพงศ์ธร เจริญศุภนิมิตร	สังกัด จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3.12	ผู้ร่วมโครงการ นางสาวภัทรพร คิม	สังกัด จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3.13	ผู้ร่วมโครงการ นางสาวสุมิตรา จรสโรจน์กุล	สังกัด ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

4. บทคัดย่อภาษาไทย (รายละเอียดโครงการในภาพรวม 5 ปี)

โครงการวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ฐานเทคโนโลยี (Technology platform) ต่างๆ ที่จำเป็นในการเลือกและพัฒนากระบวนการผลิตจากห้องปฏิบัติการสู่การใช้งานจริงสำหรับกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงทางเลือก ได้แก่ น้ำมันไบโอดีเซลและ Bio hydrogenated diesel จากน้ำมันพืช/น้ำมันพืชใช้แล้วสำหรับชุมชนและอุตสาหกรรมเชื้อเพลิงทางเลือก เป็นการเชื่อมโยงศาสตร์ต่างๆ เริ่มจากศาสตร์ทางด้านวิศวกรรมกระบวนการ (Process system engineering) ที่จะเน้นการเลือกวัตถุดิบ กระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ ตลอดจนภาวะดำเนินการที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงข้อจำกัดต่างๆ เช่น ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ภาวะโลกร้อน การใช้พลังงาน และเศรษฐศาสตร์ เป็นต้น ซึ่งหลักการของการรวมกระบวนการ (Process intensification) จะเป็นแนวทางในการพัฒนากระบวนการที่มีอยู่แล้วหรือกระบวนการที่จะพัฒนาขึ้นมาใหม่นี้ เมื่อได้แบบกระบวนการทางความคิด (Conceptual process design) แล้วจะเป็นการพัฒนาออกแบบปฏิบัติการ (Unit operation) ในกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม ซึ่งเครื่องปฏิกรณ์เคมีถือเป็นหัวใจสำคัญของความสำเร็จของกระบวนการผลิต การพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์เคมีโดยใช้หลักการของเครื่องปฏิกรณ์เคมีแบบหลายหน้าที่ (Multifunctional reactor) บนพื้นฐานของวิศวกรรมปฏิกิริยา (Reaction engineering) จะช่วยลดจำนวนขั้นตอนและหน่วยปฏิบัติการที่ต้องใช้ดำเนินการในกระบวนการผลิต ส่งผลให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพ ลดค่าใช้จ่ายในการลงทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ นอกจากนี้ ในการเปลี่ยนสารตั้งต้นไปเป็นผลิตภัณฑ์ยังต้องการองค์ความรู้ทางด้านการเร่งปฏิกิริยา (Catalysis) เพื่อเลือกและ

เอกสารโครงการนี้เป็นกรรมสิทธิ์ของ สกสว.

พัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมสำหรับปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ได้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีความว่องไว ให้ค่าการเลือกผลิตภัณฑ์ที่ต้องการสูง อายุการใช้งานยาวนาน เป็นต้น จากนั้นจะเกี่ยวข้องกับศาสตร์การออกแบบและขึ้นรูปตัวเร่งปฏิกิริยาให้เป็นเม็ด (Catalyst pelletization) เพื่อให้ได้ตัวเร่งปฏิกิริยาอยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานจริง จากนั้นเพื่อนำสิ่งที่ศึกษาได้ในระดับห้องปฏิบัติการไปสู่การใช้งานจริงนั้น จำเป็นต้องอาศัยความรู้/ความเชี่ยวชาญทางด้านการขยายขนาดกระบวนการ (Process scale up) ซึ่งศาสตร์นี้มีความจำเป็นและเป็นที่ต้องการอย่างมากในภาคอุตสาหกรรม เครื่องมือหนึ่งที่เป็นประโยชน์มากในการออกแบบอุปกรณ์และขยายขนาดกระบวนการคือการใช้พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computational Fluid Dynamics : CFD) ซึ่งสามารถใช้วิเคราะห์พฤติกรรมของของไหลในปัญหาต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม นำไปสู่การออกแบบอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายและเวลาเป็นอย่างมาก เมื่อเทียบกับวิธีการทดลอง

จากฐานเทคโนโลยี (Technology platform) ดังกล่าวข้างต้นนี้ โครงการนี้เป็นการนำมาประยุกต์เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตและสร้างต้นแบบสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงทางเลือกที่ยั่งยืนสำหรับชุมชนและอุตสาหกรรม ประกอบด้วย 4 ส่วนงานหลักที่เชื่อมโยงกัน โดยประกอบไปด้วย 1) การออกแบบกระบวนการผลิตที่ยั่งยืนเพื่อผลิตสารเคมีมูลค่าเพิ่มจากส่วนเหลือใช้จากการผลิตปาล์มน้ำมัน 2) การสร้างหน่วยผลิตไบโอดีเซลเพื่อชุมชน 3) การผลิต Bio hydrogenated diesel (BHD) แบบต่อเนื่อง และ 4) การสร้างหน่วยผลิตไฮโดรเจนจากผลิตภัณฑ์พลอยได้ในระบบ (เช่น กลีเซอรอลจากการผลิตไบโอดีเซล มีเทนและโพรเพนจากการผลิต BHD) โดยมีความคาดหวังว่า ผลงานที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อทั้งชุมชนและภาคอุตสาหกรรมทั้งในประเทศไทยและสังคมโลก เป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศไทยในเวทีโลกและยกระดับความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นของคนไทยและประเทศเพื่อนบ้านที่กำลังพัฒนา (ลาว กัมพูชา พม่า) ซึ่งแนวทางการดำเนินงานของโครงการเพื่อให้บรรลุตามความคาดหวัง สามารถแบ่งได้เป็น 3 ระยะ ดังนี้

ในระยะสั้น มุ่งพัฒนาต่อยอดกระบวนการผลิตไบโอดีเซลต้นทุนต่ำแบบลดมลภาวะที่พัฒนาในระดับห้องปฏิบัติการพร้อมออกแบบขยายเป็นต้นแบบหน่วยผลิต มีการพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์และขึ้นรูปตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ที่เหมาะสมกับการผลิตไบโอดีเซลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการ ลดระยะเวลาในกระบวนการผลิต ลดปริมาณการใช้เมทานอล และลดปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากการล้างไบโอดีเซล ซึ่งเป็นปัญหาหลักสำหรับกระบวนการผลิตไบโอดีเซลทั่วไป หน่วยผลิตต้นแบบสามารถทำการผลิตและแยกผลิตภัณฑ์ได้อย่างต่อเนื่อง การออกแบบเน้นการใช้พลังงานกลจากธรรมชาติ (เช่น พลังงานจากการปั่นจักรยาน) เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยในโครงการจะดำเนินการออกแบบและสร้างต้นแบบหน่วยผลิตไบโอดีเซลเพื่อชุมชน OTOP ณ จังหวัดกาญจนบุรี โดยวางแผนกำลังการผลิตเริ่มต้นที่ 100 ลิตรต่อวัน เน้นการใช้น้ำมันปรุงอาหารที่ผ่านการใช้งานแล้วจากอุตสาหกรรม OTOP ภายในชุมชนเป็นวัตถุดิบหลัก และน้ำมันพืชอื่นๆ ที่สามารถหาได้ง่ายภายในชุมชนเป็นวัตถุดิบรอง เป้าหมายการผลิตเพื่อการนำไปใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลภายในชุมชนสำหรับเครื่องจักรกลการเกษตรและการขนส่งวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ โดยผลสัมฤทธิ์ในเชิงเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมของโครงการที่ได้รับ นอกเหนือจากการลดภาระการจัดการน้ำมันปรุงอาหารที่ผ่านการใช้งานแล้วในชุมชน ยังสามารถนำขยะดังกล่าวไปเพิ่มมูลค่าให้เกิดเป็นพลังงานทดแทนเพื่อใช้ในกิจกรรมภายในชุมชนได้อีกทางหนึ่ง ซึ่งต้นแบบของโครงการนี้ ยังสามารถนำไปปรับประยุกต์ใช้ได้กับในชุมชนอื่นๆ อีกด้วย

ในระยะกลาง มุ่งพัฒนาต่อยอดกระบวนการผลิต BHD ที่พัฒนาได้จากห้องปฏิบัติการ โดยจุดเด่นของกระบวนการผลิตคือลดการใช้ sulfiding agent ในการกระตุ้นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนั้น จึงมีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังสามารถใช้วัตถุดิบแก๊สไฮโดรเจนที่ไม่จำเป็นต้องมีความบริสุทธิ์สูง และ/หรือสามารถใช้แก๊สสังเคราะห์เป็นวัตถุดิบทดแทนได้ไฮโดรเจนความบริสุทธิ์สูงได้ ในโครงการนี้ ตั้งเป้าหมายการออกแบบและสร้างหน่วยผลิตต้นแบบขนาดเล็กที่กำลังการผลิตประมาณ 5 ลิตรต่อวัน เพื่อทำการพิสูจน์ทราบและถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับผู้ประกอบการที่สนใจ เช่น บริษัท วีระสุวรรณ จำกัด โครงการนี้มีความท้าทายด้านการใช้วัตถุดิบในการผลิต BHD ซึ่งปัจจุบันการผลิตในระดับอุตสาหกรรมแทบทั้งหมดใช้น้ำมันพืชเพื่อการบริโภคเป็นวัตถุดิบ ในโครงการนี้ มีการวางแนวทางการลดต้นทุนการผลิตโดยการนำน้ำมันปรุงอาหารที่ผ่านการใช้

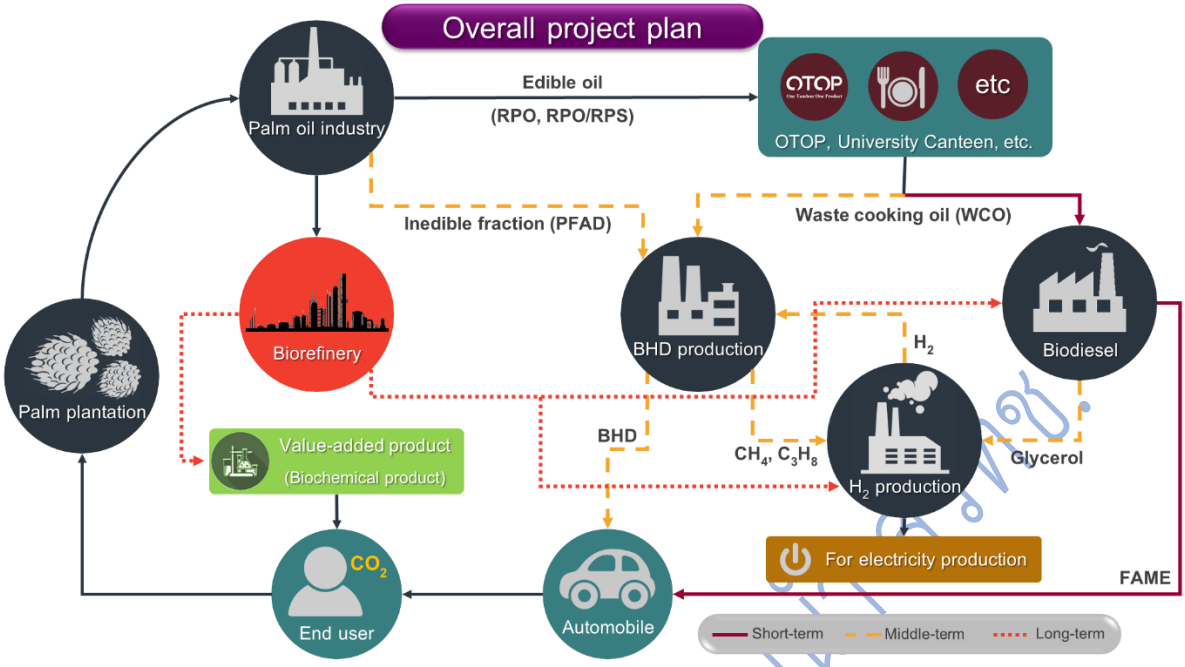
เอกสารใช้สำหรับการประชุมเท่านั้น สกสว.

งานแล้วเป็นวัตถุดิบในการผลิตแบบต่อเนื่อง ฉะนั้น จะทำให้มีข้อได้เปรียบด้านต้นทุนการผลิตซึ่งเป็นข้อจำกัดหนึ่งที่สำคัญในการผลิต BHD และยังเป็นการเปิดโอกาสทางการตลาดในการแข่งขันของ BHD กับเชื้อเพลิงประเภทอื่นๆ ความคาดหวังสำหรับโครงการระยะกลางนี้ คือ ผลผลิตของงานวิจัยเป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาโดยนักวิจัยไทย ลดการพึ่งพาองค์ความรู้จากต่างประเทศ แนวทางการดำเนินการในโครงการระยะกลางนี้ จะเป็นต้นแบบเพื่อเสริมสร้างความมั่นใจให้กับผู้ประกอบการไทยในการเลือกใช้เทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นภายในประเทศ

เป้าหมายของโครงการในระยะกลางอีกประเด็นหนึ่ง คือ ลดภาระการจัดการกับผลิตภัณฑ์พลอยได้ที่เกิดจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (กลีเซอรอล) และ BHD (มีเทน โพรเพน) โดยใช้ผลิตภัณฑ์พลอยได้ดังกล่าวเป็นสารตั้งต้นในการผลิตเชื้อเพลิงไฮโดรเจนหรือก๊าซสังเคราะห์ ผ่านกระบวนการปฏิรูปด้วยไอน้ำ กระบวนการผลิตไฮโดรเจนที่พัฒนาขึ้นในโครงการนี้ จะสามารถผลิตไฮโดรเจนได้ความบริสุทธิ์ 90% สำหรับในการผลิตไฮโดรเจน มีการวางแผนสร้างหน่วยผลิตต้นแบบที่กำลังการผลิตประมาณ 1 Nm^3/h ซึ่งตั้งเป้าหมายหลักไว้ว่าผลผลิตไฮโดรเจนที่ได้จะสามารถนำกลับไปใช้ในกระบวนการผลิต BHD นอกจากนี้ หากปริมาณการผลิตมีมากเพียงพอ ยังสามารถนำไปใช้เป็นพลังงานทางเลือกอื่นๆ อีกได้ โครงการในระยะกลางนี้ ชี้ให้เห็นชัดถึงประโยชน์ของการรวมกระบวนการ เพื่อเปลี่ยนวัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าทั้งหมดในที่สุด ลดภาระการจัดการของเหลือทิ้งจากกระบวนการ ก่อให้เกิดประโยชน์อันพึงประสงค์สูงสุด

ในระยะยาว โครงการนี้จะคำนึงถึงการแสวงหาทางเลือกในการใช้วัตถุดิบเหลือทิ้งจากกระบวนการดังกล่าวเพื่อผลิตเชื้อเพลิง/เคมีภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงอย่างเหมาะสม โดยอาศัยองค์ความรู้ทางด้านวิศวกรรมกระบวนการและหลักการการรวมกระบวนการ เพื่อให้ชุมชนและประเทศสามารถพึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืน โดยเสนอตามแผนภาพดังต่อไปนี้

เอกสารโครงการนักวิจัยแห่งชาติ สกว.



แนวคิดของโครงการวิจัยสำหรับการเลือกและพัฒนากระบวนการและต้นแบบที่เป็นนวัตกรรมสำหรับการผลิตอย่างยั่งยืนของเชื้อเพลิงทางเลือกบนฐานของไบโอรีไฟเนอรี

อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มและไบโอดีเซลเป็นอุตสาหรรมที่มีความต่อเนื่องเชื่อมโยงกัน อีกทั้งยังเกี่ยวเนื่องถึงอุตสาหกรรมสำหรับประเทศไทยที่สามารถผลักดันการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ หรือ S-curve ทั้งในส่วน First S-curve ได้แก่ การเกษตรและเทคโนโลยีชีวภาพ (Agriculture and Biotechnolgy) และอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหาร (Food for the Future) และ New S-curve ได้แก่ อุตสาหกรรมเชื้อเพลิงชีวภาพและเคมีชีวภาพ (Biofuels and Biochemicals) ซึ่งในปัจจุบันทั้งอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มและไบโอดีเซลยังมีส่วนที่สามารถปรับปรุง พัฒนาให้มีความสามารถในการแข่งขันให้สูงขึ้นได้ในอีกหลายมิติ เช่น การพัฒนากระบวนการให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น การใช้ของเหลือทิ้งหรือผลิตภัณฑ์พลอยได้ในการสร้างมูลค่าและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์หรือนวัตกรรมใหม่ ๆ

เอกสารวิจัย

Validation of Technology Readiness and Future Prospects

Biodiesel

Feedstocks	Current/Existing own technology	Key technology from commercial competitor	Production target KPIs*	Applications	(Confidential) Potential partners	End users
- น้ำมันปรุงอาหารที่ผ่านการใช้งานแล้ว* - น้ำมันจากพืชน้ำมันที่หาได้ง่าย (ปาล์ม-น้ำมันปาล์มดิบ ปาล์มเสตียริน)	Rotating tube reactor - ตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ประสิทธิภาพสูง (90-95% yield) - ลดการใช้เมทานอลในการทำปฏิกิริยา - ทดแทนการใช้พลังงานไฟฟ้าบางส่วนด้วยพลังงานกล Centrifugal contactor reactor - ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ทำปฏิกิริยาและแยกไบโอดีเซลแบบต่อเนื่อง - ลดขั้นตอนการล้างไบโอดีเซลและปริมาณน้ำทิ้งจากกระบวนการ	เทคโนโลยีไบโอดีเซลชุมชน ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์แบบทั่วไป มีข้อจำกัด ได้แก่ - Yield ต่ำ (หากใช้น้ำมันปรุงอาหารที่ผ่านการใช้งานแล้วซึ่งไม่มีการกำจัดกรดไขมันอิสระ - เกิดน้ำทิ้งจากการแยกไบโอดีเซลในปริมาณมาก ต้นแบบหน่วยผลิตในระดับชุมชน เช่น - วว. (DEDE prototype 150 ลิตรต่อวัน ลงทุน 2,000,000 บาท) - กรมอู่ ทหารเรือ (DEDE Sunsai 2,000 ลิตรต่อรอบการผลิต (แบบกะ) ลงทุน 10,000,000 บาท) - ม.อุบลราชธานี (UBU Gdd2 150 ลิตรต่อรอบการผลิต (แบบกะ 2-3 วัน) ลงทุน 150,000 บาท	- ได้ชุดต้นแบบ Rotating tube reactor สำหรับระบบที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ - ได้ชุดต้นแบบ Centrifugal contactor reactor ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ - กำลังการผลิตประมาณ 100 ลิตรต่อวัน - ลดการใช้เมทานอลเมื่อเทียบกับกระบวนการทั่วไป 20% - ลดปริมาณน้ำทิ้ง 50-75% (ขึ้นกับวัตถุดิบ) - ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า 20-25% (พลังงานกลจากการปั่นจักรยานทดแทน)	ไบโอดีเซลเพื่อใช้สำหรับกิจกรรมในชุมชน เช่น การนำไปใช้ในเครื่องจักรกลการเกษตร การขนส่งวัตถุดิบ/ผลิตภัณฑ์	ผลงานวิจัยสามารถนำไปขยายผลสู่การผลิตในระดับอุตสาหกรรม โดยมีผู้ประกอบการที่มีศักยภาพในการรับถ่ายทอดเทคโนโลยี ได้แก่ บริษัท น้ำมันพืชปทุม จำกัด โครงการในพระราชดำริด้านพลังงานทดแทน เป็นต้น	ผลงานวิจัย และต้นแบบหน่วยผลิตสามารถนำไปใช้ในวิสาหกิจชุมชนที่มีการผลิตอาหารแปรรูปที่มีการใช้น้ำมันในการปรุงอาหารในปริมาณมาก (กล้วยฉาบ เผือกฉาบ ของทอดต่างๆ)

เอกสารใช้สำหรับการประชุมเท่านั้น สวทช.

Validation of Technology Readiness and Future Prospects

BHD

Feedstocks	Current/Existing own technology	Key technology from commercial competitor	Production target KPIs*	Applications	(Confidential) Potential partners	End users
Major feedstocks - น้ำมันปรุงอาหารที่ผ่านการใช้งานแล้ว* - กรดไขมันปาล์ม (PFAD) ที่เหลือจากการกลั่นน้ำมันปาล์มเพื่อบริโภค* Co-feedstocks - แก๊สไฮโดรเจน - แก๊สสังเคราะห์ (Synthesis gas)	Fixed bed reactor - ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ประสิทธิภาพสูง (70-85% yield) - BHD มีคุณสมบัติเทียบเท่าดีเซล - สามารถใช้ผสมกับดีเซลหรือไบโอดีเซลได้ - เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (ลดการใช้ sulfiding agent) - สามารถใช้แก๊สสังเคราะห์แทนไฮโดรเจนบริสุทธิ์ในการดำเนินการแบบกะได้	เทคโนโลยี BHD ระดับอุตสาหกรรมใช้น้ำมันพืชเพื่อบริโภคเป็น feedstocks ส่งผลกระทบเชิงเศรษฐกิจ (ต้นทุนการผลิต) และสังคม (การขาดแคลนอาหาร) หน่วยผลิตในระดับอุตสาหกรรม เช่น Neste Oil (ผู้ผลิตหลักกำลังการผลิตที่ 50% world production) Honeywell UOP Conoco Philips PTT group (ภายใต้ชื่อการค้า HyForce premium diesel)	- ต้นแบบเทคโนโลยีสำหรับการผลิต BHD แบบต่อเนื่องกำลังการผลิตสาธิตประมาณ 5 ลิตรต่อวัน - ใช้น้ำมันปรุงอาหารที่ผ่านการใช้งานแล้วเป็นวัตถุดิบหลัก - สามารถใช้แก๊สไฮโดรเจนที่ไม่ต้องบริสุทธิ์มาก และ/หรือสามารถใช้แก๊สสังเคราะห์แทนแก๊สไฮโดรเจนความบริสุทธิ์สูงได้ - ได้ BHD ตามมาตรฐาน - ลดการใช้ sulfiding agent เทียบกับกระบวนการทั่วไป	BHD สำหรับใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล ผลิตภัณฑ์พลอยได้จากกระบวนการ (มีเทน โพรเพน) เป็นสารตั้งต้นในการผลิตไฮโดรเจนเพื่อการนำกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิต BHD	ผลงานวิจัยสามารถนำไปขยายผลสู่การผลิตในระดับอุตสาหกรรม โดยมีผู้ประกอบการที่มีศักยภาพในการรับถ่ายทอดเทคโนโลยี ได้แก่ บริษัท วีระสุวรรณ จำกัด เป็นต้น	อุตสาหกรรมขนาดกลางถึงขนาดใหญ่

เอกสารโครงการนี้เป็นกรรมสิทธิ์ของ สวทช.

Validation of Technology Readiness and Future Prospects

Hydrogen

Feedstocks	Current/Existing own technology	Key technology from commercial competitor	Production target KPIs*	Applications	(Confidential) Potential partners	End users
- กลีเซอรอลจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล - มีเทน/โพรเพนจากกระบวนการผลิต BHD	Fixed bed reactor ในการปฏิรูปมีเทนด้วยไอน้ำ - ตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับการปฏิรูปด้วยไอน้ำที่รองรับการใช้งานได้หลาย feedstocks - 90% yield จากมีเทน - สามารถผลิตไฮโดรเจน/แก๊สสังเคราะห์	เทคโนโลยีการผลิตไฮโดรเจนปัจจุบันมาจากการปฏิรูปมีเทนด้วยไอน้ำ มีผู้ผลิตและจำหน่ายหลักในประเทศไทย ได้แก่ - BIG (เทคโนโลยีจากอเมริกา) - Air Liquide (เทคโนโลยีจากเยอรมัน)	- ต้นแบบเครื่องปฏิรูปด้วยไอน้ำกำลังการผลิตไฮโดรเจน/แก๊สสังเคราะห์สาธิต ประมาณ 1 Nm^3/h	ไฮโดรเจน/แก๊สสังเคราะห์สำหรับใช้เป็น - Co-feedstock ในการผลิต BHD - Hydrogen fuel cell - เป็นสารตั้งต้นในการผลิตเคมีภัณฑ์ต่างๆ - ใช้งานในโรงกลั่นน้ำมัน อุตสาหกรรมโลหะ อาหาร	ผลงานวิจัยสามารถนำไปขยายผลสู่การผลิตในระดับอุตสาหกรรม โดยมีผู้ประกอบการที่มีศักยภาพในการรับถ่ายทอดเทคโนโลยี ได้แก่ บริษัท น้ำมันพืชปทุม จำกัด บริษัท วีระสุวรรณ จำกัด กลุ่มงานธุรกิจปิโตรเคมี เครือ SCG PTT เป็นต้น	กลุ่มผู้ผลิต BHD กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

เอกสารโครงการนักวิจัยแกนนำสกสว.

ส่วนงานหลัก 1 การออกแบบกระบวนการผลิตที่ยั่งยืนเพื่อผลิตเชื้อเพลิงทางเลือกและเคมีภัณฑ์ชีวภาพจากปาล์มน้ำมันและส่วนเหลือใช้จากการผลิตน้ำมันปาล์ม

งานวิจัยในส่วนแรกให้ความสำคัญกับการออกแบบและพัฒนากระบวนการผลิตที่ยั่งยืนเพื่อผลิตเชื้อเพลิงและเคมีภัณฑ์ชีวภาพมูลค่าเพิ่มจากปาล์มน้ำมันและจากส่วนเหลือใช้จากการผลิตน้ำมันปาล์ม การนำแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการกลั่นชีวภาพ (biorefinery) ซึ่งพิจารณาองค์รวมการใช้ทรัพยากรหมุนเวียน (renewable resources) ให้เกิดประโยชน์สูงสุดมาประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มที่มีภายในประเทศจะทำเกิดการใช้ปาล์มน้ำมันได้อย่างคุ้มค่า อีกทั้งยังช่วยลดภาระการพึ่งพาเชื้อเพลิงและเคมีภัณฑ์จากต่างประเทศ และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้เป็นที่ทราบดีว่าในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันปาล์ม นอกจากจะได้น้ำมันปาล์มเพื่อการบริโภคแล้ว น้ำมันปาล์มที่ได้ยังสามารถนำไปแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงประเภทอื่นๆ ได้ เช่น ไบโอดีเซล ไบโอ-ไฮโดรจีเนต ดีเซล (bio-hydrogenated diesel, BHD) นอกจากนี้ยังมีส่วนที่เหลือทิ้งหรือยังใช้ประโยชน์ไม่คุ้มค่าจากปาล์มน้ำมัน ไม่ว่าจะเป็นส่วนที่เป็นชีวมวล เช่น Oil palm frond, Oil palm trunk, Empty fruit bunch (EFB), Palm shell, Mesocarp fiber หรือลิปิดอื่นๆ เช่น Palm fatty acid distillate (PFAD), Crude palm kernel oil ซึ่งเป็นสารตั้งต้นที่สำคัญในอุตสาหกรรม Oleochemical กลุ่มอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มภายในประเทศไทยตระหนักเห็นถึงความสำคัญในการนำส่วนเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตไปแปรรูปเป็นเคมีภัณฑ์มูลค่าเพิ่ม แต่ในปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมยังคงขาดแนวทางและเทคโนโลยีในการนำของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมไปพัฒนาต่อยอด เทคโนโลยีการแปรรูปของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มยังปรากฏในระดับห้องปฏิบัติการ จนถึงระดับนำร่อง หากยังขาดการนำมาบูรณาการเข้ากับกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มในระดับอุตสาหกรรม ดังนั้นแนวคิดเรื่องการกลั่นชีวภาพจึงนับเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการบูรณาการองค์ความรู้พื้นฐานสำหรับการใช้ประโยชน์จากปาล์มน้ำมันและส่วนเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มเข้ากับฐานเทคโนโลยีการผลิตน้ำมันปาล์มดั้งเดิม แบบจำลองและการบูรณาการกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงและเคมีภัณฑ์ชีวภาพที่ได้จากปาล์มน้ำมันซึ่งพัฒนาจากแนวคิดกระบวนการกลั่นชีวภาพ จะเป็นแนวทางในการสร้างความมั่นใจให้กับกลุ่มอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มในการลงทุนต่อยอดพัฒนากระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มแบบดั้งเดิมเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบปาล์มน้ำมัน อีกทั้งยังช่วยลดภาระในจัดการของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตได้อีกด้วย

ส่วนงานหลัก 2 การสร้างหน่วยผลิตไบโอดีเซลเพื่อชุมชน

สำหรับไบโอดีเซลซึ่งเป็นพลังงานทดแทนที่มีความสำคัญยิ่งในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามหากกล่าวโดยสรุปกระบวนการนำไปใช้ในการผลิตไบโอดีเซลยังมีข้อจำกัดในหลายด้าน เช่น

1. ต้องนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ เช่น บางจากปิโตเลียม จำกัด (มหาชน) ใช้เทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซลที่ทันสมัยจากยุโรป มีการบริหารจัดการที่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อมเป็นหลัก ด้วยการพัฒนานวัตกรรมกระบวนการผลิตที่ไม่ปล่อยน้ำทิ้งสู่สาธารณะ (Zero Liquid Discharge) ซึ่งเป็นข้อจำกัดด้านเงินลงทุนที่ชุมชนเล็กๆ ไม่สามารถนำไปใช้ได้
2. ไบโอดีเซลที่ผลิตในชุมชนโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน สนองพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ด้วยการให้การสนับสนุนในการทำไบโอดีเซลชุมชนเพื่อให้ได้ตามมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชนซึ่งมีคุณภาพต่ำ โดยมีการใช้งานในรถบรรทุกเอนกประสงค์และเครื่องจักรกล การเกษตรในโครงการเท่านั้น
3. กระบวนการผลิตไบโอดีเซลในชุมชนเป็นแบบกะ ต้องใช้ระยะเวลาในการผลิตประมาณ 2-3 วัน จึงได้ผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลมาใช้งาน

4. กระบวนการผลิตไบโอดีเซลใช้พลังงานจากไฟฟ้าในการให้ความร้อน (อุ่นน้ำมันที่อุณหภูมิ 80°C) และทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันกับแอลกอฮอล์ ที่อุณหภูมิ 60°C นานถึง 90 นาที ทำให้เสียเปลืองพลังงานและมีค่าใช้จ่ายสูง
5. กระบวนการผลิตไบโอดีเซลในชุมชนใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาคือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (โซดาไฟ) ซึ่งต้องมีขั้นตอนในการล้างเพื่อทำความสะอาดไบโอดีเซล ทำให้มีน้ำเสียจากกระบวนการนี้ถึงครั้งละประมาณ 3 กรัมของน้ำต่อกรัมของไบโอดีเซล (ก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังต้องใช้เวลาในการแยกชั้นของน้ำและไบโอดีเซลอีกด้วย

งานวิจัยในส่วนที่สองนี้จะนำเสนอกระบวนการผลิตไบโอดีเซลที่มีต้นทุนต่ำ สามารถใช้กับวัตถุดิบได้หลากหลาย และประหยัดพลังงาน เหมาะกับชุมชน เพื่อผลิตไบโอดีเซลที่มีคุณภาพดีให้ได้มาตรฐานไบโอดีเซลของกรมธุรกิจพลังงาน โดยแบ่งออกเป็น 2 โครงการหลักๆ คือ

งานวิจัยในส่วนที่สองนี้จะนำเสนอกระบวนการผลิตไบโอดีเซลที่มีต้นทุนต่ำ สามารถใช้กับวัตถุดิบได้หลากหลาย และประหยัดพลังงาน เหมาะกับชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมขนาดย่อม เพื่อผลิตไบโอดีเซลที่มีคุณภาพดีให้ได้มาตรฐานไบโอดีเซลของกรมธุรกิจพลังงาน โดยแบ่งออกเป็น 2 โครงการหลักๆ คือ

1. กระบวนการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธุ์ จะเป็นโครงการที่ตอบสนองชุมชนทั่วไป โดยจะเน้นการใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบหลัก และเน้นการประหยัดพลังงาน โดยใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบ Rotating tube reactor ซึ่งสามารถใช้เป็นเครื่องปฏิกรณ์แบบกะหรือแบบต่อเนื่องก็ได้ จะสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันเพื่อเปลี่ยนน้ำมันปาล์มไปเป็นไบโอดีเซลได้ภายในระยะเวลาที่สั้นลงมาก (อาจลดลงระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา ทรานส์เอสเทอริฟิเคชันทั่วไปถึง 90 เท่า) นอกจากนี้ยังนำเอาพลังงานจากมนุษย์ (Human power) มาใช้ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า ในรูปแบบของจักรยาน โดยมีการศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการปั่นจักรยานของมนุษย์ทั่วไป พบว่าสามารถให้พลังงานได้ถึง 2000 W ในช่วงเวลา 10 นาที ซึ่งเพียงพอกับการดำเนินการของเครื่องปฏิกรณ์แบบ Rotating tube reactor เพื่อผลิตไบโอดีเซลในหนึ่งรอบ

2. กระบวนการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ จะเป็นโครงการที่ตอบสนองอุตสาหกรรมขนาดย่อม (SME) ที่ต้องการผลิตไบโอดีเซลใช้ในโรงงาน มีกระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อน ซึ่งจะเน้นการพัฒนาการขึ้นรูปของตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีความว่องไวสูง สามารถใช้งานได้หลายรอบและมีความคงทนต่อแรงทางกล โดยตัวเร่งปฏิกิริยาดังกล่าวจะสามารถใช้กับวัตถุดิบได้หลากหลาย เช่น น้ำมันปาล์ม หรือน้ำมันปรุงอาหารที่ผ่านการใช้งาน และการใช้เครื่องปฏิกรณ์ Centrifugal reactor เพื่อลดระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน และลดเวลาในการแยกชั้นระหว่างผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลและกลีเซอรอล เนื่องจากอาศัยแรงเหวี่ยงในขณะที่เกิดปฏิกิริยาทำให้เกิดการแยกผลิตภัณฑ์ได้พร้อมกับการเกิดปฏิกิริยา นอกจากนี้ยังลดหน่วยที่ใช้ล้างผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลเนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาไม่ผสมกับไบโอดีเซล

ส่วนงานหลัก 3 การผลิต Bio hydrogenated diesel (BHD) แบบต่อเนื่อง

อย่างไรก็ตามการใช้ไบโอดีเซลชนิดเอสเทอร์นี้ยังมีข้อจำกัดอยู่หลายประการเช่น ไม่สามารถใช้ไบโอดีเซลบริสุทธิ์ (B100) กับเครื่องยนต์ดีเซลหมุนเร็วทั่วไปได้ และมีปัญหาเกี่ยวการไหลที่อุณหภูมิต่ำ การกัดกร่อนเครื่องยนต์ ค่าความเสถียรต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งทั้งนี้เกิดขึ้นเนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลของเอสเทอร์ไบโอดีเซลมีความแตกต่างจากฟอสซิลดีเซลมาก ทำให้หากจะ

ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลหมุนเร็วจะสามารถผสมในกับฟอสซิลดีเซลได้จำกัดอยู่ที่ประมาณ 10% หรือที่เรียกว่า B10 การพัฒนาการผลิตไบโอดีเซลในลำดับถัดมา หรือเรียกว่า “ไบโอดีเซลในยุคที่ 2” (Second generation of biodiesel) เป็นการใช้น้ำมันพืช (หรือไขมันจากสัตว์) เป็นสารตั้งต้นและทำปฏิกิริยาการปรับปรุงคุณภาพด้วยไฮโดรเจน (Hydroprocessing) ให้ได้ผลิตภัณฑ์ ที่เรียกว่า “Bio-hydrogenated diesel (BHD)” หรือ “Hydrotreated vegetable oil (HVO)” ที่มีสมบัติใกล้เคียงกับฟอสซิลดีเซลมาก ทั้งนี้หากประเทศไทยสามารถผลิตทั้งเอสเทอร์ไบโอดีเซลซึ่งเป็นการผลิตที่มีความซับซ้อนน้อยกว่า โดยชุมชนหรืออุตสาหกรรมขนาดเล็กสามารถดำเนินการได้ และสามารถผลิตเชื้อเพลิง BHD ซึ่งมีความซับซ้อนกว่าและเหมาะกับอุตสากรรมขนาดใหญ่ได้แล้วนั้นก็จะลดการนำเข้าและพึ่งพาพลังงานจากภายนอกได้ในที่สุด

งานวิจัยในส่วนที่สามนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับการผลิตเชื้อเพลิง BHD ที่ดำเนินการแบบต่อเนื่องได้ โดยข้อดีที่สำคัญอีกประการหนึ่งของกระบวนการผลิต BHD คือน้ำมันที่มีกรดไขมันอิสระสูงก็สามารถป้อนเข้าทำปฏิกิริยาได้ในขั้นตอนเดียว ทำให้นอกจากน้ำมันปาล์มแล้วงานวิจัยในส่วนนี้จึงเน้นไปที่การใช้น้ำมันพืชใช้แล้วในการผลิต BHD ด้วย นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับกระบวนการผลิต BHD ร่วมด้วย โดยเน้นไปที่การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาในกลุ่มที่ไม่ใช้ หรือลดการใช้ sulfiding agent ลงได้เป็นตัวกระตุ้น มีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา มี diesel selectivity สูง และสามารถใช้งานได้นาน

ส่วนงานหลัก 4 การสร้างหน่วยผลิตไฮโดรเจนจากผลิตภัณฑ์พลอยได้ในระบบ

งานวิจัยในส่วนที่สี่เป็นการพัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับผลิตไฮโดรเจนหรือก๊าซสังเคราะห์จากผลิตภัณฑ์พลอยได้ที่ได้จากการผลิตไบโอดีเซล คือ กลีเซอรอลจากการผลิตไบโอดีเซลแบบ Fatty Acid Methyl Esters (FAME) มีเทนและโพรเพนจากการผลิตแบบ BHD โดยใช้เทคนิคกระบวนการเปลี่ยนรูปสารตั้งต้นด้วยไอน้ำ ซึ่งเทคนิคนี้จะให้ไฮโดรเจนที่มีความบริสุทธิ์ ร้อยละ 90 ทำให้ลดการพึ่งพาวัตถุดิบในการผลิตไฮโดรเจนจากภายนอกได้ แต่อย่างไรก็ดีในปัจจุบันกระบวนการผลิตไฮโดรเจนในระดับอุตสาหกรรม (mature technology) จะเป็นการเปลี่ยนรูปสารตั้งต้นด้วยปฏิกิริยาที่ใช้ไอน้ำที่อุณหภูมิสูง ซึ่งสารตั้งต้นส่วนใหญ่จะเป็นก๊าซธรรมชาติที่ประกอบไปด้วยก๊าซ มีเทน อีเทน และโพรเพน กระบวนการปฏิรูปกลีเซอรอลซึ่งเป็น oxygenated compound ให้เป็นไฮโดรเจนพบว่ามีความซับซ้อนของปฏิกิริยาอยู่มากเมื่อเทียบกับก๊าซธรรมชาติ เช่น ต้องมีหน่วยปฏิบัติการเพิ่มเติมในการเตรียมความพร้อมของกลีเซอรอลก่อนเข้าทำปฏิกิริยา ปฏิกิริยาเกิดยากขึ้น เกิดปัญหาการเสื่อมสภาพของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ง่ายขึ้น นอกจากนี้การพัฒนากระบวนการยังอยู่ในระดับห้องปฏิบัติการ ดังนั้นการพัฒนาองค์ความรู้ด้านกระบวนการผลิตไฮโดรเจนจากกลีเซอรอลนี้จึงมีความสำคัญและจำเป็นสำหรับการพัฒนาพลังงานทางเลือก

ประโยชน์จากการผลิตไฮโดรเจนจากผลิตภัณฑ์พลอยได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลนี้ นอกจากไฮโดรเจนที่ผลิตได้จะสามารถป้อนกลับเป็นสารตั้งต้นสำหรับ hydroprocessing ในการผลิต BHD แล้ว ไฮโดรเจนยังสามารถนำไปผลิตไฟฟ้า ใช้เป็นเชื้อเพลิง หรือใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้ เช่น กลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์, อิเล็กทรอนิกส์, เหล็ก, ปิโตรเคมี, เคมี, อาหารและเครื่องดื่ม, การแพทย์ เป็นต้น