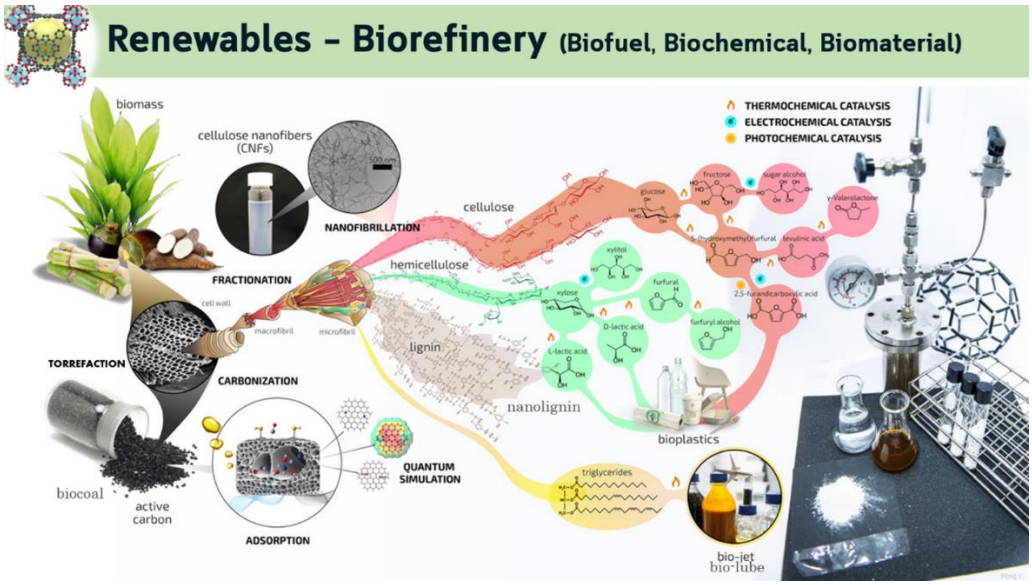
‘Catalyst Platform’ เทคโนโลยีตอบอุตสาหกรรมฐานชีวภาพ-พลังงานหมุนเวียน

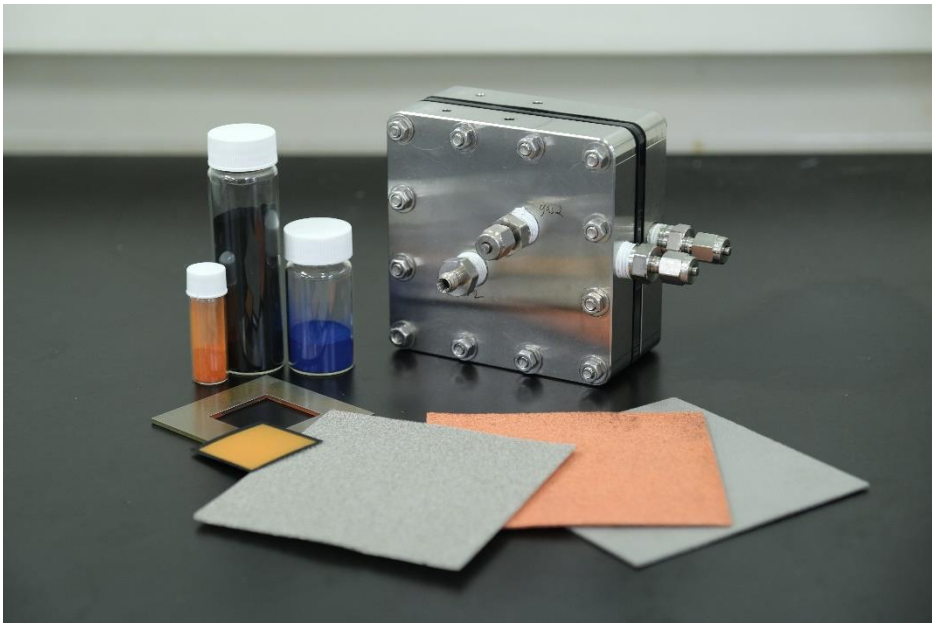
หลายทศวรรษที่ผ่านมา แนวโน้มการลดลงของทรัพยากรปิโตรเลียม รวมถึงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากการผลิตและการใช้ปิโตรเลียมภัณฑ์ในระยะยาวส่งผลให้ทั่วโลกตระหนักถึงความสำคัญของอุตสาหกรรมฐานชีวภาพ (Biorefinery) ซึ่งใช้วัตถุดิบที่สามารถปลูกหรือผลิตทดแทนใหม่ได้ (Renewable materials) เป็นทรัพยากรทางเลือกแทนปิโตรเลียมในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ (Biofuel) สารเคมีชีวภาพ (Biochemicals) วัสดุชีวภาพ (Biomaterials) และผลิตภัณฑ์ชีวภาพมูลค่าสูง (Biospecialty products) ประเทศไทยจึงได้มีนำนโยบาย Bio-Circular-Green Economy model (BCG) มาใช้ในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ การขับเคลื่อนภายใต้โมเดลนี้จำเป็นต้องมีการพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมที่จะช่วยขับเคลื่อนประเทศจากหลายภาคส่วน ประเทศไทยอุดมไปด้วยวัตถุดิบกลุ่มชีวมวลทางการเกษตรและวัตถุดิบโอลีโอเคมีภัณฑ์ที่ได้จากน้ำมันปาล์ม อันเป็นวัตถุดิบสำคัญ ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาและกระบวนการทางวิศวกรรมเคมีที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงชีวภาพและสารเคมีชีวภาพได้



อุตสาหกรรมฐานชีวภาพ Biorefinery

Catalyst Platform ของกลุ่มวิจัยการเร่งปฏิกิริยาและการคำนวณระดับนาโน ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (นาโนเทค) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) เป็นแพลทฟอร์มเทคโนโลยีด้านตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีโครงการวิจัยหลายระดับเกี่ยวข้อง ในการเปลี่ยนวัตถุดิบกลุ่มน้ำตาลที่ได้จากชีวมวลกลุ่มลิกโนเซลลูโลส (lignocellulosic biomass) และสารโอลีโอเคมีภัณฑ์ (oleochemicals) ที่ได้จากน้ำมันพืช ไขมันสัตว์ และกรดไขมัน ให้เป็นผลิตภัณฑ์กลุ่มเชื้อเพลิงชีวภาพและสารเคมีชีวภาพ

(Biofuels & Biochemicals) ที่มีมูลค่าเพิ่ม เทคโนโลยีฐานที่เกิดขึ้นได้มีการต่อยอดองค์ความรู้ รวมถึงการนำไปใช้ประโยชน์หลายรูปแบบทั้งในแวดวงวิชาการ ในอุตสาหกรรมฐานชีวภาพ (Biorefinery) และอุตสาหกรรมพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) โดยแบ่งกลุ่มตัวเร่งปฏิกิริยาตามกระบวนการทางเคมีที่ใช้พลังงานรูปแบบต่างกัน ได้แก่ **Thermochemical Catalysts** สำหรับกระบวนการทางเคมีที่ใช้พลังงานความร้อนเป็นหลัก[i] [ii] **Electrochemical Catalysts** สำหรับกระบวนการที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในการเกิดปฏิกิริยาเคมี [iii] และ **Photochemical Catalysts** สำหรับกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีเชิงแสง [iv] [v]



ตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีเชิงความร้อน เชิงไฟฟ้า และเชิงแสง

โดยงานวิจัยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มงาน ได้แก่ **การเปลี่ยนสารโอลีโอเคมีภัณฑ์กลุ่มน้ำมันปาล์มและอนุพันธ์เป็นเชื้อเพลิงชีวภาพและสารเคมีชีวภาพ** ซึ่งน้ำมันหรือไขมันมีองค์ประกอบหลักเป็นกรดไขมัน และกลีเซอรอล รวมถึงอนุพันธ์ เช่น เมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน สามารถนำไปแปรรูปด้วยปฏิกิริยาเคมีเชิงความร้อนและเชิงแสง ได้ ประเทศไทยมีน้ำมันปาล์มเป็นแหล่งโอลีโอเคมีภัณฑ์หลัก ดังนั้น งานวิจัยของกลุ่มวิจัยการเร่งปฏิกิริยาและการคำนวณระดับนาโน ได้ศึกษาและพัฒนาในส่วนของตัวเร่งปฏิกิริยาและกระบวนการผลิตอย่างครบวงจรโดยใช้ผลิตภัณฑ์ต่างๆจากน้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบสำคัญ โดยมีผลิตภัณฑ์มุ่งเป้าเป็นกลุ่มเชื้อเพลิงชีวภาพกรีนดีเซล (BHD) เชื้อเพลิงอากาศยานชีวภาพ (biojet) และสารเคมีชีวภาพ เช่น กลุ่มผลิตภัณฑ์สารหล่อลื่นชีวภาพ (biolubricant) และน้ำมันพื้นฐาน (base oil) เป็นต้น

ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในงานวิจัยกลุ่มนี้ ได้ทำการออกแบบโดยใช้โลหะไม่มีตระกูล (non-noble metal) เป็นส่วนหลักโดยให้มีความจำเพาะเจาะจงและความว่องไวสูงต่อกระบวนการไฮโดร เช่น ไฮโดรจีเนชัน ไฮโดรดีออกซีจิเนชัน ไฮโดรไอโซเมอร์ไรเซชัน เป็นต้น รวมถึงควบคุมสภาพพื้นผิวของวัสดุตัวเร่งปฏิกิริยาให้มีความเป็นกรดและสมบัติรูพรุนที่เหมาะสม อีกทั้ง เทคนิคการสังเคราะห์ที่ไม่ซับซ้อนและมีศักยภาพในการผลิตปริมาณมากได้ ภายใต้การทดสอบประสิทธิภาพการเร่งปฏิกิริยาในระบบปฏิกรณ์ทั้งแบบกะและแบบไหลต่อเนื่อง มีศึกษาและปรับแต่งสภาวะการผลิตเพื่อทำให้ตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพอันส่งผลต่อการได้ผลิตภัณฑ์เป้าหมายที่มีร้อยละผลได้ (yield) สูงที่สุด ตัวเร่งปฏิกิริยาบางระบบได้มีการศึกษาโครงสร้างของวัสดุเชิงลึกโดยใช้เทคนิครังสีแสงซินโครตรอน รวมถึงโครงสร้างพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาในระดับอะตอมและกลไกการปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้อง ด้วยการวิธีการทางเคมีคอมพิวเตอร์[vi] [vii] ซึ่งใช้ NSTDA Supercomputer Center: ThaiSC เป็นเครื่องมือสำคัญในการคำนวณและประมวลผล

เชื้อเพลิงชีวภาพและสารเคมีชีวภาพผลิตจากโอลีโอเคมีภัณฑ์และน้ำตาลกลูโคส

และ **การผลิตสารเคมีชีวภาพจากชีวมวลกลุ่มลิกโนเซลลูโลสและน้ำตาลจากเซลลูโลส** โดยชีวมวลกลุ่มลิกโนเซลลูโลส มีองค์ประกอบสำคัญตัวหลักคือ เซลลูโลส (cellulose) ซึ่งมีหน่วยย่อยขนาดเล็กสุดคือน้ำตาล (cellulosic sugar) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มน้ำตาลกลูโคส ที่สามารถใช้กระบวนการเร่งปฏิกิริยาเคมีผ่านแพลทฟอร์มต่างๆจนได้สารเคมีชีวภาพหลายกลุ่ม โดยในงานวิจัยของกลุ่มวิจัยการเร่งปฏิกิริยาและการคำนวณระดับนาโน ได้มุ่งเน้นกระบวนการทางเคมีความร้อนและเคมีไฟฟ้าด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาที่ออกแบบให้มีความจำเพาะเจาะจงและความว่องไวสูงต่อผลิตภัณฑ์เป้าหมายที่ต้องการ เช่น การผลิตกรดแลคติค (lactic acid) การผลิตสารประกอบ 5-ไฮดรอกซีเมทิลเฟอฟูรัล (5-HMF) การผลิตสารประกอบฟูรานไดคาร์บอกซิลิก (FDCA) เป็นต้น รวมถึงเทคนิคการสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีโครงสร้างนาโน และการวิเคราะห์ทดสอบสมบัติกายภาพ-เคมี การปรับแต่งโครงสร้างและสัดส่วนธาตุเคมีที่เหมาะสม ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำเร่งปฏิกิริยารีดอกซ์ และทำให้ได้ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์เป้าหมายที่สูง

ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จะผ่านกระบวนการแยกและการทำให้บริสุทธิ์จนได้ความบริสุทธิ์สูงพอในการขายเชิงพาณิชย์หรือนำไปใช้เป็นงานต่อในกระบวนการอื่นๆได้ เช่น การผลิตพลาสติกชีวภาพ สารเติมแต่งเชิงหน้าที่ เป็นต้น ด้วยคุณลักษณะที่เทียบเท่ากับผลิตภัณฑ์ทางการค้าซึ่งผลิตโดยใช้เทคโนโลยีจากต่างประเทศ ตัวเร่งปฏิกิริยาบางระบบได้มีการศึกษาโครงสร้างพื้นผิวของวัสดุเชิงลึกในระดับอะตอมและกลไกปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้อง ด้วยวิธีการทางเคมีคอมพิวเตอร์ [viii] [ix] โดยใช้ NSTDA Supercomputer Center: ThaiSC เป็นเครื่องมือสำคัญในการคำนวณและประมวลผล

ชุดผลิตตัวเร่งปฏิกิริยา Catalyst Formulator

ตัวเร่งปฏิกิริยาจัดว่า เป็นแก่นเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมด้านพลังงานและเคมีชีวภาพซึ่งสามารถปรับแต่งให้สามารถใช้งานได้ในหลากหลายสภาวะและมีความก้าวหน้าในการสร้างกลุ่มผลิตภัณฑ์และกระบวนการใหม่ๆจากการวิจัยและพัฒนา Catalyst Platform ต่างๆ ภายในกลุ่มวิจัยการเร่งปฏิกิริยาและการคำนวณระดับนาโนมาอย่างต่อเนื่อง โดยสามรถคลอบคลุมและตอบโจทย์นโยบายของภาครัฐและความต้องการของผู้ประกอบการภาคอุตสาหกรรมที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดในแต่ละช่วงเวลา การใช้ประโยชน์มีตั้งแต่ระดับการสร้างเทคโนโลยีฐานเพื่อเตรียมความพร้อมสู่การใช้ประโยชน์ระดับสูงขึ้น จนถึงการอนุญาตให้ใช้สิทธิในผลงานวิจัยที่จะนำไปสู่การใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ต่อไป

โดยมีผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้มากมาย อาทิ ผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตตัวเร่งปฏิกิริยานาโนสำหรับการผลิตน้ำมัน bio-hydrogenated diesel (BHD) จากน้ำมันปาล์ม ได้มีการ licensing สูตรและกระบวนการผลิตตัวเร่งปฏิกิริยา[10] และถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ผู้ประกอบการภาคเอกชนในอุตสาหกรรมไบโอดีเซล ต้นแบบผลิตภัณฑ์ฟูรานไดคาร์บอกซิลิกและต้นแบบกระบวนการผลิตด้วยเซลล์เคมีไฟฟ้า[11] สารประกอบฟูรานไดคาร์บอกซิลิกและอนุพันธ์ เป็นสารเคมีฐานชีวภาพที่สามารถนำไปต่อยอดการใช้ประโยชน์ด้านการผลิตพลาสติกชีวภาพพอลิเอทิลีนฟูราโนเอท (PEF) รวมถึงการผลิตพลาสติไซเซอร์ชีวภาพ (Bioplasticizer) สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติกอื่นๆ ได้

รวมถึงกลุ่มตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับการผลิตน้ำมันอากาศยานชีวภาพจากน้ำมันปาล์มสามารถตอบโจทย์นโยบายภาครัฐและเอกชนในการสนับสนุนการใช้ประโยชน์จากน้ำมันปาล์มและตอบรับกับการฟื้นฟูอุตสาหกรรมการบินหลังยุคโควิด-19 รวมถึงมาตรการต่างๆ ของภาคประชาคมโลกที่มีความต้องการการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพและพลังงานสะอาดในการลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์น้ำมันหล่อลื่นชีวภาพและกระบวนการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยใช้วัตถุดิบจากน้ำมันปาล์มได้รับความสนใจจากผู้ประกอบการหลายภาคส่วน เนื่องจากผลิตภัณฑ์น้ำมันหล่อลื่นเป็นกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าทางการตลาดในไทยมหาศาลที่หลักหมื่นล้านบาทต่อปี และมีศักยภาพสูงในการเพิ่มการประโยชน์จากผลิตภัณฑ์น้ำมันปาล์มและผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลทั้งในระยะสั้นและระยะยาว นำไปสู่การช่วยลดการใช้และการนำเข้าผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงและน้ำมันหล่อลื่นในปัจจุบัน

---

[i] Itthibenchapong et al. Energy Convers. Manag. 2017, 134,188–196.

[ii] Rungtaweevoranit et al. 2022, ChemSusChem 2022, 15, e202102653

[iii] Chakthranont et al. *ACS Appl. Energy Mater.* 2021, 4, 12436-12447.

[iv] Bunrit et al, *ACS Catal.* 2022, 12, 1677–1685.

[v] Butburee et al. J. Mater. Chem. A. 2019, 7, 8156-8166.

[vi] Wanmolee et al. App. Surf. Sci. 2022, 574, 151577

[vii] Reangchim et al., Catal. Sci. Technol. 2019, 9, 3361-3372

[viii] Plucksacholatarn et al. New J. Chem. 2021, 45, 21543-21552.

[ix] Kiatphuengporn et al. *Green Chem.* 2020, 22, 8572-8583.

[10] สิทธิบัตรการประดิษฐ์ เลขที่สิทธิบัตร 88090 และ สิทธิบัตรการประดิษฐ์ เลขที่คำขอ 1401001337

[11] สิทธิบัตรการประดิษฐ์ เลขที่คำขอ 1901005368 และ 2201004840