



การเตรียมถ่านกัมมันต์เมล็ดลำไยที่มีหมู่ฟังก์ชันด้วยกรดซัลโฟนิกและการประยุกต์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในเอสเทอร์ฟิเคชันของดิสทิลเลตกรดไขมันปาล์ม
Preparation of longan seed activated carbon functionalized with sulfonic acid group and their application as catalyst in esterification of palm fatty acid distillate

ชื่อนักวิจัย ผศ.ดร. ศักดินันท์ นันตัง สังกัดคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
งบประมาณ 350,000 บาท ระยะเวลาดำเนินงาน 1 ปี

จุดเด่นโครงการ : เมล็ดลำไยเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตลำไยอบแห้งในประเทศไทยซึ่งเป็นวัสดุที่หาง่ายและมีราคาถูก นอกจากนี้เมล็ดลำไยมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งสามารถนำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ (Longan Seed Activated Carbon, LSAC) ที่มีสมบัติความพรุนสูงและสามารถดัดแปรพื้นผิวให้มีความเป็นกรด (LSAC-SO₃H) จากการปรับคุณสมบัติของเมล็ดลำไยเหลือทิ้งดังกล่าว จึงมีความน่าสนใจที่จะเตรียมถ่านกัมมันต์จากเมล็ดลำไยให้มีความเป็นกรดและนำไปใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ชนิดกรดสำหรับเร่งเอสเทอร์ฟิเคชันของดิสทิลเลตกรดไขมันปาล์ม (Palm fatty acid distillate หรือ PFAD) เพื่อผลิตเป็นไบโอดีเซลได้ เนื่องจากดิสทิลเลตกรดไขมันปาล์มเป็นผลผลิตพลอยได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์ม สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลที่ราคาถูกและมีประสิทธิภาพสูงได้ นอกจากนี้การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ชนิดกรดจากถ่านกัมมันต์เมล็ดลำไยสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตไบโอดีเซลได้ เพราะจะช่วยลดขั้นตอนการทำให้ไบโอดีเซลที่ผลิตได้มีความบริสุทธิ์สูง เนื่องจากไม่ต้องนำของผสมที่ผลิตได้ไปผ่านกระบวนการสะเทินและล้าง เพื่อแยกตัวเร่งปฏิกิริยาที่เติมลงไปในการผลิตไบโอดีเซลเช่นเดียวกับกระบวนการผลิตที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ชนิดกรด

- มติการนำไปใช้ประโยชน์**
- เชิงวิชาการ
 - เชิงพาณิชย์
 - เชิงนโยบาย
 - เชิงสาธารณะ
 - เชิงชุมชนและพื้นที่

ที่มาและความน่าสนใจของงานวิจัย

ความตระหนักในปัญหาวิกฤตพลังงานและสิ่งแวดล้อม ทำให้แหล่งพลังงานทางเลือกได้รับความสนใจมากยิ่งขึ้น ไบโอดีเซล (biodiesel) เป็นเชื้อเพลิงจากชีวมวลที่สำคัญซึ่งนำมาใช้เพื่อลดการพึ่งพาน้ำมันดีเซลจากแหล่งปิโตรเลียม ปัจจุบันมีการผลิตไบโอดีเซลแพร่หลายทั่วโลกโดยกระบวนการผลิตไบโอดีเซลสามารถผลิตได้หลายวิธี เช่น การทำปฏิกิริยาเคมีทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน (transesterification) โดยใช้ไขมันพืชหรือไขมันสัตว์กับแอลกอฮอล์โมเลกุลเล็กเป็นวัตถุดิบตั้งต้นและใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบส หรือปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน (esterification) โดยใช้กรดไขมันกับแอลกอฮอล์โมเลกุลเล็กเป็นวัตถุดิบตั้งต้นและใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดกรด วัตถุดิบที่นิยมนำมาผลิตเป็นไบโอดีเซล ได้แก่ น้ำมันจากพืชชนิดต่าง ๆ ไบโอดีเซลที่ได้จากน้ำมันพืชจะมีความบริสุทธิ์สูง แต่มีข้อเสียเปรียบเมื่อนำมาทำเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง เนื่องจากน้ำมันพืชใช้เป็นวัตถุดิบประกอบสำหรับทำอาหารเพื่อรับประทานทำให้มีต้นทุนราคาที่สูง จึงนิยมนำน้ำมันพืชใช้แล้วมาเป็นวัตถุดิบตั้งต้นแทนแต่ไบโอดีเซลที่ผลิตได้มีความบริสุทธิ์ที่ต่ำกว่า ดิสทิลเลตกรดไขมันปาล์ม (Palm fatty acid distillate หรือ PFAD) คือ ผลผลิตพลอยได้ที่ได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มเพื่อกำจัดกลิ่น (deodorization) ในการผลิตน้ำมันปาล์ม องค์ประกอบโดยทั่วไปของ PFAD ได้แก่ กรดไขมันอิสระ (free fatty acid; FFA) 81.7% กลีเซอไรด์ผสม (mixed glycerides) 14.4% แอลฟาโทโคฟีโนล (α-tocopherols) 0.5% สควาลีน (squalene) 0.8% สเตอรอล (sterols) 0.4% และอื่นๆอีก 2.2% โดยน้ำหนัก [1] ซึ่ง PFAD เป็นวัตถุดิบที่มีราคาต่ำและมีศักยภาพในการนำมาผลิตเป็นไบโอดีเซลคุณภาพสูงได้ โดยเปลี่ยนกรดไขมันอิสระใน PFAD เป็นแอลคิลเอสเทอร์ (ไบโอดีเซล) ผ่านกระบวนการ เอสเทอร์ฟิเคชันโดยทำปฏิกิริยากับเมทานอลและใช้กรดเป็นตัวเร่งและได้นำเป็นผลิตภัณฑ์ข้างเคียง เอสเทอร์ฟิเคชัน (esterification) เป็นปฏิกิริยาเคมีที่สำคัญในการสังเคราะห์สารประกอบเอสเทอร์เพื่อใช้เป็นสารเคมี พอลิเมอร์ สารหล่อลื่น และเชื้อเพลิง โดยมีกรดคาร์บอกซิลิกและแอลกอฮอล์เป็นสารตั้งต้น ในอุตสาหกรรมกระบวนการเอสเทอร์ฟิเคชันจะเติมกรดเข้มข้น เช่น กรดซัลฟิวริก กรดพาราโทลูอินซัลโฟนิก (p-toluene sulfonic acid) ผสมลงในสารตั้งต้นเพื่อใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ (homogeneous acid catalysts) เพื่อเพิ่มอัตราเร็วการเกิดปฏิกิริยา เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาจะต้องมีขั้นตอนการสะเทินตัวเร่งปฏิกิริยากรดที่เหลือและการล้างด้วยน้ำหรือไฮดรอกไซด์เพื่อกำจัดตัวเร่งปฏิกิริยาออกซึ่งจะทำให้เกิดน้ำเสียที่มีปริมาณเกลือสูง การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ชนิดกรด (heterogeneous acid catalysts) สามารถลดของเสียจากกระบวนการเอสเทอร์ฟิเคชันในปัจจุบันได้เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดนี้เป็นของแข็งแยกออกจากผลิตภัณฑ์เอสเทอร์ได้ง่าย นอกจากนี้ไม่ทำให้เกิดการกัดกร่อนเครื่องปฏิกรณ์ด้วย โดยความสามารถในการเร่งเอสเทอร์ฟิเคชันของตัวเร่งปฏิกิริยาจะขึ้นกับโครงสร้างของสารตั้งต้น และสมบัติความเป็นกรด (acid properties) สมบัติความพรุน (textural properties) ของตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นสำคัญ

ถ่านกัมมันต์ เป็นถ่านที่มีสมบัติพิเศษที่ได้รับการเพิ่มคุณภาพ หรือประสิทธิภาพมากขึ้นโดยการใช้เทคโนโลยีทางวิทยาศาสตร์ โดยการนำเอาวัตถุดิบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบมาผ่านกระบวนการก่อกัมมันต์ (activation) ซึ่งทำให้วัตถุดิบนั้นมีโครงสร้างเป็นรูพรุน และมีพื้นที่ผิวภายในสูง วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์มีหลายชนิด ส่วนใหญ่มักเป็นพวก อินทรีย์สารซึ่งประกอบด้วยคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ มีปริมาณสารระเหยต่ำ คุณสมบัติ คงที่ ราคาถูก และหาได้ง่าย ได้แก่ พวกเซลลูโลสที่มาจากพืชและต้นไม้ เช่น ไม้ยางพารา ไม้ไผ่ เศษไม้เหลือทิ้ง และวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น แกลบ กะลามะพร้าว ชี้อ้อย ชิงข้าวโพด และเมล็ดลำไย เป็นต้น [2] นอกจากนี้ถ่านกัมมันต์สามารถดัดแปรด้วยกรด เช่น กรดไฮโดรคลอริก กรดฟอสฟอริก และกรดซัลฟิวริก โดยนำไปผ่านกระบวนการทางความร้อน ต่อจากนั้นล้างด้วยน้ำจนกระทั่ง pH คงที่หรือเป็นกลาง แล้วอบแห้ง ซึ่งในการดัดแปรด้วยกรดเหล่านี้ มีผลทำให้ไปเพิ่มความเข้มข้นของหมู่ฟังก์ชันออกซิเจนโดยการออกซิเดชัน และหลังจากออกซิเดชันจะทำให้พื้นที่ผิวจำเพาะและปริมาณรูพรุนรวมของคาร์บอนกัมมันต์ลดลง เนื่องจากรูพรุนจะถูกปิดกั้นด้วยการเกิดหมู่ฟังก์ชันเชิงซ้อนที่มีออกซิเจน ที่เกิดจากการดัดแปรด้วยกรด โดยหมู่ฟังก์ชันพื้นผิวที่เกิดขึ้น ได้แก่ อีเทอร์ อีพอกไซด์ ฟีนอลิก ไฮดรอกซิล คาร์บอกซิลิกและหมู่ซัลโฟนิก เป็นต้น [3] ลำไยจัดเป็นไม้ผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจอันดับหนึ่งของภาคเหนือ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ผลผลิตลำไยสามารถส่งออกจำหน่ายยังต่างประเทศทั้งในรูปของผลสด อบแห้ง และลำไยกระป๋อง ซึ่งทำรายได้แต่ละปีหลายพันล้านบาท และมีแนวโน้มว่าจะมีการส่งออกเพิ่มขึ้น ในกระบวนการแปรรูปผลิตถ่านจากลำไยเพื่อส่งออก ส่งผลให้เมล็ดลำไยเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานแปรรูปเป็นจำนวนมาก ทั้งนี้เมล็ดลำไยเป็นชีวมวลที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งสามารถนำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ที่มีสมบัติความพรุนสูงและสามารถดัดแปรพื้นผิวให้มีความเป็นกรดโดยผ่านกระบวนการซัลโฟเนชัน (sulfonation) จากการปรับคุณสมบัติของเมล็ดลำไยเหลือทิ้งดังกล่าว จึงมีความน่าสนใจที่จะเตรียมถ่านกัมมันต์จากเมล็ดลำไยให้มีความเป็นกรดและนำไปประยุกต์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ชนิดกรดสำหรับเร่งเอสเทอร์ฟิเคชันของดิสทิลเลตกรดไขมันปาล์มเพื่อผลิตเป็นไบโอดีเซลได้

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) ศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์เมล็ดลำไยที่มีหมู่ฟังก์ชันด้วยกรดซัลโฟนิก
- 2) ศึกษาความว่องไวในการเร่งเอสเทอร์ฟิเคชันของดิสทิลเลตกรดไขมันปาล์มและเมทานอลของถ่านกัมมันต์เมล็ดลำไยที่มีหมู่ฟังก์ชันด้วยกรดซัลโฟนิก
- 3) ศึกษาความสามารถในการนำกลับมาใช้ซ้ำในการเร่งเอสเทอร์ฟิเคชันของดิสทิลเลตกรดไขมันปาล์มและเมทานอลของถ่านกัมมันต์เมล็ดลำไยที่มีหมู่ฟังก์ชันด้วยกรดซัลโฟนิก

กระบวนการศึกษาวิจัย

- 1) เตรียมถ่านกัมมันต์เมล็ดลำไย
- 2) เตรียมถ่านกัมมันต์เมล็ดลำไยที่มีหมู่ฟังก์ชันด้วยกรดซัลโฟนิก
- 3) ศึกษาลักษณะสมบัติของถ่านกัมมันต์เมล็ดลำไยและถ่านกัมมันต์เมล็ดลำไยที่มีหมู่ฟังก์ชันด้วยกรดซัลโฟนิกที่เตรียมได้ ด้วยเทคนิควิเคราะห์ขั้นสูง
- 4) ศึกษาความว่องไวในการเร่งเอสเทอร์ฟิเคชันของดิสทิลเลตกรดไขมันปาล์มและเมทานอลของถ่านกัมมันต์เมล็ดลำไยที่มีหมู่ฟังก์ชันด้วยกรดซัลโฟนิก
- 5) ศึกษาความสามารถในการนำกลับมาใช้ซ้ำของถ่านกัมมันต์เมล็ดลำไยที่มีหมู่ฟังก์ชันด้วยกรดซัลโฟนิก
- 6) วิเคราะห์ข้อมูล สรุปผล และเตรียมรายงาน
- 7) เผยแพร่ผลงานและองค์ความรู้ที่ได้ไปยังกลุ่มเป้าหมายในรูปแบบต่างๆ

ผลผลิตของโครงการวิจัย

1. ตัวเร่งปฏิกิริยาจากถ่านกัมมันต์เมล็ดลำไยที่มีหมู่ฟังก์ชันด้วยกรดซัลโฟนิกที่มีความเป็นกรดสูง = 0.46 mmol/g
2. กรรมวิธีการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาจากถ่านกัมมันต์เมล็ดลำไยที่มีหมู่ฟังก์ชันด้วยกรดซัลโฟนิก
3. องค์ความรู้ในการเตรียมถ่านกัมมันต์เมล็ดลำไยให้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ชนิดกรด

ผลลัพธ์

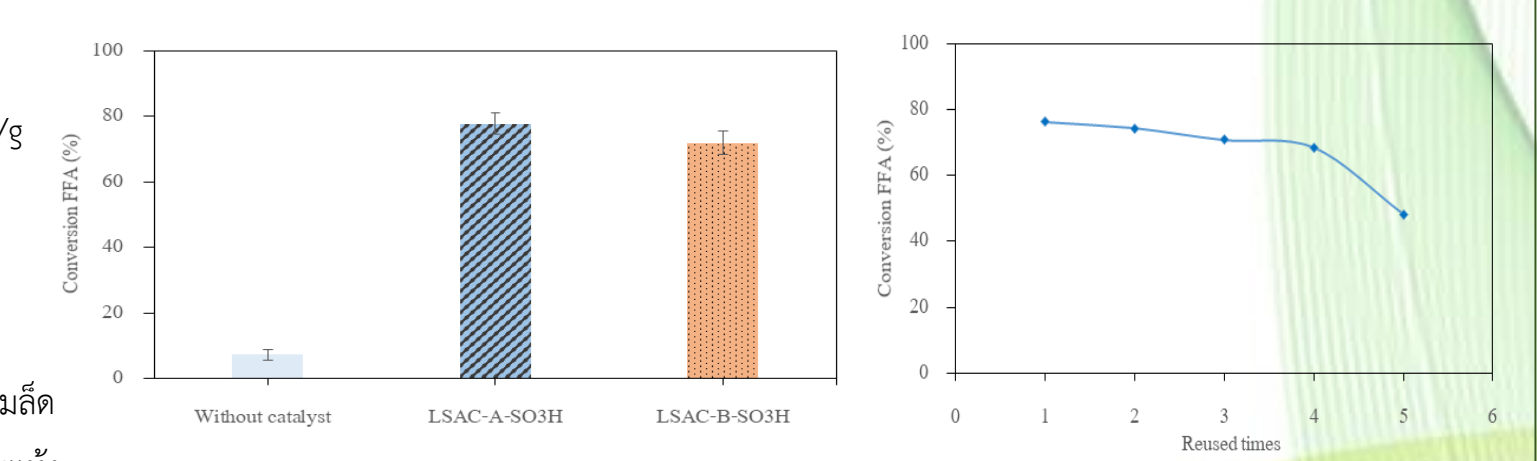
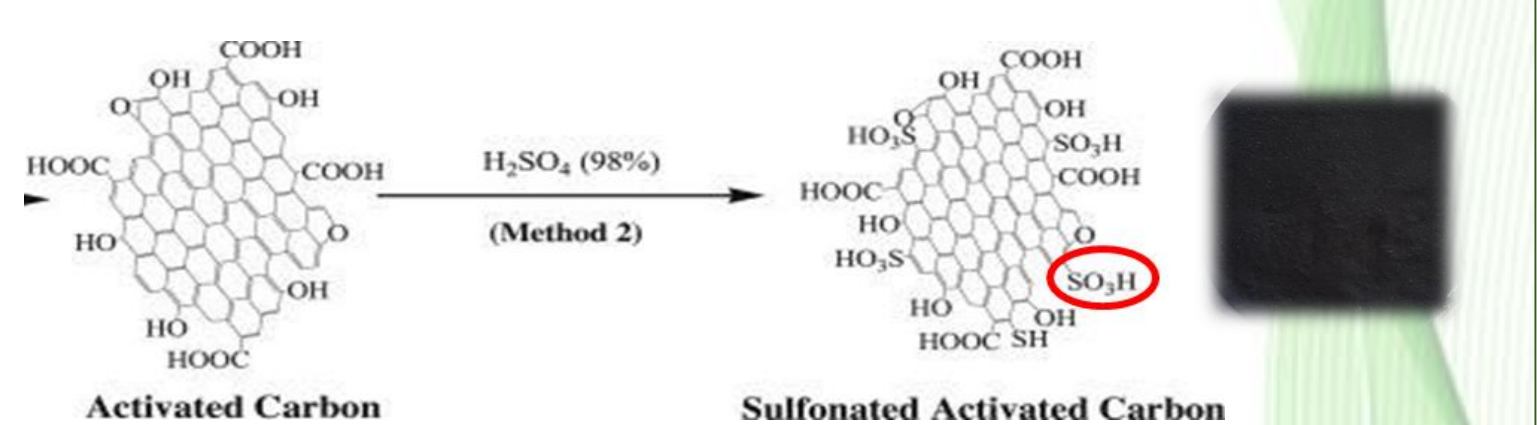
ถ่ายทอดองค์ความรู้และประโยชน์ในการนำเมล็ดลำไยเหลือทิ้งมาผ่านกระบวนการแปรรูปเพื่อผลิตเป็นถ่านกัมมันต์เมล็ดลำไยที่มีหมู่ฟังก์ชันด้วยกรดซัลโฟนิก สำหรับเพิ่มมูลค่าและประยุกต์ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ให้กับโรงงานผลิตลำไยอบแห้ง

ผลกระทบ

โรงงานผลิตลำไยอบแห้ง ได้นำวิธีการแปรรูปเมล็ดลำไยจากกระบวนการมาเพิ่มมูลค่าในการผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ และส่งต่อมาให้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของสาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรมฯ ในการผลิตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดกรดที่มีประสิทธิภาพสูงได้

ผลการศึกษาวิจัยและสรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์เมล็ดลำไยที่มีหมู่กรดซัลโฟนิกสำหรับเร่งเอสเทอร์ฟิเคชันของดิสทิลเลตกรดไขมันปาล์ม (PFAD) เพื่อผลิตเมทิลเอสเทอร์สำหรับใช้เป็นไบโอดีเซล เมล็ดลำไยจะถูกกระตุ้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ในสภาวะแตกต่างกัน ตามด้วยนำไปผ่านกระบวนการซัลโฟเนชันด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (H₂SO₄) ภายใต้สภาวะการรีฟลักซ์ เพื่อให้ได้หมู่กรดซัลโฟนิกบนโครงสร้างของถ่านกัมมันต์เมล็ดลำไย (LSAC-SO₃H) ถ่านกัมมันต์เมล็ดลำไยที่มีหมู่กรดซัลโฟนิก (LSAC-SO₃H) พบว่าแสดงโครงสร้างคาร์บอนแบบอสัณฐาน มีพื้นที่ผิวจำเพาะในช่วง 1100-2160 m²/g ปริมาตรรูพรุนเฉลี่ยในช่วง 0.5158-1.1030 cm³/g รัศมีรูพรุนเฉลี่ย 9.27-10.23 Å และแสดงค่าความเป็นกรด 0.31-0.46 mmol/g ศึกษาผลการเร่งเอสเทอร์ฟิเคชันดิสทิลเลตกรดไขมันปาล์มกับเมทานอลที่อุณหภูมิ 80 °C อัตราส่วน PFAD:MeOH เท่ากับ 1:4 ปริมาณตัวเร่ง -3 % โดยน้ำหนัก และที่เวลา 8 ชั่วโมง จากผลการศึกษาเอสเทอร์ฟิเคชัน พบว่า LSAC-A-SO₃H แสดงค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงกรดไขมันอิสระสูงกว่า LSAC-B-SO₃H นอกจากนี้ LSAC-A-SO₃H สามารถใช้ซ้ำในการเร่งเอสเทอร์ฟิเคชันได้ถึง 4 ครั้ง



กิตติกรรมประกาศ

- ขอขอบคุณเงินทุนอุดหนุนการวิจัย จากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติประจำปีงบประมาณ 2563
- สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีสิ่งทอ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สำหรับความอนุเคราะห์การใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ อุปกรณ์ และสถานที่ ตลอดระยะเวลาการทำงานวิจัยนี้



การเตรียมถ่านกัมมันต์เมล็ดลำไยที่มีหมู่ฟังก์ชันด้วยกรดซัลโฟนิกและการประยุกต์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในเอสเทอร์ฟิเคชันของดิสทิลเลตกรดไขมันปาล์ม
Preparation of longan seed activated carbon functionalized with sulfonic acid group and their application as catalyst in esterification of palm fatty acid distillate

ชื่อนักวิจัย ผศ.ดร. ศักดินันท์ นันตัง สังกัดคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
งบประมาณ 350,000 บาท ระยะเวลาดำเนินงาน 1 ปี

จุดเด่นโครงการ :

.....

.....

.....

.....

.....

มติการนำไปใช้ประโยชน์

เชิงวิชาการ

เชิงพาณิชย์

เชิงนโยบาย

เชิงสาธารณะ

เชิงชุมชนและพื้นที่

เนื้อหาในโปสเตอร์ ประกอบด้วย

1. ที่มาและความน่าสนใจของการวิจัย (ความสำคัญหรือสถานการณ์ปัญหาที่บอกความเป็นมา และสาเหตุที่นำไปสู่การศึกษาวิจัย)
 - อธิบายสั้น ๆ ด้วย Chart / ภาพ เข้าใจง่าย
2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย (ชี้แจงถึงจุดมุ่งหมายในการศึกษาวิจัย)
3. กระบวนการศึกษาวิจัย (ขั้นตอนและวิธีการในการดำเนินการวิจัย เข้าใจง่าย ชัดเจน อธิบายด้วย Flowchart / ตาราง / ภาพประกอบ)
 - เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล
4. ผลการศึกษาวิจัย (ผลการศึกษาวิจัยที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ สรุปผลที่ได้จากการวิจัยเป็นลำดับ)
 - อาจแสดงในรูปแบบ Flowchart / ตาราง / ภาพประกอบ / อื่น ๆ
5. วิจัยและสรุปผลการวิจัย
6. กิตติกรรมประกาศ
7. ผลผลิตของโครงการวิจัย
 - ผลิตภัณฑ์ สารสกัดสำคัญ DNA marker สายพันธุ์
 - ต้นแบบเทคโนโลยี นวัตกรรม / processing
 - ฐานข้อมูล ต้นแบบ
8. ผลลัพธ์ (ผลที่เกิดขึ้นจากการนำผลงานไปใช้ประโยชน์ของผู้ใช้)
9. ผลกระทบ (การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากผลลัพธ์)
 - ประโยชน์ของผลงานวิจัยต่อสังคม (ชุมชน/หน่วยงานภาครัฐ/เอกชน) เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม ในภูมิภาค ระดับประเทศ นานาชาติ
 - ผู้ใช้ประโยชน์ผลงานวิจัย

รูปแบบการจัดทำโปสเตอร์ ขนาด 80 x 120 ซม.

ตัวอักษร TH SarabunPSK

* สามารถจัดตกแต่งโปสเตอร์ให้สวยงามได้ตามความเหมาะสม *