

การศึกษาการผลิตกรดเลวูลินิกจากใบอ้อยโดยใช้กระบวนการไบโอรีไฟน์เนอรีแบบบูรณาการ โดยนำใบอ้อยมาแปรสภาพด้วยกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลในช่วงอุณหภูมิ 150 – 200 องศาเซลเซียส เวลา 15 – 45 นาที และใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 2 กลุ่ม ได้แก่ ตัวเร่งปฏิกิริยากรดเบรินสเต็ด ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$ ) และกรดลิวอิส ( $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{CrCl}_3$ ) ความเข้มข้น 0.1 – 0.7 โมลาร์ การออกแบบการทดลองของโครงการวิจัยนี้ทำโดยใช้วิธีพื้นผิวตอบสนอง (Response surface methodology: RSM) ที่ใช้การออกแบบแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน (Box-Behnken Design: BBD) เพื่อระบุสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกรดเลวูลินิกให้ได้ปริมาณผลผลิตสูงสุด ส่วนไฮโดรคาร์ที่เป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้จากการผลิตกรดเลวูลินิกจะถูกนำไปศึกษาคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงและพลังงานความร้อน (Fuel and energy) เพื่อนำข้อมูลด้านเชื้อเพลิงและพลังงานความร้อนของไฮโดรคาร์ไปใช้วางแผนและประเมินความคุ้มค่าในกรณีที่ไฮโดรคาร์ดังกล่าวถูกนำกลับมาใช้เป็นแหล่งพลังงานในการผลิตกรดเลวูลินิก ส่วนผลิตภัณฑ์ก๊าซได้ถูกนำไปศึกษาชนิดและปริมาณองค์ประกอบก๊าซแต่ละชนิด นอกจากนี้คณะผู้วิจัยได้ทำการผลิตกรดเลวูลินิกจากใบอ้อยในถังปฏิกิริยากึ่งต่อเนื่อง (Semicontinuous) ขนาดกำลังขับ 1 และ 10 ลิตรต่อชั่วโมง และถังปฏิกิริยาแบบกะขนาด 10 ลิตร ซึ่งทำโดยใช้สภาวะที่เหมาะสมตามผลการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการ และคณะผู้วิจัยยังได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการผลิตกรดเลวูลินิกจากวัสดุชีวมวลชนิดอื่นด้วย ได้แก่ ชานอ้อย กากน้ำตาล ชิงข้าวโพด ต้นข้าวโพด ใบข้าวโพด และสารมาตรฐาน (กลูโคส ฟรุกโตส และเซลลูโลส) นอกจากนี้คณะผู้วิจัยได้ประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และวัฏจักรชีวิต (LCA) ของกรดเลวูลินิกที่ผลิตได้จากกระบวนการผลิตในโครงการวิจัยนี้เทียบกับกรดเลวูลินิกที่มีจำหน่ายในท้องตลาด และเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการนำใบอ้อยไปผลิตกรดเลวูลินิกกับการนำใบอ้อยไปเผา ซึ่งผลการศึกษาที่ได้จะมีศักยภาพพร้อมที่จะนำไปขยายสู่การผลิตในระดับนำร่องและระดับอุตสาหกรรมต่อไป

จากการศึกษาวิจัยที่คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการไปแล้ว ผลการศึกษาพบว่า กรดเลวูลินิกสูงสุดที่สามารถผลิตได้จากใบอ้อยมีปริมาณผลผลิตเท่ากับ 20.95 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของใบอ้อยแห้ง ซึ่งได้จากการทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที และใช้กรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.4 โมลาร์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งปริมาณผลผลิตกรดเลวูลินิกดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงกับค่าปริมาณผลผลิตกรดเลวูลินิกสูงสุด (20.57 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของใบอ้อยแห้ง) ที่ได้จากการทำนายโดยใช้สมการพหุนามกำลังสอง ซึ่งผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) พบว่าสมการดังกล่าวมีค่า P-value (0.001) และ R-sq เท่ากับ 0.038 และ 90.78 ตามลำดับ และการวิเคราะห์ปริมาณโลหะอะลูมิเนียม (Al), โครเมียม (Cr), และเหล็ก (Fe) ในผลิตภัณฑ์ของเหลวพบว่า ผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ผลิตโดยใช้กรดลิวอิสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะมีโลหะทั้ง 3 ชนิดเป็นองค์ประกอบสูงกว่าผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ผลิตโดยใช้กรดเบรินสเต็ดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ส่วนการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงและพลังงานความร้อน (Fuel and energy) ของไฮโดรคาร์ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที และใช้กรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.4 โมลาร์พบว่า ไฮโดรคาร์ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาในสภาวะดังกล่าว มีปริมาณผลผลิตและค่าความร้อนเท่ากับ 37.67 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของใบอ้อยแห้ง และ 23.61 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนการผลิตกรดเลวูลินิกในถังปฏิกิริยากึ่งต่อเนื่องและถังปฏิกิริยาแบบกะพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกันกับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิตในระดับห้องปฏิบัติการ โดยก๊าซจะมีคาร์บอนไดออกไซด์เป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนี้การศึกษการผลิตกรดเลวูลินิกจากวัสดุชีวมวลชนิดอื่นและสารมาตรฐาน โดยการทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที และใช้กรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.4 โมลาร์ พบว่า กากน้ำตาลและกลูโคสสามารถผลิตกรดเลวูลินิกได้ปริมาณผลผลิตเท่ากับ 21.40 และ 42.98 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ซึ่งสูงกว่าสารตั้งต้นชนิดอื่น

การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นของการผลิตกรดเลวูลินิกจากใบอ้อย โดยการทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที และใช้กรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.4 โมลาร์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่าต้นทุนการดำเนินการ (Operational expenditure: OPEX) ของการผลิตกรดเลวูลินิกมีค่าเท่ากับ 334.20 บาทต่อกิโลกรัมกรดเลวูลินิก ซึ่งถ้ามีการลงทุนสร้างโรงงานผลิตกรดเลวูลินิกจากใบอ้อย จะสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลาเพียง 1 ปี ส่วนการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของกรดเลวูลินิกที่ผลิตจากใบอ้อย พบว่า กรดเลวูลินิกที่ผลิตจากใบอ้อยมีศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) เท่ากับ 6.91 กิโลกรัมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมกรดเลวูลินิก ( $\text{kg CO}_2\text{eq} / \text{kg levulinic acid}$ ) ซึ่งต่ำกว่าค่า GWP ของกรดเลวูลินิกที่มีจำหน่ายในท้องตลาด และต่ำกว่าค่า GWP ที่เกิดจากการนำใบอ้อยไปเผา