บทนำ

ในปัจจุบัน เป็นที่ตระหนักกันดีถึงภาวะขาดแคลนน้ำมันเนื่องจากปริมาณการใช้น้ำมันดิบสูงขึ้นในขณะที่ปริมาณน้ำมันดิบมีน้อยลง นอกจากนี้ ปัญหาการเมืองและสังคมในกลุ่มประเทศผู้ค้าน้ำมันส่งผลให้ราคาน้ำมันดิบในตลาดโลกพุ่งตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ก่อให้เกิดผลกระทบโดยตรงต่ออุตสาหกรรมกลุ่มพลังงาน นอกจากนี้ กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมียังได้รับผลกระทบทางอ้อมจากภาวะนี้ด้วย ทั้งนี้ เนื่องจากน้ำมันเป็นที่มาของวัตถุดิบในการสังเคราะห์พลาสติกที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในชีวิตประจำวัน ดังนั้น กลุ่มนักวิจัยและภาคอุตสาหกรรมจึงร่วมมือกันเพื่อแสวงหาสารทดแทนน้ำมันดิบเพื่อใช้ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ งานวิจัยเบื้องต้นรายงานว่า กรดแลกติกนอกจากจะถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหารและยาแล้ว ยังสามารถใช้เป็นสารตัวกลางในการสังเคราะห์สารเคมีและพอลิเมอร์ได้หลายชนิด เช่น พอลิเอสเทอร์ (polyester) อิพ็อกไซด์ (epoxides) พอลิแอคริลิคแอซิด (polyacrylic acid) และที่กำลังเป็นที่สนใจเป็นอย่างยิ่ง คือ พอลิแลกติกแอซิด (polylactic acid) โดยพอลิเมอร์ชนิดนี้ย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ (compostable) และยังเข้ากันได้ดีกับสิ่งมีชีวิต (biocompatible) ที่ผ่านมาได้มีการทดลองนำพอลิเมอร์ชนิดนี้ไปประยุกต์ใช้งานหลายประเภท เช่น การขึ้นรูปเป็นเส้นใยสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ การขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มและบรรจุภัณฑ์ การทำเป็นไหมละลาย และ tissue engineering scaffold เพื่อใช้ในทางการแพทย์ เป็นต้น จากที่กล่าวมาแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของกรดแลกติกซึ่งสามารถนำมาใช้ทดแทนน้ำมันดิบซึ่งในปัจจุบันเป็นวัตถุดิบในกระบวนการสังเคราะห์พลาสติกได้เป็นอย่างดี (Tay and Yang, 2002; Thongchul et al., 2010)

ปัจจุบันกรดแลกติกผลิตได้จากการหมักน้ำตาลกลูโคสด้วยแบคทีเรียแลกติก ข้อดีของการหมักโดยแบคทีเรียแลกติก คือ ได้ผลผลิตกรดแลกติกสูง แต่เนื่องจากแบคทีเรียแลกติกมักจัดอยู่ในกลุ่มจุลินทรีย์ที่เจริญแบบไม่ใช้อากาศ ทำให้อัตราการเจริญต่ำเมื่อเทียบกับจุลินทรีย์ที่เจริญแบบใช้อากาศ ดังนั้น หากต้องการเพิ่มจำนวนประชากรแบคทีเรียแลกติกให้มีปริมาณมากเพียงพอต่อการหมักเพื่อผลิตกรดแลกติก จำเป็นต้องเสริมแหล่งโปรตีน (กรดอะมิโน) ไวตามิน และธาตุอาหารจำเป็นหลายชนิดในอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตกรดแลกติก โดยปัจจุบันราคากรดแลกติกอยู่ที่ประมาณ 0.5 เหรียญสหรัฐต่อกิโลกรัม โดยราคาดังกล่าวเป็นราคาขายสำหรับเกรดที่นำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและยา ดังนั้น หากต้องการผลิตกรดแลกติกในปริมาณมากเพื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติกชีวภาพ ราคาต้นทุนของกรดแลกติกจึงควรต้องลดต่ำลงมาเพื่อท้ายสุดแล้วต้นทุนการผลิตพอลิแลกติกแอซิดต้องเทียบเคียงได้กับพลาสติกที่ใช้กันในปัจจุบัน

จากที่กล่าวมา เห็นได้ว่าหากเราสามารถคัดเลือกจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีต้นทุนต่ำและผลิตกรดแลกติกได้ในปริมาณมาก จะเป็นทางออกในการลดต้นทุนการผลิต

กรดแลกติกเพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพอลิแลกติกแอซิด ที่ผ่านมามีงานวิจัยว่าด้วยการปรับปรุงสายพันธุ์และการตัดต่อทางพันธุกรรมเพื่อผลิตกรดแลกติกได้จากอาหารเลี้ยงเชื้อต้นทุนต่ำที่ได้มาจากการแปรรูปเบื้องต้น (pretreatment) วัสดุทางการเกษตร อย่างไรก็ดีแบคทีเรียที่ผ่านการปรับปรุงสายพันธ์และการตัดต่อทางพันธุกรรมมักประสบปัญหาความเสถียรของสายพันธุ์เมื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรม โดยต้องเฝ้าระวังการกลายพันธุ์ย้อนกลับ (reverse mutation) จึงจำเป็นต้องเพิ่มขั้นตอนการตรวจสอบในกระบวนการผลิต ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น (Persson et al., 2001; Soccol et al., 2000) อีกทั้ง การใช้แบคทีเรียที่ผ่านการตัดต่อทางพันธุกรรมไม่ได้รับการยอมรับจากกลุ่มประเทศยุโรป และญี่ปุ่น ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการใช้แบคทีเรียดังกล่าวอาจถูกกีดกันทางการค้าได้

อย่างไรก็ดี นอกจากแบคทีเรียแลกติกและแบคทีเรียที่ผ่านการตัดต่อทางพันธุกรรมแล้ว ยังพบว่ารา *Rhizopus oryzae* สามารถผลิตแอล(+) ไอโซเมอร์บริสุทธิ์ของกรดแลกติกโดยการหมักอาหารเลี้ยงเชื้อที่มาจากแป้ง หรือน้ำตาลไซโลส (xylose) ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของเฮมิเซลลูโลสซึ่งพบได้ในปริมาณมากในวัสดุทางการเกษตรรองมาจากเซลลูโลส ทั้งนี้เนื่องจาก *R. oryzae* มีวิถีเมแทบอลิซึม (metabolic pathway) เพื่อนำแป้งและวัตถุดิบทางการเกษตรซึ่งราคาถูกกว่ากลูโคสมาเป็นวัตถุดิบในการหมักได้โดยตรง โดยไม่ต้องผ่านขั้นตอนการย่อยแป้งหรือวัตถุดิบทางการเกษตรโดยกรดหรือเอนไซม์ให้เป็นกลูโคสเพื่อนำไปใช้ในการหมัก นอกจากนั้น *R. oryzae* สามารถเจริญและสร้างกรดแลกติกได้ในแหล่งอาหารที่ปราศจากไวตามินหรือกรดอะมิโน ซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งในกระบวนการหมักโดยแบคทีเรีย จึงช่วยลดต้นทุนในการผลิตได้อีกทางหนึ่ง อีกหนึ่งประเด็นสำคัญคือ ยังสามารถลดขั้นตอนในการแยกบริสุทธิ์ไอโซเมอร์ของกรดแลกติกได้อีกด้วย เห็นได้ว่า การผลิตกรดแลกติกโดยการหมักด้วย *R. oryzae* มีข้อได้เปรียบเมื่อเทียบกับการหมักด้วยแบคทีเรียแลกติกหลายประการ หากในการหมักมีการควบคุมลักษณะทางสัณฐานของเส้นใยรา (morphology) ที่ดี (Bai et al., 2003; Hang et al., 1989; Hang, 1989; Ho, 1996; Kosakai et al., 1997; Longacre et al., 1997; Martak et al., 2003; Oh et al., 2003) จากรายงานวิจัยของ Thongchul and Yang (2003) พบว่าในถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบ rotating fibrous bed ด้วยระบบการหมักแบบ Repeated batch เป็นเวลานาน 11 วัน ให้ความเข้มข้นของกรดแลกติกสูงสุดถึง 137.3 กรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นความเข้มข้นสูงสุดเท่าที่เคยมีรายงานมาในการหมักโดยรา โดยให้ค่า yield ของกรดแลกติกสูง 0.83 กรัมแลกเตทต่อกรัมกลูโคส และ reactor productivity เท่ากับ 2.1 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง อีกทั้งยังไม่มีการสร้างผลิตผลพลอยได้ ซึ่งได้แก่ เอทานอล (ethanol) และ กรดฟูมาริก (fumaric acid) จากการหมักนี้ด้วย ซึ่งอัตราการผลิตนี้สามารถเทียบเท่าได้กับอัตราที่ได้จากกระบวนการหมักด้วยแบคทีเรียแลกติก