

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรประกอบด้วยสารกลุ่มพอลิแซ็กคาไรด์ซึ่งมีเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสเป็นหลักและเกาะรวมกันกับลิกนิน โดยมีสัดส่วนที่แตกต่างกันในพืชแต่ละชนิดขึ้นกับสายพันธุ์ อายุ ส่วนประกอบของพืช และสภาวะในการเพาะปลูก (Béguin และ Aubert, 1994) จากการศึกษาพบว่าการย่อยสลายเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสให้เป็นน้ำตาลโมลกุลเดี่ยวและน้ำตาลอนุกรมสายสั้นๆ ต้องใช้เอนไซม์สองกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มเอนไซม์เซลลูโลโลติก และกลุ่มเอนไซม์ไซลาโนโลติก สำหรับการย่อยเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสสามลำดับ โดยเอนไซม์นั้นอาจอยู่ในรูปของเอนไซม์อิสระ (free enzyme) หรืออยู่รวมกันเป็นกลุ่มที่เรียกว่าเอนไซม์เชิงซ้อน (multienzyme complex) ซึ่งทำงานร่วมกันในการย่อยสลายพอลิแซ็กคาไรด์เพื่อให้ได้ปริมาณน้ำตาลมากที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่ามีจุลินทรีย์บางสายพันธุ์สามารถผลิตเอนไซม์ที่มีคุณสมบัติในการยึดเกาะกับพอลิแซ็กคาไรด์ที่ไม่ละลายน้ำและย่อยสลายพอลิแซ็กคาไรด์ในผนังเซลล์พืชได้ดี โดยที่ผนังเซลล์พืชเหล่านั้นไม่ต้องผ่านกระบวนการ pretreat (Tomme และคณะ, 1995) ซึ่งเชื่อว่าบริเวณที่มีคุณสมบัติดังกล่าวนี้ อาจจะช่วยเพิ่มโอกาสของเอนไซม์เข้าใกล้ซึ่กับกับสเตรทได้มากขึ้น และอาจทำให้โครงสร้างของพอลิแซ็กคาไรด์เหล่านั้นหลวมและง่ายต่อการเข้าย่อยสลาย (Reese และคณะ, 1950) ทำหน้าที่ในการเพิ่มประสิทธิภาพของเอนไซม์ในการย่อยสลายพอลิแซ็กคาไรด์เหล่านั้น เมื่อย่อยสลายเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสอย่างสมบูรณ์จะได้ผลิตภัณฑ์หลักเป็นน้ำตาลกลูโคสและไซโลสตามลำดับ ซึ่งน้ำตาลทั้งสองชนิดนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในอุตสาหกรรมหลายชนิด เช่น ใช้ผลิตเป็นอาหาร กรดอินทรีย์ กรดอะมิโน น้ำตาลแอลกอฮอล์ โปรตีนเซลล์เดี่ยว สารให้กลิ่นรส และใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ (Doi และคณะ, 2003) เป็นต้น ปัจจุบันราคาน้ำมันดิบในตลาดโลกมีราคาสูงขึ้น และปริมาณที่เหลือมีแนวโน้มลดลง ดังนั้นการหาพลังงานทดแทนเพื่อลดและทดแทนการใช้ น้ำมันเบนซินจึงเป็นสิ่งสำคัญ เอทานอลเป็นพลังงานทดแทนทางเลือกหนึ่ง ซึ่งการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาเปลี่ยนรูปเป็นน้ำตาลเพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นสำหรับการผลิตเอทานอลนั้น นอกจากจะเป็นการเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือทิ้งแล้วยังสามารถลดต้นทุนการผลิต ลดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมและลดภาระการกำจัดทิ้งได้อีกด้วย

เอนไซม์เชิงซ้อนเป็นกลุ่มเอนไซม์ที่มีโครงสร้างซับซ้อน มีโครงสร้างที่แข็งแรง มีขนาดใหญ่ และมีประสิทธิภาพในการย่อยสลาย cellulosic materials เนื่องจากการทำงานร่วมกันระหว่างเอนไซม์แต่ละหน่วยย่อย ซึ่งเกิดจากการอยู่ร่วมกันของเอนไซม์หน่วยย่อย (subunit) หลายชนิด (multiproteins) ทั้งในกลุ่มเซลลูโลโลติกและไซลาโนโลติกเอนไซม์ โดยแต่ละหน่วยย่อยจับอยู่กับโปรตีนที่เรียกว่า scaffoldin (Bayer และคณะ, 1998; Shoham และคณะ, 1999; Schwarz, 2001; Doi และคณะ, 2003; Doi และ Kosugi, 2004) นอกจากนี้พบว่ามีหน่วยย่อยของกลุ่มเอนไซม์บางชนิดที่สามารถยึดเกาะกับไซเลนและ/หรือเซลลูโลสที่ไม่ละลายน้ำได้ จึงเพิ่มความใกล้ชิดระหว่างเอนไซม์กับสเตรท (Lynd และคณะ, 2002) เอนไซม์เชิงซ้อนถูกผลิตขึ้นโดยจุลินทรีย์เพียงบางชนิดที่เจริญภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน (anaerobic microorganisms) เนื่องจากกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะให้พลังงานไม่เพียงพอสำหรับการผลิต extracellular enzyme ซึ่งจะถูกล้างออกไปย่อยสลายสเตรทภายนอกเซลล์เหมือนกับในจุลินทรีย์ที่เจริญภายใต้สภาวะที่