เท่ากับ 4 วัน รวมกับเวลาที่ใช้เตรียมหัวเชื้อยีสต์อีก 1 วัน รวมเป็น 5 วัน อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่า ความเข้มข้นของเอทานอลของวิธีที่ 1 มีค่าประมาณ 42 g/L แต่ใช้เวลาหมักเท่ากับ 4 วัน ซึ่งน้อยกว่าวิธีที่ 2 อยู่ 1 วัน และวิธีที่ 1 เป็นวิธีการหมักที่สะดวกเพราะไม่ต้องเสียเวลาเตรียมหัวเชื้อยีสต์ ดังนั้นวิธีที่ 1 จึงเหมาะสมสำหรับการหมักเอทานอลจากเปลือกสับปะรดด้วยครูดเอนไซม์ผงเชื้อผสมที่อัตราส่วน 1:0.50 ใช้ระยะเวลาหมัก 4 วัน

เอทานอลที่ได้จากการหมักเส้นใยข้าวโพดที่ไม่ได้ปรับสภาพ ปรับสภาพด้วยไอน้ำ และด่างอ่อนด้วยเอนไซม์ทางการค้า Spezyme-CP, white rot หรือราขาวเน่า (*P. chrysosporium*, ATCC 24725) brown-rot หรือราน้ำตาลเน่า (*G. trabeum*, ATCC 11349) และ soft-rot หรือราเขียว (*T. reesei*, ATCC 13631) ของงานวิจัยที่ผ่านมาใช้เวลาหมักนาน 6 วัน [16] พบว่าการผลิตเอทานอลโดยปรับสภาพเส้นใยข้าวโพดด้วยด่างอ่อนให้ผลดีกว่าไม่ปรับสภาพ เอทานอลที่ได้จากการหมักแบบรวมปฏิกิริยาเส้นใยข้าวโพดที่ปรับสภาพด้วยด่างอ่อนด้วยเอนไซม์การค้า Spezyme-CP มีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.7 กรัมเอทานอลต่อ 100 กรัมเส้นใยข้าวโพด สำหรับเอทานอลที่ได้จากการใช้ *T. reesei*, ATCC 13631, *G. trabeum*, ATCC 11349 และ *P. chrysosporium*, ATCC 24725 ย่อยสลายและหมักเส้นใยข้าวโพดเท่ากับ 5.5, 2.9 และ 2.6 กรัมเอทานอลต่อ 100 กรัมเส้นใยข้าวโพด ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับเอทานอลที่ได้จากงานวิจัยนี้ พบว่า เอทานอลที่ได้จากครูดเอนไซม์ผงเชื้อผสมมีค่าเท่ากับ 50 กรัมเอทานอลต่อ 100 กรัมเปลือกสับปะรดโดยใช้เปลือกสับปะรดที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ และเวลาหมักนาน 4 วัน

งานวิจัยที่ผ่านมาเรื่องปัจจัยของความเข้มข้นเซลลูเลสต่อการผลิตเอทานอลด้วยยีสต์ *Kluyveromyces marxianus* ในการหมักแบบรวมปฏิกิริยาจากคริสตัลไลน์เซลลูโลส Sigmacell 50 (SIGMA) ด้วยเอนไซม์ทางการค้า Cellulast 1.5 L, FG (Novozymes A/S) ซึ่งผลิตมาจาก *T. reesei* [17] พบว่า เอทานอลสูงสุดเท่ากับ 43.5 g/L เมื่อใช้เอนไซม์ 15 FPU/g substrate ที่ความเข้มข้นของสับสเตรทเท่ากับ 15%w/v และที่สับสเตรท 10%w/v เอทานอลมีค่าลดลงตามความเข้มข้นของเอนไซม์ที่ใช้ ที่ระยะเวลาหมัก 3 วัน ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับเอทานอลที่ได้จากเปลือกสับปะรดด้วยครูดเอนไซม์ชนิดผงแห้งจากเชื้อผสมของงานวิจัยนี้

4. สรุป

เอนไซม์ผงเชื้อผสมระหว่างไตรโคเดอร์มา รีสิอี RT-P1 และแซคคาโรมายซิส ซิรีวิสิอี RT-P2 เหมาะสำหรับนำมาใช้หมักเอทานอลจากเปลือกสับปะรดได้ในขั้นตอนเดียว สภาวะของการหมัก คือเปลือกสับปะรด 8 กรัมต่อเอนไซม์ชนิดผงแห้งจากเชื้อผสม 6 กรัมในอาหารเหลวพีเอช 5 ปริมาตร 100 มิลลิลิตรที่มีน้ำตาลเริ่มต้น 3 กรัม ใช้เวลาหมักนาน 4 วัน เอทานอลที่ได้ประมาณ 42 กรัมต่อลิตร

ข้อดีของการใช้เอนไซม์ผงเชื้อผสมสำหรับการหมักเอทานอลจากเปลือกสับปะรดคือ

1. ใช้สะดวก วิธีเตรียมง่าย เพียงผสมลงเอนไซม์ชนิดนี้ลงในอาหารเหลวปริมาณตามต้องการก่อนนำไปใช้

2. ไม่ต้องปรับสภาพเปลือกสับปะรดก่อนการย่อยด้วยเอนไซม์ชนิดนี้ จึงไม่ต้องใช้สารเคมี น้ำล้าง พลังงาน และไม่มีน้ำเสียทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในการหมักลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

3. การใช้ครูดเอนไซม์ชนิดนี้หมักเอทานอลจากเปลือกสับปะรดในขั้นตอนเดียว ใช้เวลาหมัก 4 วัน เวลาที่ใช้หมักน้อยกว่าการหมักแบบรวมปฏิกิริยาซึ่งต้องใช้เวลาหมัก 4 วัน รวมเวลาหมักหัวเชื้อยีสต์ 1 วัน เวลาที่ใช้ทั้งหมดเป็น 5 วัน นั่นคือการใช้เอนไซม์ชนิดนี้ทำให้ลดเวลาลงได้ 1 วัน

สัญลักษณ์และคำย่อ	ความหมาย
PAW	เปลือกสับปะรด
T	เชื้อเดี่ยวไตรโคเดอร์มา รีสิอี RT-P1
TY	เชื้อผสมระหว่างไตรโคเดอร์มา รีสิอี RT-P1 กับแซคคาโรมายซิส ซิรีวิสิอี RT-P2
CE	ครูดเอนไซม์ (crude enzyme)
CE-T	ครูดเอนไซม์ผงเชื้อเดี่ยว
CTY	ครูดเอนไซม์ผงเชื้อผสม
Trichoderma reesei RT-P1	เชื้อราไตรโครเดอร์มา รีสิอี RT-P1
Saccharomyces cerevisiae RT-P2	เชื้อยีสต์แซคคาโรมายซิส ซิรีวิสิอี RT-P2
G	น้ำตาลมะพร้าว
^{o}C	องศาเซลเซียส
%w	ร้อยละโดยน้ำหนัก
%v	ร้อยละโดยปริมาตร
%w/v	ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร
mL	มิลลิลิตร
L	ลิตร
g/L	กรัมต่อลิตร
g	กรัม
FPU	Filter paper unit
การหมักแบบรวมปฏิกิริยา	Simultaneous saccharification and fermentation

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่ได้สนับสนุนทุนวิจัย งบประมาณประจำปี พ.ศ. 2552 สำหรับงานวิจัยนี้ได้ประสบผลสำเร็จลุล่วงด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. กระทรวงพลังงาน. พลังงานทดแทน Update. แก๊สโซฮอล์. http://www.dede.go.th/dede/index.php?id=807.

[2] Bothast ,R.J., Schlicher, M,A., 2005. Biotechnological processes for conversion of corn into ethanol. **Appl. Microbiol. Biotechnol**. 67, 19-25.