การคัดเลือกยีสต์ที่ผลิตเอนไซม์อินเวอร์เตสในบ่อดักไขมันของโรงอาหาร

(Selection of Yeast Strains Producing Invertase in Grease Trap of Canteen)

พนิตสุชา จำเมือง[*] ลาวัลย์ ฟุ้งขจร[*]
วนิดา ชื่นชัน[**]

*สาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
**สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
1061 ถนนอิสรภาพ แขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี กรุงเทพฯ 10600

บทคัดย่อ

งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกยีสต์ที่สามารถผลิตเอนไซม์อินเวอร์เตสที่หลั่งออกมาภายนอกเซลล์ ในบ่อดักไขมันของโรงอาหาร อาคาร 1 ชั้น 2 มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา โดยทำการคัดเลือกคอโลนียีสต์ ที่เจริญบนอาหารแข็ง YM-agar (พีเอช 5.5) ได้เชื้อ 25 ไอโซเลต แล้วทำการทดสอบประสิทธิภาพการสร้างเอนไซม์อินเวอร์เตสขั้นต้น บนอาหารแข็ง YM-agar ที่เติม phenol red ปรับพีเอช เป็น 6.5 สังเกตการเปลี่ยนสีของฟีนอลเรด (phenol red) สามารถคัดเลือกยีสต์ที่มีการเปลี่ยนสีมากที่สุดได้ 5 ไอโซเลต ได้แก่ A5, A9, B7, B8 และ C3 นำยีสต์ทั้ง 5 ไอโซเลต ไปตรวจสอบสัณฐานวิทยา แล้วนำไปศึกษาการเจริญเป็นเวลา 32 ชั่วโมง พบว่า ยีสต์ที่เจริญดีที่สุด คือ A5 รองลงมาคือ C3, A9, B7 และ B8 ตามลำดับ ($p < 0.05$) จากนั้นศึกษาการนำน้ำตาลซูโครสไปใช้โดยยีสต์ทั้ง 5 ไอโซเลต พบว่า ยีสต์ที่มีเอนไซม์อินเวอร์เตสปริมาณมากที่สุด คือ B7 รองลงมา คือ B8, C3, A9 และ A5 ตามลำดับ ($p < 0.05$) และจากการนำไปคำนวณหาความเข้มข้นของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เหลืออยู่ ได้ค่าความเข้มข้น 197.28, 171.00, 142.56, 93.78 และ 63.54 mg/dl ตามลำดับ ซึ่งยีสต์ย่อยสลายซูโครสและปลดปล่อยน้ำตาลรีดิวส์สูงสุด คือ B7 รองลงมา คือ B8, C3, A5 และ A9 ที่เวลา 20 ชั่วโมง ตามลำดับ

คำสำคัญ : การคัดเลือกยีสต์/ ยีสต์/ อินเวอร์เตส/ บ่อดักไขมัน

Abstract

The objectives of this research were to select yeast strains that can produce extracellular invertase in grease trap of canteen at the 1st building of the 2nd floor, Bansomdejchaopraya Rajabhat University. Twenty-five isolates on YM-agar (pH 5.5) were selected. To test capabilities of yeast strains producing enzyme invertase, YM-agar added phenol red and adjusted pH to 6.5 were used as screening medium. High discolorations of phenol red by five isolates (A5, A9, B7, B8 and C3) were considered. These five yeast isolates were observed the morphologies and growths for 32 hours. Yeast with the highest growth was A5 followed by C3, A9, B7 and B8, respectively ($p < 0.05$). Then amylase amount of reducing sugar released by five isolates were detected. The results showed that yeast with the highest amount of enzyme invertase was B7 followed by B8, C3, A9 and A5 ($p < 0.05$) and remained reducing sugar were 197.28, 171.00, 142.56, 93.78 and 63.54 mg/dl, respectively. In conclusion, the yeast strain with highest catalysis of sucrose and released reducing sugar was B7 at 20 hr and the lower ones were B8, C3, A5 and A9.

Keywords: Selection of yeast strains/ Yeast/ Invertase/ Grease trap

บทนำ

ปัญหามลพิษทางน้ำ และน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมมนุษย์ ส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากการปนเปื้อนของสารเจือปนทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ โดยสารอินทรีย์ที่เจือปนได้แก่ น้ำตาล แป้ง ไขมัน ส่งผลให้แหล่งน้ำเกิดความสกปรก ทำให้ไม่สามารถนำน้ำมาใช้เพื่อการบริโภคหรืออุปโภคได้ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2548) ความสกปรกของแหล่งน้ำถ้าอยู่ในสภาวะสมดุลจะมีจุลินทรีย์ทั้งที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน ที่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เจือปนได้ นับเป็นการบำบัดโดยวิธีทางธรรมชาติ (สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์, 2552) น้ำทิ้งจากโรงอาหารจะมีเศษอาหารหรือสารอินทรีย์ต่าง ๆ เจือปนมาก ซึ่งเป็นแหล่งสำคัญที่ทำให้น้ำเน่าเสีย ก่อนทิ้งจึงต้องแยกสารอินทรีย์เหล่านี้ทิ้งออกก่อน แล้วจึงปล่อยให้ไหลลงสู่บ่อดักไขมัน โดยน้ำทิ้งจากบ่อดักไขมันนี้ อาจพบยีสต์ที่สามารถผลิตเอนไซม์ย่อยสลายน้ำตาลซูโครส ที่เรียกว่า “อินเวอร์เตส” (invertase) ได้ ซึ่งเอนไซม์ชนิดนี้ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมขนมหวาน เช่น ลูกกวาด ไอศกรีม เป็นต้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำน้ำทิ้งบริเวณบ่อดักไขมัน มาทำการคัดเลือกสายพันธุ์ยีสต์ที่สามารถผลิตเอนไซม์อินเวอร์เตสได้ เพื่อเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม หรืออาจนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพได้ด้วย

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อคัดเลือกยีสต์ที่สามารถผลิตเอนไซม์อินเวอร์เตส และตรวจวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของสายพันธุ์ยีสต์ที่คัดแยกได้

2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการผลิตเอนไซม์อินเวอร์เตสของสายพันธุ์ยีสต์ที่คัดแยกได้

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. เก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อดักไขมัน

เก็บตัวอย่างโดยการแยกน้ำและกากอาหารออกจากกัน จากนั้นชั่งกากอาหาร 1 กรัม ลงในอาหาร YM broth และเติมส่วนที่เป็นน้ำลงไปอีก 1 มิลลิลิตร นำไปบ่มในเครื่องเขย่าอาหารเลี้ยงเชื้อเป็นเวลา 72 ชั่วโมง โดยบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความเร็ว 160 รอบต่อนาที

2. คัดเลือกยีสต์จากบ่อดักไขมัน

นำตัวอย่างที่ได้มา spread plate ลงในอาหารแข็ง YM agar บ่มเป็นเวลา 72 ชั่วโมง เลือกคอโลนีที่มีลักษณะคล้ายยีสต์ ไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์

3. ทดสอบประสิทธิภาพของยีสต์ในการผลิตเอนไซม์อินเวอร์เตส

วัดความสามารถการย่อยน้ำตาลซูโครส โดยการ spot ยีสต์บริสุทธิ์ที่คัดเลือกได้แต่ละไอโซเลต ลงบนอาหารแข็ง YM agar ที่เติม phenol red เป็นอินดิเคเตอร์ บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นคัดเลือกไอโซเลตที่ดีที่สุด โดยสังเกตการเปลี่ยนสี

4. ตรวจสอบสัณฐานวิทยาของยีสต์ที่คัดเลือกได้

นำยีสต์บริสุทธิ์ที่คัดเลือกได้ไปศึกษาสัณฐานวิทยา ภายใต้กล้องจุลทรรศน์และกล้องสเตอริโอ

5. วัดการเจริญเติบโตของยีสต์ที่คัดเลือกได้

นำยีสต์ที่คัดเลือกไปเลี้ยงในอาหาร YM broth ที่มี 10% sucrose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ความเร็ว 160 รอบต่อนาที จนกว่ายีสต์จะเข้าสู่ระยะ log phase หรือวัดค่าดูดกลืนแสงที่ OD_{600} ได้เท่ากับ 0.5 จากนั้นนำ starter culture ที่เตรียมได้ไปเพาะเลี้ยงและวัดการเจริญเติบโตโดยวัดค่าดูดกลืนแสงที่ OD_{600} ทุก 4 ชั่วโมง จนเข้าสู่ระยะ decline phase

6. ตรวจสอบปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

การตรวจสอบปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เริ่มจากการเพาะเลี้ยงยีสต์ที่คัดแยกได้จากน้ำทิ้งโรงอาหาร ในมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา และตรวจวัดปริมาณน้ำตาลในเวลาต่างๆ ด้วยเทคนิคสเปโทรโฟโทเมทรี (spectrophotometry) (นิภา มิลินทวิสมัย, 2547)

6.1 เลี้ยงยีสต์ในอาหาร YM broth ที่มี 10% sucrose และเก็บตัวอย่างที่เวลา 0, 4, 8, 12, 16, 20, 24 และ 30 ชั่วโมง จากนั้นปิเปตตัวอย่างที่ได้ 2.5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง

ทำการเติม 10 mM acetate buffer พีเอช (pH) 4.6-5.0 จำนวน 2 มิลลิลิตร และเติม DNS solution จำนวน 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำไปต้มในอ่างน้ำร้อน 10 นาที ปล่อยให้เย็น

6.2 วัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เกิดขึ้น โดยวัดค่าดูดกลืนแสงที่ OD_{540} จากนั้นนำไปคำนวณหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เกิดขึ้นแล้วเปรียบเทียบกับกราฟสารละลายมาตรฐาน glucose (0.1-0.4 mM)

6.3 คำนวณหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เกิดขึ้น

สมการเส้นตรงของกราฟสารละลายมาตรฐาน glucose คือ $y = 0.6196x + 0.079$ ดังนั้น ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เกิดขึ้น (mM)

$$= \frac{\text{ค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้} - 0.079}{0.6196}$$

7. การตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์ extracellular saccharase

7.1 เลี้ยงยีสต์ในอาหาร YM broth ที่มี 10% sucrose และเก็บตัวอย่างที่เวลา 10, 20 และ 30 ชั่วโมง อย่างละ 1 มิลลิลิตร แล้วนำไปหมุนเหวี่ยงที่ 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ปิเปตเอาส่วนใสมา 0.5 มิลลิลิตร เติมสารละลายน้ำตาลซูโครส 5 mM ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร จากนั้นเติมเติม 10 mM acetate buffer พีเอช 4.6 –5.0 จำนวน 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และต้มในอ่างน้ำร้อนเป็นเวลา 10 นาที

7.2 เติม DNS solution ลงไป 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน และนำไปต้มในอ่างน้ำร้อนต่ออีก 10 นาที ปล่อยให้เย็น นำไปวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เกิดขึ้น โดยวัดค่าดูดกลืนแสงที่ OD_{540}

วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

การวางแผนการทดลองใช้แผนการทดลองแบบสุ่มบริบูรณ์ (completely randomized design, CRD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้การทดสอบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการคัดเลือกยีสต์จากบ่อดักไขมัน

เก็บตัวอย่างจากบ่อดักไขมันไปเพาะเลี้ยงในอาหาร YM broth แล้วนำเชื้อที่ได้มา spread ลงในอาหาร YM agar สามารถคัดเลือกยีสต์ได้ทั้งหมด 25 ไอโซเลต คือ A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B9, B10, C1, C2, C3, C4 และ C5

2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพของยีสต์ในการผลิตเอนไซม์อินเวอร์เตส

เมื่อนำยีสต์ที่คัดเลือกได้ทั้ง 25 ไอโซเลต ที่คัดเลือกได้ spot บนอาหาร YM agar ที่เติม phenol red พบว่า 20 ไอโซเลท มีความสามารถในการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ ซึ่งเกิดจากยีสต์นำน้ำตาลซูโครสไปใช้เป็นแหล่งอาหาร (carbon source) จึงเกิดการ

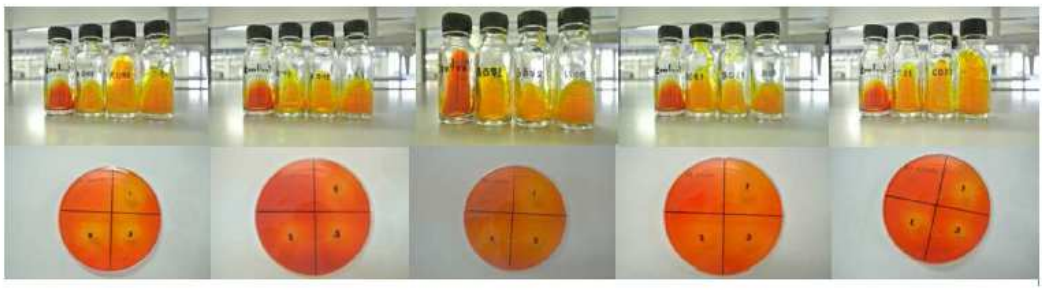
fermentation น้ำตาลซูโครส (Berry *et al.*,1987) ให้ผลดังตารางที่ 1 หลังจากนั้นคัดเลือกไอโซเลท ที่ให้ผลการเปลี่ยนสีอินดิเคเตอร์ได้ดีที่สุดจำนวน 5 ไอโซเลท ได้แก่ A5, A9, B7, B8 และ C3 แสดงดังภาพที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงการเปลี่ยนสี phenol red ของยีสต์ 25 ไอโซเลท ที่คัดเลือกได้จากบ่อดักไขมัน

ไอโซเลต	การเปลี่ยนสีอินดิเคเตอร์	ไอโซเลต	การเปลี่ยนสีอินดิเคเตอร์
A1	+++	B4	-
A2	+	B5	-
A3	-	B6	++
A4	++	B7	++++
A5	+++	B8	++++
A6	+	B9	++
A7	+	B10	-
A8	+	C1	++
A9	+++	C2	+
A10	+	C3	+++
B1	-	C4	++
B2	+	C5	++
B3	+		

การอ่านค่าผลการทดสอบการเปลี่ยนสี

- = ไม่เกิดการเปลี่ยนสี
+ = phenol red เปลี่ยนเป็นสีส้มอมเหลือง และมีวงแคบ
++ = phenol red เปลี่ยนเป็นสีเหลือง และมีวงแคบ
+++ = phenol red เปลี่ยนเป็นสีเหลือง และมีวงกว้างปานกลาง
++++ = phenol red เปลี่ยนเป็นสีเหลือง และมีวงกว้างมาก



A5 A9 B7 B8 C3

ภาพที่ 1 แสดงการเปลี่ยนสี phenol red ของยีสต์ 25 ไอโซเลท ที่คัดเลือกได้จากบ่อดักไขมัน

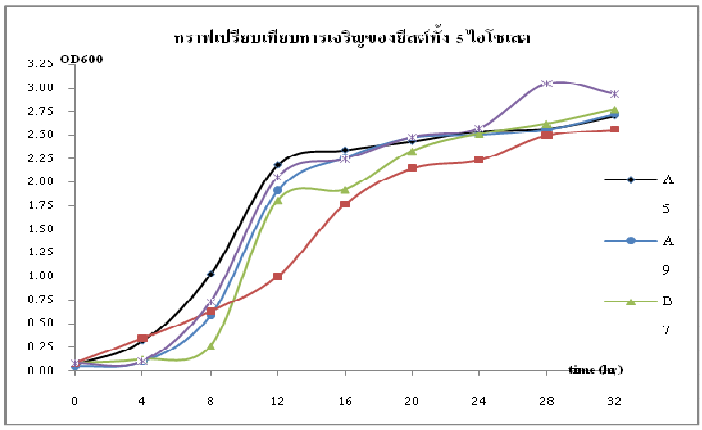
3. ผลการตรวจสอบสัณฐานวิทยาของยีสต์ที่คัดเลือกได้

ทำการตรวจสอบสัณฐานวิทยาของยีสต์ที่คัดเลือกได้ทั้ง 5 ไอโซเลต โดย streak แต่ละไอโซเลต ลงในอาหาร YM agar พีเอช เท่ากับ 5.5 บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน จากนั้นนำเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญแล้วมาถ่ายภาพคอโลนี ผ่านกล้องสเตอริโอ และถ่ายภาพสัณฐานวิทยา ผ่านกล้องจุลทรรศน์ แสดงดังภาพที่ 2

ภาพที่ 2 แสดงคอโลนีของยีสต์ 5 ไอโซเลท ผ่านกล้องสเตอริโอ

4. ผลการวัดการเจริญเติบโตของยีสต์ที่คัดเลือกได้ เป็นเวลา 32 ชั่วโมง

นำยีสต์ที่คัดเลือกได้ ทั้ง 5 ไอโซเลต ได้แก่ A5, A9, B7, B8 และ C3 มาศึกษาการเจริญในอาหารเหลว YM broth ที่มี 10% sucrose ปริมาตร 100 มิลลิลิตร บ่มในเครื่องเขย่าอาหารเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ความเร็ว 160 รอบต่อนาที แล้วนำมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ OD_{600} ทุก 4 ชั่วโมง เป็นเวลา 32 ชั่วโมง จากนั้นนำค่าการเจริญเติบโตของยีสต์แต่ละไอโซเลตในช่วงระยะ log phase ก่อนเข้าระยะ stationary phase (ที่เวลา 12 ชั่วโมง) มาทำการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า ยีสต์ที่มีการเจริญเติบโตดีที่สุด คือ A5 รองลงมาคือ C3, A9, B7 และ B8 ดังภาพที่ 3 ได้ค่าเฉลี่ยดังนี้ 2.17, 2.05, 1.91, 1.81 และ 1.00 ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)



ภาพที่ 3 ภาพกราฟเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของยีสต์ทั้ง 5 ไอโซเลต ที่เลี้ยงในอาหารเหลว YM broth ที่มี 10% sucrose บ่มที่ 37 ºC เขย่าที่ความเร็ว 160 รอบต่อนาที

5. ผลการตรวจสอบปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เกิดขึ้น

เมื่อการศึกษาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เกิดขึ้นของเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 5 ไอโซเลต พบว่า ยีสต์ทั้ง 5 ไอโซเลต มีการนำน้ำตาลซูโครสไปใช้ จึงน่าจะมีเอนไซม์อินเวอร์เตส ที่สามารถไฮโดรไลซ์น้ำตาลซูโครส ให้เป็นน้ำตาลกลูโคส และฟรุคโตสได้ โดยนำค่าดูดกลืนแสงของน้ำตาลรีดิวซ์ที่เกิดขึ้นของยีสต์แต่ละไอโซเลต ในช่วงเวลาที่มีค่ามากที่สุด มาทำการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า ยีสต์ที่มีเอนไซม์อินเวอร์เตสปริมาณมากที่สุด คือ B7 รองลงมาคือ B8, C3, A9 และ A5 ตามลำดับ สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ค่าเฉลี่ยดังนี้ 6.87 ± 0.04^{a}, 5.97 ± 0.04^{b}, 4.99 ± 0.03^{c}, 3.30 ± 0.00^{d} และ 2.26 ± 0.11^{e} ตามลำดับ

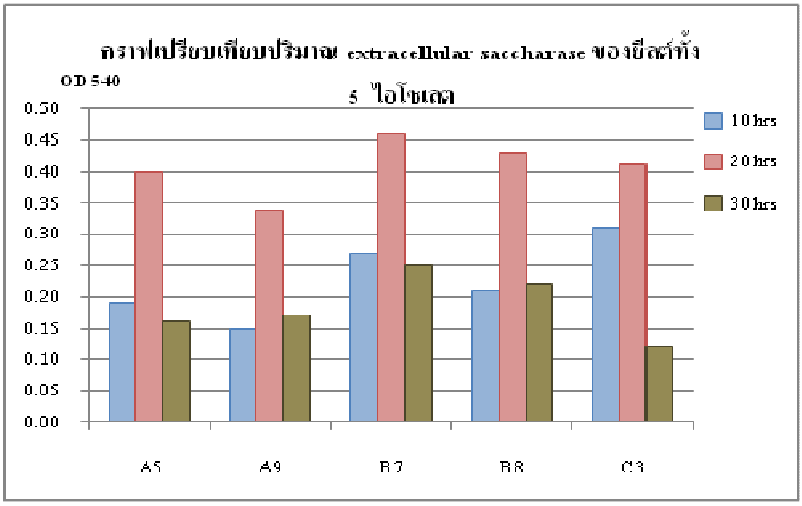
ตารางที่ 2 ผลการคำนวณความเข้มข้นของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เกิดขึ้นแต่ละไอโซเลต

ไอโซเลต	ความเข้มข้นของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เกิดขึ้นแต่ละไอโซเลต	
	mmol/l	mg/dl
B7	10.96	197.28
B8	9.50	171.00
C3	7.92	142.56
A9	5.21	93.78
A5	3.53	63.54

จากตารางที่ 3 พบว่าความเข้มข้นของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เกิดขึ้น มีค่าเท่ากับ 197.28, 171.00, 142.56, 93.78 และ 63.54 mg/dl ตามลำดับ

6. ผลการตรวจสอบความสามารถในการย่อยสลายน้ำตาลซูโครสของเอนไซม์ extracellular saccharase ในเวลาต่างๆ กัน

เมื่อการศึกษาความสามารถของเอนไซม์ extracellular saccharase ที่เกิดขึ้นของเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 5 ไอโซเลต ที่เวลา 10, 20 และ 30 ชั่วโมง พบว่า extracellular saccharase ของยีสต์ทั้ง 5 สายพันธุ์ มีความสามารถแตกต่างกัน โดยสังเกตได้จากค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นและลดลงของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เกิดขึ้น โดยยีสต์ที่มีความสามารถย่อยสลายน้ำตาลซูโครสได้สูงที่สุด คือ B7 รองลงมา คือ B8, C3, A5 และ A9 ตามลำดับ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ภาพกราฟเปรียบเทียบปริมาณ extracellular saccharase ของยีสต์ทั้ง 5 ไอโซเลต

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้สามารถคัดเลือกสายพันธุ์ยีสต์ที่สามารถผลิตเอนไซม์อินเวอร์เตสได้ทั้งหมด 5 ไอโซเลต ได้แก่ A5, A9, B7, B8 และ C3 และเมื่อศึกษาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เกิดขึ้น พบว่า ยีสต์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการไฮโดรไลซ์น้ำตาลซูโครส ให้เป็นน้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุคโตสได้มากที่สุด คือ B7 รองลงมาคือ B8, C3, A9 และ A5 ตามลำดับ สามารถคำนวณหาความเข้มข้นของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เกิดขึ้นได้ค่าความเข้มข้น ดังนี้ 197.28, 171.00, 142.56, 93.78 และ 63.54 mg/dl ตามลำดับ โดยแต่ละไอโซเลตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ได้ค่าเฉลี่ยค่าดูดกลืนแสง ดังนี้ 6.87 ± 0.04^{a}, 5.97 ± 0.04^{b}, 4.99 ± 0.03^{c}, 3.30 ± 0.00^{d} และ 2.26 ± 0.11^{e} ตามลำดับ

จากการศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ extracellular saccharase ที่เกิดขึ้น ที่เวลา 10, 20 และ 30 ชั่วโมง พบว่า ยีสต์ทั้ง 5 ไอโซเลต มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์ extracellular saccharase โดยยีสต์ที่มีกิจกรรมของเอนไซม์ extracellular saccharase สูงที่สุด คือ B7 รองลงมาคือ B8, C3, A5 และ A9

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ที่สนับสนุนทุนวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555

เอกสารอ้างอิง

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2548). **ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ:

สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม.

นิภา มิลินทวิสมัย. (2547). การแยกเชื้อจุลินทรีย์ที่มีกิจกรรมของเอนไซม์อินเวอร์เตสสูง. **วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น**, 13(1): 5-14.

สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์. (2552). **ระบบบำบัดน้ำเสีย: การเลือกใช้ การออกแบบ การควบคุม และการแก้ปัญหา**. กรุงเทพฯ: ท็อป.

Berry, D.R., Stewart, G.G. and Russell, I. (1987). **Yeast biotechnology**. London: Allen & Unwin.