

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 อาหารที่เหมาะสมต่อการสร้างสปอร์ของ R. oligosporus เพื่อใช้เป็นเชื้อเริ่มต้น ได้แก่

5.1.1 ปลายข้าวเจ้าผสมรำหยาบ ในอัตราส่วน 9:1 เมื่อใช้ความชื้นของอาหาร 34.7%

5.1.2 ปลายข้าวเจ้าผสมรำละเอียดในอัตราส่วน 9:1 เมื่อใช้ความชื้นของอาหาร 33.1%

5.1.3 ปลายข้าวเจ้าผสมกากถั่วเหลืองในอัตราส่วน 9:1 เมื่อใช้ความชื้นของอาหาร 34.7%

อาหารแห้งทั้ง 3 ชนิด ให้สปอร์สูงสุดใกล้เคียงกันประมาณ $4.8-4.9 \times 10^8$ สปอร์/กรัมของอาหาร การเตรียมสปอร์ทำได้ง่าย โดยใช้สารอาหารราคาถูก สามารถเก็บได้นาน และได้สปอร์ที่บริสุทธิ์ในปริมาณสูง

5.2 ปัจจัยทางกายภาพที่เหมาะสมต่อการเพิ่มโปรตีนของมันเมื่อหมักในกล่องหมัก คือ

5.2.1 ขนาดมันเส้น ประมาณ 3 มม.

5.2.2 ความชื้นเริ่มต้น ประมาณ 65%

5.2.3 ความสูงของชั้นหมัก ประมาณ 15-20 มม.

5.2.4 ปริมาณสปอร์เริ่มต้น ประมาณ 2.5×10^6 สปอร์/กรัม มันแห้ง

ผลการหมักได้โปรตีนสูงสุดประมาณ 0.12-0.15 กรัม/กรัม มันแห้ง เริ่มต้นภายในเวลาประมาณ 30 ชั่วโมง

5.3 ปริมาณการไหลของอากาศที่เหมาะสมสำหรับการหมักในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบครึ่งขั้นระดับขยายส่วน คือ 0.76×10^{-4} ม³/วินาที/กก.มันแห้ง ผลการหมักดังนี้

5.3.1 โปรตีนสูงสุดประมาณ 0.12 กรัม/กรัม มันแห้งเริ่มต้น ที่ชั่วโมงที่ 24-30 ของการหมัก

5.3.2 ความถี่ในการถ่ายเทมวลสูงสุดประมาณ 1.78×10^{-4} วินาที⁻¹ ที่ ชั่วโมงที่ 30 ของการหมัก

5.3.3 อัตราการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดประมาณ 3.83×10^{-7} กก./วินาที/กก.มันแห้ง ที่ชั่วโมงที่ 30 ของการหมัก

ส่วนการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักแห้งสัมพัทธ์และความชื้นของมันหมักเกิดมากที่สุดเช่นกัน

5.4 การทดลองหมักในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบครึ่งขั้นระดับขยายส่วนโดยใช้ถาดหมัก 3 ชั้น พบว่าเมื่อใช้ปริมาณการไหลของอากาศ 0.79×10^{-4} ม³/วินาที/กก.มันแห้ง พบว่าโปรตีนสูงสุดของมันหมักทั้ง 3 ถาดใกล้เคียงกันประมาณ 0.11 กรัม/กรัม มันแห้งเริ่มต้น ที่ชั่วโมงที่ 30 ของการหมัก โดยมีอัตราการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดประมาณ 3.79×10^{-7} กก./วินาที/กก.มันแห้ง และค่าความถี่ในการถ่ายเทมวลสูงสุดประมาณ 1.46×10^{-4} วินาที⁻¹ ที่ชั่วโมงที่ 30 ของการหมักเช่นกัน

เมื่อใช้ปริมาณการไหลของอากาศ 0.97×10^{-4} ม³/วินาที/กก.มันแห้ง ผลการทดลองไม่แตกต่างจากเมื่อใช้ปริมาณการไหลของอากาศ 0.79×10^{-4} ม³/วินาที/กก.มันแห้ง คือโปรตีนสูงสุดของมันหมักทั้ง 3 ถาดมีค่าใกล้เคียงกันประมาณ 0.10 กรัม/กรัม มันแห้งเริ่มต้น ที่ ชั่วโมงที่ 30 ของการหมัก โดยมีอัตราการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดประมาณ 3.64×10^{-7} กก./วินาที/กก.มันแห้ง และได้ค่าความถี่ในการถ่ายเทมวลสูงสุดประมาณ 1.39×10^{-4} วินาที⁻¹ เช่นกัน

5.5 การเพิ่มโปรตีนให้กับมันในเครื่องปฏิกรณ์แบบนี้ให้ผลดีพอสมควร เพราะสามารถเพิ่มโปรตีนของมันจาก 1.90% เป็น 15% โดยน้ำหนักแห้ง โดยใช้เวลาประมาณ 30 ชั่วโมง ซึ่งมีน้ำหนักแห้งสัมพัทธ์ประมาณ 74.1% ของน้ำหนักแห้งเริ่มต้น หลังจากนั้นไม่ควรหมักต่อเพราะมีการสูญเสียน้ำหนักแห้งตลอดเวลาในขณะที่โปรตีนเริ่มคงที่ ทำให้ผลผลิตรวมลดลง นอกจากนี้ อาจเกิดปัญหาเนื่องจากจุลินทรีย์ปนเปื้อน และในช่วงสุดท้ายของการหมักเริ่มเกิดสปอร์ซึ่งอาจลดคุณค่าทางอาหารของมันหมัก

5.6 ข้อเสนอแนะ

5.6.1 ควรจะมีการศึกษาเพื่อคัดเลือกและปรับปรุงสายพันธุ์ที่เหมาะสมโดยจะต้องมีโปรตีนสูง และควรมีอัตราการเจริญสูงในช่วงอุณหภูมิปกติเพื่อลดปัญหาการควบคุมอุณหภูมิ นอกจากนี้ควรมีความสามารถในการย่อยแป้งดิบเพราะจะเป็นการช่วยประหยัดพลังงานที่ใช้ให้ลดลง และควรมีความคงทนต่อสภาวะแวดล้อมได้ดี

5.6.2 ควรจะมีการศึกษาถึงวัตถุดิบชนิดอื่น นอกจากการใช้มันเส้น เช่น กากมัน ซึ่งอาจจะให้ผลดีเพราะจะมีความพรุนสูง และสามารถจะนำไปใช้ได้โดยไม่ต้องผ่านการบด ทำให้สะดวกและลดต้นทุนในการผลิต

5.6.3 การเพิ่มโปรตีนมันสำปะหลังโดยวิธีการหมักในอาหารแข็งในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบครึ่งขั้น โดย *R. oligosporus* นี้เป็นเพียงการศึกษาขั้นต้น โดยเป็นการศึกษาถึงสภาวะที่เหมาะสมต่อการเพิ่มโปรตีนเฉพาะในการหมักแบบไม่ต่อเนื่อง (batch process) ยังมีวิธีการอื่น ๆ อีกมากเพื่อเพิ่มผลผลิตของการหมัก ตัวอย่างเช่น การพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพนี้ให้สามารถหมักแบบกึ่งต่อเนื่อง (semi continuous process) หรือแบบต่อเนื่อง (continuous process) ประกอบกับการเลือกใช้สายพันธุ์ที่เหมาะสมดังกล่าวข้างต้น อาจช่วยให้สามารถเพิ่มผลผลิต และอาจช่วยลดระยะเวลารวมทั้งต้นทุนในการผลิตได้

นอกจากนี้เครื่องปฏิกรณ์ชนิดนี้จะมีลักษณะไม่ซับซ้อน และไม่ต้องการควบคุมมาก จึงควรมีการศึกษาถึงความเป็นไปได้และความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในระดับท้องถิ่นต่อไป