บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และ ข้อเสนอแนะ

1. น้ำเวย์ ที่ได้จาก เนยแข็ง Mozzarella ที่ผ่านการตกตะกอนโปรตีนแล้ว เป็นแหล่งคาร์บอน ที่เหมาะสมกว่า น้ำเวย์ที่ได้จากเนยแข็ง Cheddar ที่ผ่านการตกตะกอนโปรตีนแล้ว เนื่องจาก น้ำเวย์ที่ได้จาก เนยแข็ง Mozzarella มีปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ที่สูงกว่า จึงใช้น้ำเวย์ชนิด Mozzarella ในการทดลองนี้

2. การเจริญของ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 ที่ 24 ชั่วโมง ในอาหารเลี้ยงเชื้อ YMเป็นระยะเวลาที่อยู่ใกล้ช่วงที่มีปริมาณเซลล์สูงสุด คือมีจำนวนเซลล์เท่ากับ 10^9 cfu/ml ซึ่งช่วงที่เชื้อมีอัตราการแบ่งตัวสูงสุดนี้จะเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมในการเตรียมกล้าเชื้อเริ่มต้น

3. การเจริญของเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 ในอาหารเลี้ยงเชื้อสูตร Roseiro เมื่อสิ้นสุดการเลี้ยงเชื้อที่ 120 ชั่วโมง จะมีจำนวนเชื้อ $6.20 \times 10^9 \pm 1.13 \times 10^9$ cfu/ml และ เหลือน้ำตาลรีดิวส์อยู่เพียง 0.21 เปอร์เซ็นต์ จึงใช้เป็นระยะเวลาที่เหมาะสมในการหมักในการทดลองตอนต่อไป

4. การสกัดแซนแทนกัม จะใช้ปริมาณของน้ำกลั่นเป็น 4 เท่า และใช้ปริมาณเอธานอลเป็น 1 เท่าของปริมาณน้ำหมักที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นเรียบร้อยแล้ว ร่วมกับเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ 3 เปอร์เซ็นต์ต่อปริมาณน้ำหมัก ได้ปริมาณแซนแทนกัมมากที่สุดคือ 17.01±0.14 กรัมต่อลิตร

5. ระยะเวลาการหมักที่เหมาะสมในการผลิตแซนแทนกัม ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Roseiro เดิม คือ 120 ชั่วโมง ได้ปริมาณแซนแทนกัมสูงสุด คือ 17.01±0.14 กรัมต่อกิโลกรัม แล้วนำระยะเวลาการหมักที่เหมาะสมนี้ ไปใช้ในการทดลองตอนต่อไป

6. เมื่อเตรียมสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ Roseiro 3 สูตร ที่ใช้แหล่งคาร์บอนที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ น้ำเวย์ดั้งเดิมที่ผ่านการตกตะกอนโปรตีนแล้ว จากการย่อยด้วยเอนไซม์ β-galactosidase และ น้ำเวย์จากการย่อยด้วยกรดซัลฟลูริก เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักที่ 120 ชั่วโมง สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ Roseiro เดิมใช้ค่าที่ใช้น้ำเวย์ดั้งเดิมที่ผ่านการตกตะกอนโปรตีนแล้ว มีปริมาณเชื้อประมาณ $4.39 \times 10^9 \pm 2.14 \times 10^9$ cfu/ml ส่วนสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้น้ำเวย์จากการย่อยด้วยเอนไซม์ จะมีปริมาณเชื้อ $4.55 \times 10^9 \pm 6.36 \times 10^8$ cfu/ml และ สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้น้ำเวย์จาการย่อยด้วยกรดจะมีปริมาณเชื้อประมาณ $4.88 \times 10^9 \pm 2.71 \times 10^9$ cfu/ml ตามลำดับ และพบว่าปริมาณเชื้อ *Xanthomonas campestris* การใช้น้ำตาลรีดิวส์ ความหนืด และ ปริมาณแซนแทนกัมจากมากไปน้อย วัดได้จากน้ำหมักจะเป็นดังนี้คือ น้ำหมักจาก สูตรอาหาร Roseiro ที่ใช้แหล่งคาร์บอนเป็น น้ำเวย์ย่อยด้วยกรดซัลฟลูริกเข้มข้น น้ำเวย์ย่อยด้วยเอนไซม์ β-galactosidase และ น้ำเวย์โดยตรง หลังจากสิ้นสุดกระบวนการหมัก 120 ชั่วโมง

7. เมื่อทำการผลิตแซนแทนกัมโดยเลี้ยง *Xanthomonas. campestris* TISTR 840 ในอาหารสูตร Roseiro เดิมซึ่งใช้น้ำน้ำเวย์ย่อยด้วยกรดซัลฟลูริกเข้มข้นเป็นแหล่งคาร์บอนที่คัดเลือกได้ โดยปรับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต ปรับปริมาณกรดซิตริก และแมกนีเซียมซัลเฟต พบว่าทั้ง 27 สูตรในทุกสูตรปรับปรุง จะมีลักษณะคล้ายกัน โดยเชื้อเริ่มมีการเจริญคงที่ที่ 48 ชั่วโมงของระยะเวลาในการหมักให้จำนวนเซลล์สูงสุด 10^9 cfu/ml ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างของน้ำหมัก พบว่า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก และจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 6.5-8.0 จากการทดลองพบว่า อาหารเลี้ยงเชื้อสูตรที่ 24 คือ สูตรที่ใช้แอมโมเนียมซัลเฟต 1.33 กรัมต่อลิตร ร่วมกับการใช้ กรดซิตริก 2.0 กรัมต่อลิตร และ แมกนีเซียมซัลเฟต 0.12 กรัมต่อลิตร เป็นสูตรอาหารที่ให้ประสิทธิภาพในการผลิตแซนแทนกัมดีที่สุด โดยใช้ น้ำตาลรีดิวส์มากถึง 72 เปอร์เซ็นต์ ได้แซนแทนกัม 15.63±0.01กรัมต่อลิตร และมีความหนืด 157.23±0.02 เซ็นติพอยต์

8. เมื่อนำแซนแทนกัมที่ผลิตได้จากสูตรอาหาร Roseiro และ สูตรอาหาร Roseiro ปรับปรุงที่ดีที่สุดมาเปรียบเทียบคุณสมบัติ ค่าความชื้น ปริมาณเถ้า และค่าสี กับ แซนแทนกัม เกรดอาหาร (Food grade) พบว่า แซนแทนกัมที่ผลิตขึ้น ทั้งที่หมักเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 สูตรอาหารมาตรฐาน Roseiro เดิม และสูตร Roseiro ปรับปรุง จะมีความชื้นที่ต่ำกว่าแซนแทนกัมทางการค้าเล็กน้อย นอกจากนี้ แซนแทนกัมที่ผลิตในเชิงการค้า ยังมีปริมาณเถ้าที่ต่ำกว่าด้วย จากการเปรียบเทียบค่าสีโดยวัดจากค่า L* a* b* พบว่า แซนแทนกัมที่ผลิตในทางการค้า มีความสว่างของสีมากกว่า แซนแทนกัมที่ผลิตขึ้น ส่วนค่า a* ที่แสดงถึงโทนสีที่เป็นสีแดง-เขียว พบว่าเรียงลำดับสีแดงจากมากมาน้อยตามลำดับดังนี้คือ แซนแทนกัมสูตร Roseiro เดิม แซนแทนกัมสูตร Roseiro ปรับปรุง และ แซนแทนกัมทางการค้า สำหรับค่า b* ที่แสดงถึงโทนสีที่เป็นสี เหลือง-น้ำเงิน พบว่า แซนแทนกัมทางการค้า และ แซนแทนกัมสูตร Roseiro เดิม จะออกโทนสีเหลือง แต่ แซนแทนกัมทางการค้า จะออกโทนสีเหลืองมากกว่า แต่ แซนแทนกัมสูตร Roseiro ปรับปรุง จะมีค่าติดลบ แสดงว่า แซนแทนกัมสูตรปรับปรุงนี้ จะมีสีออกไปทางโทนสีน้ำเงินเล็กน้อย

9. จากการ เปรียบเทียบค่าค่าความเป็นกรด- ด่าง และความหนืด ของแซนแทนกัมทางการค้า แซนแทนกัมสูตร Roseiro เดิม และ แซนแทนกัมสูตร Roseiro ปรับปรุง ที่ละลายน้ำ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่า เมื่อละลายน้ำแล้ว แซนแทนกัมทางการค้า และแซนแทนกัมสูตร Roseiro เดิม จะให้ค่าความเป็นกรดที่สูงกว่า แซนแทนกัมสูตร Roseiro ปรับปรุง และค่าความหนืด ที่วัดได้ เรียงลำดับจากสูงมาต่ำคือ แซนแทนกัมทางการค้า แซนแทนกัมสูตร Roseiro เดิม และ แซนแทนกัมสูตร Roseiro ปรับปรุง

10. แซนแทนกัมทั้ง 3 ชนิด ค่อนข้างมีความคงตัว ไม่ว่า จะวัดความหนืด ที่เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิไป จาก 15, 25 และ 85 องศาเซลเซียส แต่ค่าความเป็นกรด-ด่างคงที่ และเป็นกลาง ที่ 7.00 หรือ เมื่อวัดค่าความหนืดที่อุณหภูมิคงที่ที่ 25 องศาเซลเซียส แต่มีการเปลี่ยนแปลง ค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็น 4.5, 6.5 และ 8.5 ก็ตาม ซึ่งค่าความหนืดที่วัดได้จะไม่เปลี่ยนแปลงไปมากนัก สำหรับค่าความหนืดที่วัดได้เมื่อวัดที่สภาวะเดียวกันของแซนแทนกัมกัมทั้ง 3 ชนิด คือ แซนแทนกัมทางการค้า แซนแทนกัมสูตร Roseiro เดิม และ แซนแทนกัมสูตร Roseiro ปรับปรุง พบว่า แซนแทนกัมทางการค้า จะให้ความหนืดที่สูงที่สุด รองลงมา คือ แซนแทนกัมสูตร Roseiro เดิม และต่ำที่สุด คือ แซนแทนกัมสูตร Roseiro

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปรับปรุง ซึ่งสอดคล้องกับ ธันยากรณ์ (2542) ได้ทำการทดลอง เพาะเลี้ยงเชื้อ *Xanthomonas campestris* ในอาหารสูตร Roseiro เดิม และสูตร Roseiro ปรับปรุงโดยใช้กากมันสำปะหลัง ที่ย่อยด้วยเอ็มไซม์ เป็นแหล่งคาร์บอน และได้เปรียบเทียบความหนืด ของแซนแทนกัมที่ได้ทั้ง 2 สูตร กับแซนแทนกัมการค้า ยี่ห้อ Keltrol ซึ่งพบว่า แซนแทนกัมที่ได้ทั้ง 2 สูตรมีความหนืดไม่แตกต่างกันมาก แต่ต่างจากแซนแทนกัมทางการค้ามาก โดยมีเหตุผลว่าความหนืดของสารละลายแซนแทนกัมขึ้นอยู่กับน้ำหนักโมเลกุลของแซนแทนกัม ซึ่งน้ำหนักโมเลกุลมากยอมให้ความหนืดสูงกว่าซึ่งสอดคล้องกับ Milas *et al.* (1985) น้ำหนักโมเลกุลของแซนแทนกัมยังขึ้นอยู่กับปริมาตรออกซิเจนที่มีอยู่ในระบบ ซึ่งแซนแทนกัมที่ผลิตได้จากจากสูตร Roseiro เดิม และ สูตรอาหารRoseiro ปรับปรุงในระบบเขย่าจะมีปริมาตรออกซิเจนน้อยกว่าทางการค้าจึงทำให้แซนแทนกัมที่ผลิตได้จากอาหารทั้ง 2 ชนิดมีน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่า ความหนืดจึงน้อยกว่า ซึ่งสอดคล้องกับ Suh *et al.* (1990) and Garia *et al.* (2000)

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการศึกษาสูตรอาหาร Roseiro ปรับปรุง โดยมีการปรับปริมาณสารอาหารอื่นๆเพิ่มเติมนอกเหนือจากแอมโมเนียมซัลเฟต กรดซิตริก และ แมกนีเซียมซัลเฟต

2. ควรศึกษาสารอาหารจากแหล่งอื่นๆ นอกเหนือจาก น้ำเวย์ เพื่อใช้ทดแทนน้ำตาลกลูโคส และเป็นการเพิ่มทางเลือกในการหาแหล่งคาร์บอน เพื่อลดต้นทุนการผลิต

3. ปรับปรุงสายพันธุ์ *Xanthomonas campestris* ให้เหมาะสม และสามารถใช้แหล่งคาร์บอนที่ได้จากน้ำเวย์ดั้งเดิมที่ผ่านการตกตะกอน น้ำเวย์ที่ผ่านกระบวนการย่อยด้วยเอนไซม์ และ ย่อยด้วยกรดซัลฟูริก ได้ดีขึ้น

4. ควรศึกษาสภาวะของกระบวนการย่อยน้ำตาลแลคโตสในน้ำเวย์ หรือกระบวนการย่อยด้วยวิธีอื่นๆ เพื่อให้ได้แหล่งคาร์บอนที่เหมาะสมในการนำไปผลิตแซนแทนกัม

5. ควรมีการศึกษาอัตราการให้ออกซิเจน เนื่องจากมีผลต่อคุณสมบัติของแซนแทนกัม ปริมาณที่ผลิตได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved