

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

1. ปริมาณผลผลิตกรดซิตริกจากกระบวนการหมักเศษของเสียจากผลไม้ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ชังขนุน แคนสับปะรด และเปลือกแตงโม โดยใช้เชื้อรา *Aspergillus niger* สายพันธุ์ TISTR 3063 พบว่า ผลผลิตกรดซิตริกที่ได้จากการหมักชังขนุน เปลือกแตงโม และแคนสับปะรด มีปริมาณสูงที่ อุณหภูมิการหมัก 40°C เท่ากับ 28.64 g/L, 2.58 g/L และ 16.62 g/L ตามลำดับ ผลผลิตกรดซิตริก ปริมาณสูงที่สุดมาจากการหมักชังขนุน ใช้ระยะเวลาหมัก 3 วัน

2. สภาพสำหรับกระบวนการหมักกรดซิตริกจากเศษผลไม้ โดยใช้เชื้อรา *Aspergillus niger* สายพันธุ์ TISTR 3063 ที่ให้ปริมาณผลผลิตสูงสุดจากการหมัก คือ อุณหภูมิการหมัก 40°C

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

เมื่อพิจารณาปริมาณผลผลิตกรดซิตริกที่ได้จากการหมักเศษของเสียจากผลไม้ทั้ง 3 ชนิด แล้ว พบว่า ชังขนุน เป็นเศษผลไม้ที่มีศักยภาพที่สุด และเหมาะที่จะนำมาเป็นสับสเตรตสำหรับการหมักเพื่อให้ได้ผลผลิตกรดซิตริกในปริมาณสูง โดยใช้อุณหภูมิการหมัก 40°C และระยะเวลาการหมัก 3 วัน ทั้งนี้ น่าจะมาจากปริมาณสารอินทรีย์ (VS) ที่เป็นส่วนประกอบในชังขนุน มีปริมาณสูง ในขณะที่มีปริมาณความชื้นต่ำกว่าอีก 2 สับสเตรต (เปลือกแตงโม และแคนสับปะรด) (ตารางที่ 5) ส่งผลให้เชื้อราสามารถแปรสภาพสับสเตรตดังกล่าวไปเป็นผลผลิตกรดซิตริกได้ในปริมาณสูง

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตกรดซิตริกสูงสุดที่ได้จากการหมักชังขนุนภายใต้อุณหภูมิ 40°C (28.64 g/L) พบว่า มีค่าสูงกว่าในงานวิจัยของ ชัยวัฒน์ บรรดิเทพีชร (2536) โดยงานวิจัยดังกล่าวใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นสับสเตรตในการหมักกรดซิตริก แต่มีค่าต่ำกว่าในงานวิจัยของ Hang, Y. D. and Woodams, E.E. (2000) ซึ่งใช้เปลือกข้าวโพดเป็นสับสเตรตในการหมัก

จากผลการศึกษา พบว่า ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักกรดซิตริกจากเศษของเสียจากผลไม้ แคนสับปะรด มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงสุด (154.55 g/L) แต่มีปริมาณกรดซิตริกน้อยกว่าชังขนุน โดยงานวิจัยของ อัจฉรียา จารุจินดา (2529) ใช้น้ำคั้นสับปะรดและเปลือกสับปะรดเป็นสับสเตรตในการหมักกรดซิตริก พบว่า ได้ผลผลิตกรดซิตริกต่ำ ทั้งนี้ อาจเนื่องจากคุณสมบัติทางเคมีของอาหารเหมาะสมต่อการเจริญและสร้างเส้นใยของเชื้อ ซึ่งทำให้การผลิตรกรดไม่ดีเท่าที่ควร

จากผลการศึกษา พบว่า อุณหภูมิการหมักมีผลต่อปริมาณผลผลิตกรดซิตริกชัดเจนที่สุดจากการหมักชังขนุน ส่วนการหมักเปลือกแตงโมที่อุณหภูมิสูงขึ้นจาก 30°C เป็น 35°C ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น

อย่างไรก็ตาม ปริมาณผลผลิตจากการหมักที่อุณหภูมิ 40°C มีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยจากปริมาณผลผลิตที่ได้จากการหมักที่ อุณหภูมิ 35°C และสำหรับปริมาณผลผลิตกรดซิตริกจากการหมักแกนสับปะรดที่อุณหภูมิ 30°C และ 35°C มีค่าใกล้เคียงกัน ในขณะที่เมื่ออุณหภูมิการหมักเพิ่มขึ้นเป็น 40°C ปริมาณผลผลิตมีค่าเพิ่มสูงขึ้น โดยอุณหภูมิการหมักที่ให้ผลผลิตกรดซิตริกในปริมาณสูงที่สุดจากการศึกษาครั้งนี้ (40°C) มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิการหมัก (28°C 30°C และ 31°C) ที่รายงานในงานวิจัยของ Karthikeyan and Sivakumar (2010), Hang, Y. D. and Woodams, E.E. (2000) และ Walid et al. (2007) โดยงานวิจัยดังกล่าวใช้เปลือกกล้วย ชั่งข้าวโพดและกากน้ำตาลเป็นสับสเตรตในการหมักกรดซิตริก

ในงานวิจัยของ Kumar, D. et al. (2003) พบว่า ความชื้นเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งในการหมักกรดซิตริกโดยเชื้อรา โดยปริมาณความชื้นที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 60 เมื่อเทียบกับปริมาณความชื้นของสับสเตรตที่ใช้ในการหมักครั้งนี้ จะเห็นว่ามีค่าสูงกว่า คือ ร้อยละ 81.6, 85.97 และ 92.07 สำหรับซังขนุน แกนสับปะรด และเปลือกแตงโม ตามลำดับ โดยปริมาณความชื้นที่สูงเกินไปจะทำให้ช่องว่างของเนื้อสับสเตรตลดลง และทำให้การถ่ายเทออกซิเจนเกิดขึ้นได้อย่างจำกัด (Karthikeyan, A. and Sivakumar, N., 2010) ดังนั้น ปริมาณความชื้นจึงอาจเป็นปัจจัยที่จำกัดปริมาณผลผลิตกรดซิตริกที่เกิดขึ้นในการศึกษาครั้งนี้ได้ เนื่องจากไม่ได้ทำการปรับค่าปริมาณความชื้นของสับสเตรตที่ใช้ในการทดลองหมัก

นอกจากนี้ ค่าพีเอชของสับสเตรตที่ใช้ในการหมักก็เป็นปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตกรดซิตริกเช่นกัน ซึ่งจากการทดลอง พบว่า ค่าพีเอชเริ่มต้นของสับสเตรตที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ (4.44, 3.77 และ 5.10 สำหรับซังขนุน แกนสับปะรด และเปลือกแตงโม ตามลำดับ) มีค่าสูงกว่าค่าพีเอชที่มีรายงานว่ามีความเหมาะสมในการหมักกรดซิตริก (2, 2.6) (Mourya, S. and Jauhri, K.S., 2000; Prado et al., 2005) อย่างไรก็ตาม ในงานวิจัยของ Walid et al., (2007) รายงานว่า การหมักกากน้ำตาลที่พีเอช 4 ให้ผลผลิตกรดซิตริกในปริมาณสูง ซึ่งใกล้เคียงกับค่าพีเอชเริ่มต้นของซังขนุน ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ให้ผลผลิตกรดซิตริกสูงที่สุด

5.3 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

5.3.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้

ในการหมักเศษของเสี้ยจากผลไม้บนอาหารแข็ง โดยใช้เชื้อรา *Aspergillus niger* TISTR 3063 เพื่อให้ได้ผลผลิตกรดซิตริก มีปัจจัยที่สำคัญ คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก โดยอุณหภูมิการหมักที่ให้ปริมาณผลผลิตสูงที่สุดสำหรับการศึกษารั้งนี้ คือ อุณหภูมิการหมัก 40°C ได้ปริมาณผลผลิตกรดซิตริก 28.64 g/L 16.62 g/L และ 2.58 g/L สำหรับการหมักซึ่งขนุน เปลือกแตงโม และแกนสับปะรด ตามลำดับ นอกจากนี้ ค่าพีเอชและปริมาณความชื้นของสับสเตรตที่ใช้ในการหมักน่าจะมีผลต่อการทำงานของเชื้อราด้วยเช่นกัน

5.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยต่อไป

ควรทำการศึกษาศักยภาพการหมักเพื่อให้ได้ผลผลิตกรดซิตริกจากเศษของเสี้ยจากผลไม้ชนิดอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น เปลือกกล้วย เปลือกส้มโอ เปลือกมังคุด เป็นต้น เนื่องจากเป็นเศษของเสี้ยที่มีปริมาณมากในประเทศไทย เพื่อประโยชน์ทั้งในเชิงสิ่งแวดล้อม (ลดปริมาณของเสี้ย) และการประยุกต์ใช้ในเชิงอุตสาหกรรม (ผลิตในเชิงพาณิชย์)