การประเมินปริมาณกรดซิตริกจากปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเศษของเสียจากผลไม้
Assessment of Citric Acid Amount from Total Sugar in Fruit Wastes

ธัญญารัตน์ สงสม, กาณจนาภรณ์ เปียปิ่นทอง, สุพรรณษา สร้อยโพธิ์, นิษฐา วงศ์คำจันทร และ นุชนาถ แช่มช้อย
คณะสาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ จ.สมุทรปราการ 10540
*E-mail: nutchanatch4@gmail.com เบอร์โทร: 0-23126300 ต่อ 1227

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาปริมาณของแข็งและปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเศษของเสียจากผลไม้ 7 ชนิด ได้แก่ เปลือกกล้วยน้ำว้า จุกสับปะรด เปลือกส้มเขียวหวาน เปลือกเงาะโรงเรียน เปลือกลองกอง เปลือกมะนาว และเปลือกแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวเปลือกแดง แล้วทำการประเมินปริมาณกรดซิตริกจากค่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเศษของเสียจากผลไม้ รวมทั้งศึกษาผลของการปรับสภาพเศษของเสียจากผลไม้ที่มีต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้ โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดและของแข็งระเหยด้วยการทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส แล้วนำไปเผาต่อที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดวิเคราะห์โดยใช้ค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ ส่วนปริมาณกรดซิตริกคำนวณจากสมการการหมักแบบใช้อากาศ

จากผลการศึกษา พบว่า เปลือกเงาะโรงเรียน มีปริมาณของแข็งทั้งหมดและของแข็งระเหยสูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 23.98% และ 23.20% รองลงมาได้แก่ เปลือกส้มเขียวหวาน เปลือกลองกอง เปลือกมะนาว เปลือกกล้วยน้ำว้า เปลือกแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวเปลือกแดง และจุกสับปะรด ตามลำดับ สำหรับปริมาณน้ำตาลทั้งหมด พบว่า เปลือกส้มเขียวหวานมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 45.25 mg/L รองลงมาได้แก่ เปลือกกล้วยน้ำว้า เปลือกแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวเปลือกแดง เปลือกลองกอง เปลือกมะนาว และจุกสับปะรด ตามลำดับ ในขณะที่เปลือกเงาะโรงเรียนมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดต่ำที่สุด โดยจากการคำนวณปริมาณผลผลิตน้ำตาลทั้งหมด พบว่า เปลือกกล้วยน้ำว้า มีปริมาณผลผลิตน้ำตาลทั้งหมดสูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 44.95 %Total Sugar/gVS รองลงมาได้แก่ เปลือกส้มเขียวหวาน เปลือกแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวเปลือกแดง เปลือกลองกอง จุกสับปะรด และเปลือกมะนาว ตามลำดับ ในขณะที่เปลือกเงาะโรงเรียนมีปริมาณผลผลิตน้ำตาลทั้งหมดต่ำที่สุด นอกจากนี้ ยังพบว่า การปรับสภาพเศษของเสียจากผลไม้โดยการนำไปนึ่งที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 15 นาที แล้วปรับสภาพต่อด้วยกรดซัลฟิวริก 98% มีผลต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้ โดยทำให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่าต่ำกว่าเมื่อผ่านการปรับสภาพด้วยกรดซัลฟิวริก 98% เพียงอย่างเดียว โดยผลการประมาณการปริมาณกรดซิตริกจากปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเศษของเสียจากผลไม้ พบว่า หากทำการหมักเปลือกส้มเขียวหวานและเปลือกกล้วยน้ำว้าจะได้กรดซิตริกในปริมาณสูง โดยมีค่าประมาณการเท่ากับ 48.27 mg/L และ 47.69 mg/L ซึ่งจากผลการศึกษาในครั้งนี้ ชี้ให้เห็นว่า เปลือกส้มเขียวหวานและเปลือกกล้วยน้ำว้า มีศักยภาพสูงสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ ต่อไป

คำหลัก : กรดซิตริก เศษของเสียจากผลไม้ การประเมินปริมาณกรดซิตริก

Abstract

This research was an experimental research for studying of the amount of solids and total sugar in seven types of fruit waste such as the banana peel, the pineapple stopper, the tangerine peel, the rambutan peel, the longkong peel, the lime peel, and the dragon fruit peel. The assessment of citric acid was carried out consequently using the amount of total sugar from such

fruit wastes. The effect from fruit wastes treatment to the analyzed total sugar was also observed. The total solids and volatile solid were analyzed by drying at the temperature of 103-105 ℃ and burn future at the temperature of 550 ℃. The total sugar was analyzed by using the absorbance values obtained from spectrophotometer. For the amount of citric acid, it was calculated from the aerobic fermentation equation.

From the results, it was found that the rambutan peel contained highest amount of total solids and volatile solid with the value of 23.98% and 23.20%. The tangerine peel, the longkong peel, the lime peel, the banana peel, the dragon fruit peel, and the pineapple stopper contained lower amount of total solids and volatile solids, respectively. For the amount of total sugar, the tangerine peel showed highest amount of total sugar with the value of 45.25 mg/L. The banana peel, the dragon fruit peel, the longkong peel, the lime peel, and the pineapple stopper contained lower amount of total sugar, respectively. While, the rambutan peel showed lowest amount of total sugar. From the total sugar yield calculation, it indicated that the banana peel contained highest amount of total sugar yield with 44.95 %Total Sugar/gVS. The tangerine peel, the dragon fruit peel, the longkong peel, the pineapple stopper, and the lime peel contained lower amount of total sugar yield, respectively. While, the rambutan peel showed lowest amount of total sugar yield. Moreover, it was found that the fruit wastes treatment by autoclave at 121°C for 15 minutes and then continue with sulfuric acid 98% effect to the obtained analyzed total sugar as the obtained amount was lower than the amount from treatment by sulfuric acid 98% only. The results of assessment of citric acid amount from total sugar in fruit wastes showed that under fermentation, the tangerine peel and the banana peel will provide high amount of citric acid with the expected amount of 48.27 mg/L and 47.69 mg/L. The results from this study indicated that the tangerine peel and the banana peel contained high potential for future utilization in various forms.

Keywords : Citric acid, Fruit wastes, Assessment of citric acid

บทนำ

ในปัจจุบัน ประเทศไทยมีการพัฒนาอุตสาหกรรมหลายด้าน โดยอุตสาหกรรมการเกษตร และอุตสาหกรรมอาหารเพื่อการแปรรูปวัสดุทางการเกษตรให้เป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและส่งออก เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่กำลังได้รับการพัฒนา ก่อให้เกิดของเสียตามมาในปริมาณสูง เช่น โรงงานผลิตน้ำผลไม้บรรจุขวด ที่มีเศษผลไม้เหลือจากกระบวนการผลิตสูงถึงร้อยละ 50 ของวัตถุดิบที่ใช้ (1) เป็นต้น ภาคอุตสาหกรรมจึงต้องหาแนวทางในการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสียดังกล่าว ซึ่งแนวทางในการใช้ประโยชน์จากของเสีย (Waste Utilization) เป็นแนวทางที่มีการนำมาใช้เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากของเสียให้ได้มากที่สุด เช่น การแปรรูปเศษผักผลไม้ เศษเปลือกทับทิมที่เหลือจากการคั้นน้ำเป็นสีย้อมผ้า การนำเปลือกมะนาวและเปลือกส้มมาใช้ดับกลิ่นท่อระบายน้ำเสีย การผลิตกรดแลคติกและกรดซิตริกจากเศษของเสียจากผลไม้ (2) (3) เป็นต้น

จากการที่ภาคอุตสาหกรรมมีการนำกรดซิตริกไปใช้ประโยชน์ในหลากหลายรูปแบบ ทั้งในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมการผลิตยา และอุตสาหกรรมอื่นๆ ทำให้มีการคิดค้นและวิจัยเพื่อหาแหล่งชีวมวลหรือเศษของเสีย มาใช้ในการศึกษาศักยภาพการผลิตกรดซิตริกจากกระบวนการหมัก เช่น เศษอาหาร และเศษของเสียจากผลไม้ประเภทต่างๆ เป็นต้น ดังนั้น การวิจัยในครั้งนี้ จึงมุ่งเน้นศึกษาการประมาณการปริมาณกรด

ซิตริกจากปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเศษของเสียจากผลไม้ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับเลือกชนิดของเศษของเสียจากผลไม้ ที่มีศักยภาพในการนำไปหมักเพื่อผลิตกรดซิตริกและนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์ปริมาณของแข็งและปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเศษของเสียจากผลไม้
2. เพื่อประเมินปริมาณกรดซิตริกจากปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเศษของเสียจากผลไม้
3. เพื่อศึกษาผลของการปรับสภาพเศษของเสียจากผลไม้ที่มีต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้

วิธีการศึกษา

1. รูปแบบการศึกษา การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ

2. สถานที่ที่ทำการศึกษา ห้องปฏิบัติการอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

3. ระยะเวลาในการดำเนินการศึกษา ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2559 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ. 2560

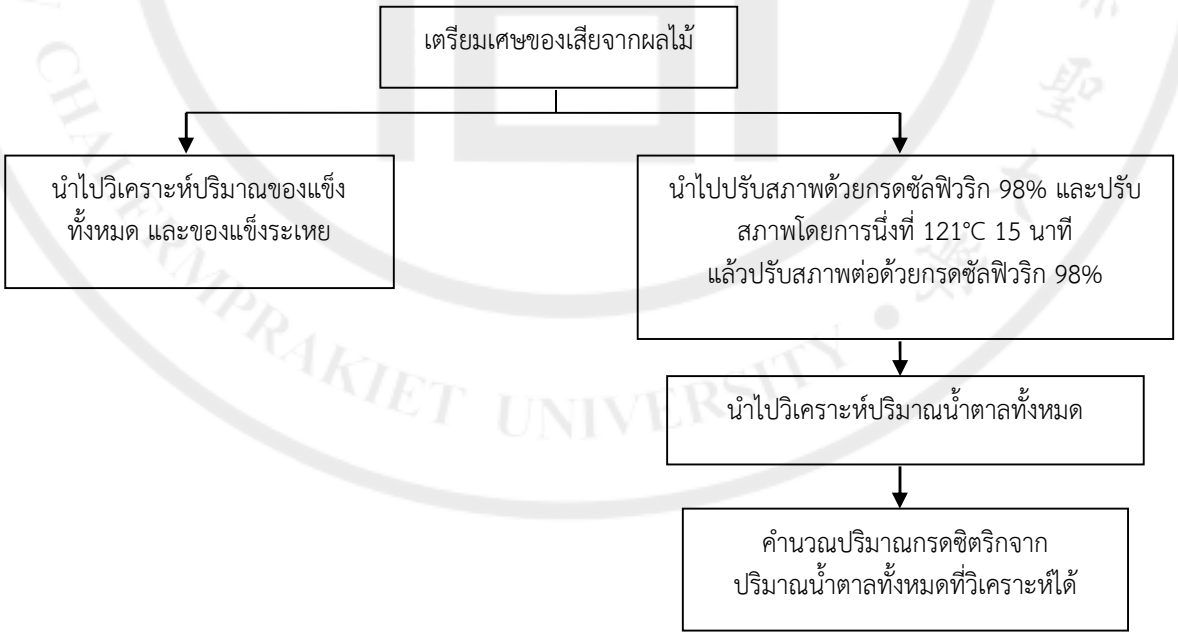
4. กลุ่มตัวอย่าง ใช้เศษของเสียจากผลไม้ 7 ชนิด ได้แก่ 1) เปลือกกล้วยน้ำว้า 2) จุกสับปะรด 3) เปลือกส้มเขียวหวาน 4) เปลือกเงาะโรงเรียน 5) เปลือกลองกอง 6) เปลือกมะนาว และ 7) เปลือกแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาว เปลือกแดง

5. ขั้นตอนการศึกษา

5.1 เก็บข้อมูลจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยมีขั้นตอนดังภาพที่ 1

พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษาและวิเคราะห์ แสดงดังตารางที่ 1

5.2 การเตรียมเศษของเสียจากผลไม้ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้การหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ขนาดเท่าๆ กัน หลังจากนั้นทำการแบ่งเศษของเสียจากผลไม้ที่เตรียมเสร็จแล้วส่วนหนึ่งไปทำการปรับสภาพ 2 แบบ ได้แก่ 1) การปรับสภาพด้วยกรดซัลฟิวริก 98% และ 2) การปรับสภาพโดยการนึ่งที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 15 นาที แล้วปรับสภาพต่อด้วยกรดซัลฟิวริก 98%



ภาพที่ 1 การเก็บข้อมูลจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษาและวิธีวิเคราะห์

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
ของแข็งทั้งหมด *(Total Solids)	Gravimetric Method (อบที่ 103-105 °C)
ของแข็งระเหย *(Volatile Solids)	Gravimetric Method (เผาที่ 550 °C)
น้ำตาลทั้งหมด **(Total Sugar)	Colorimetric Method (Phenol-Sulfuric)

*วิธีวิเคราะห์ตาม APHA. (1998) (4)

**วิธีวิเคราะห์ตาม Dobois et al. (1956) (5)

5.3 การประเมินปริมาณกรดซิตริก

ประเมินโดยใช้ทฤษฎีการหมักแบบใช้ออกซิเจน ซึ่งน้ำตาลกลูโคส 1 โมล เมื่อหมักแบบใช้ออกซิเจนด้วยเชื้อจุลินทรีย์ จะให้ผลผลิตกรดซิตริก 1 โมล (สมการที่ 1)

$$C_6H_{12}O_6 + 1.5\ O_2 + \text{เชื้อจุลินทรีย์} \longrightarrow C_6H_8O_7 + 2H_2O \qquad (1)$$

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าพิสัย ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าร้อยละ

ผลการศึกษา

การศึกษาปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณของแข็งระเหย และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และประเมินปริมาณกรดซิตริกจากปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเศษของเสียจากผลไม้ 7 ชนิด ได้แก่ เปลือกกล้วยน้ำว้า จุกสับปะรด เปลือกส้มเขียวหวาน เปลือกเงาะโรงเรียน เปลือกลองกอง เปลือกมะนาว และเปลือกแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวเปลือกแดง มีรายละเอียดของผลการศึกษาดังต่อไปนี้

ผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดและปริมาณของแข็งระเหยในเศษของเสียจากผลไม้

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดและของแข็งระเหยในเศษของเสียของผลไม้ 7 ชนิด พบว่า เปลือกเงาะโรงเรียนมีปริมาณของแข็งทั้งหมดสูงที่สุด (23.98%) รองลงมา ได้แก่เปลือกส้มเขียวหวาน (22.73%) โดยจุกสับปะรดมีปริมาณของแข็งทั้งหมดต่ำที่สุด (9.53%) และเมื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณของแข็งระเหย พบว่า เปลือกเงาะโรงเรียนมีปริมาณของแข็งทั้งหมดสูงที่สุด (23.20%) รองลงมา ได้แก่ เปลือกส้มเขียวหวาน (21.83%) โดยจุกสับปะรดมีปริมาณของแข็งระเหยต่ำที่สุด (8.40%) รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2

เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลสัดส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดและของแข็งระเหยในเศษของเสียจากผลไม้ทั้ง 7 ชนิด พบว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดและของแข็งระเหยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 9.53-23.98 และร้อยละ 8.40-23.20 โดยสัดส่วนที่ระเหยไป ได้แก่ ส่วนประกอบของน้ำ มีค่าร้อยละ 52.82-82.07

ตารางที่ 2 ปริมาณของแข็งทั้งหมดและของแข็งระเหยในเศษของเสียจากผลไม้ (ทำการวิเคราะห์ 2 ซ้ำ)

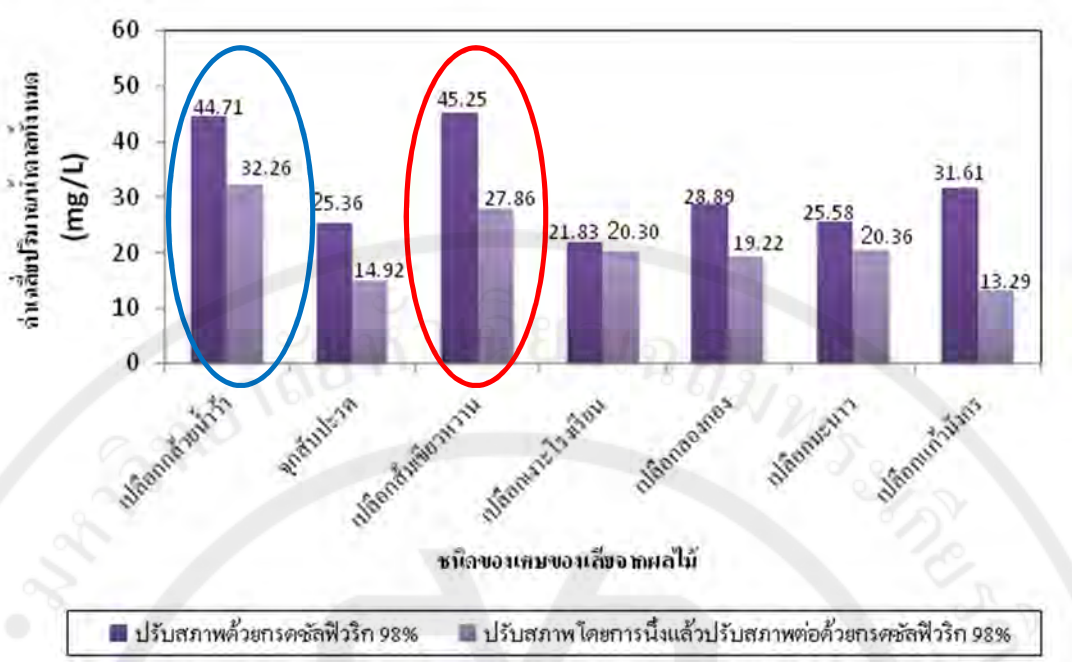
ชนิดของเศษของเสียจากผลไม้	ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	ปริมาณของแข็งระเหย (%)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)
1. เปลือกกล้วยน้ำว้า	15.79	0.55	12.85	0.52
2. จุกสับปะรด	9.53	0.57	8.40	0.57
3. เปลือกส้มเขียวหวาน	22.73	0.36	21.83	0.13
4. เปลือกเงาะโรงเรียน	23.98	0.45	23.20	0.50
5. เปลือกลองกอง	22.06	0.58	20.72	0.43
6. เปลือกมะนาว	19.19	0.40	17.15	0.28
7. เปลือกแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวเปลือกแดง	12.82	0.61	10.28	0.58

ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเศษของเสียจากผลไม้ที่ผ่านการปรับสภาพด้วยวิธีต่างกัน

จากผลการศึกษา พบว่า ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้จากเศษของเสียจากผลไม้ที่ผ่านการปรับสภาพด้วยกรดซัลฟิวริก 98% มีค่าสูงกว่าในเศษของเสียจากผลไม้ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการนึ่งแล้วปรับสภาพต่อด้วยกรดซัลฟิวริก 98% (ภาพที่ 2) โดยเปลือกส้มเขียวหวานมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงที่สุด เท่ากับ 45.25 mg/L (87.36 mg/g) รองลงมาได้แก่ เปลือกกล้วยน้ำว้า มีค่าเท่ากับ 44.71 mg/L (57.76 mg/g) เปลือกแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวเปลือกแดง มีค่าเท่ากับ 31.61 mg/L (31.93 mg/g) เปลือกลองกอง มีค่าเท่ากับ 28.89 mg/L (53.70 mg/g) เปลือกมะนาว มีค่าเท่ากับ 25.58 mg/L (92.00 mg/g) จุกสับปะรด มีค่าเท่ากับ 25.36 mg/L (21.35 mg/g) และเปลือกเงาะโรงเรียน มีค่าเท่ากับ 21.83 mg/L (49.16 mg/g) ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

1) ร้อยละของการลดลงของค่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้จากเศษของเสียจากผลไม้ที่ทำการปรับสภาพด้วยวิธีต่างกัน

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเศษของเสียจากผลไม้ที่ทำการปรับสภาพด้วยวิธีต่างกัน พบว่า ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้จากเศษของเสียจากผลไม้ที่ผ่านการปรับสภาพโดยการนึ่งแล้วปรับสภาพต่อด้วยกรดซัลฟิวริก 98% มีค่าต่ำกว่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้จากเศษของเสียจากผลไม้ที่ผ่านการปรับสภาพด้วยกรดซัลฟิวริก 98% เพียงอย่างเดียว โดยมีร้อยละของการลดลงอยู่ในช่วงร้อยละ 7.01-57.96 และเปลือกเงาะโรงเรียนมีค่าลดลงน้อยสุด เท่ากับร้อยละ 7.01 รองลงมาได้แก่ เปลือกมะนาว มีค่าลดลงเท่ากับร้อยละ 20.41 เปลือกกล้วยน้ำว้า มีค่าลดลงเท่ากับร้อยละ 27.85 เปลือกลองกอง มีค่าลดลงเท่ากับร้อยละ 33.47 เปลือกส้มเขียวหวาน มีค่าลดลงเท่ากับร้อยละ 38.47 จุกสับปะรด มีค่าลดลงเท่ากับร้อยละ 41.47 ในขณะที่เปลือกแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวเปลือกแดง มีค่าลดลงมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 57.96 ตามลำดับ (ตารางที่ 4)



ภาพที่ 2 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเศษของเสียจากผลไม้

ตารางที่ 3 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเศษของเสียจากผลไม้

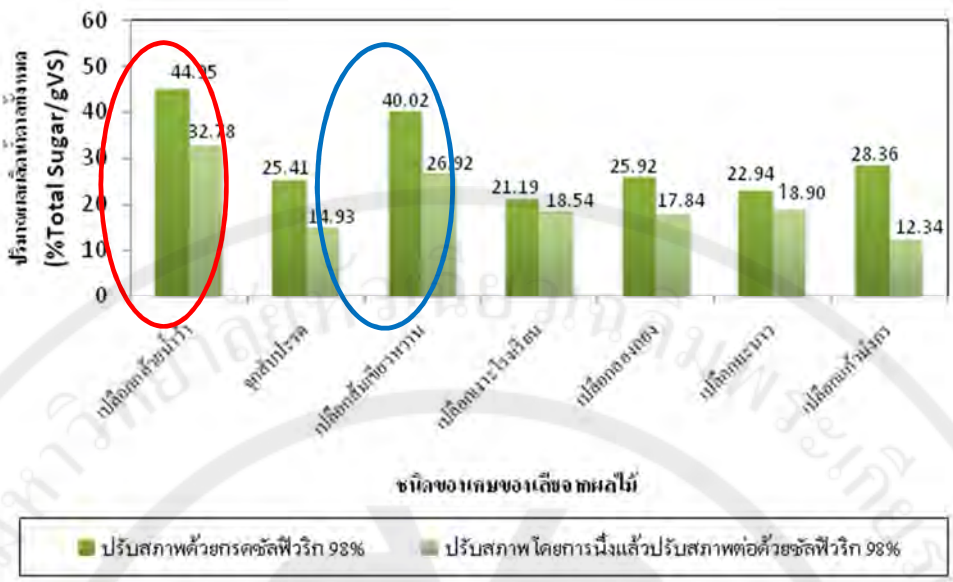
ชนิดของเศษของเสียจากผลไม้	ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเศษของเสียจากผลไม้ที่ปรับสภาพด้วยกรดซัลฟิวริก 98%		ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเศษของเสียจากผลไม้ที่ปรับสภาพโดยการนึ่งแล้วปรับสภาพต่อด้วยกรดซัลฟิวริก 98%	
	mg/g	mg/L	mg/g	mg/L
1. เปลือกกล้วยน้ำว้า	57.76	44.71	42.12	32.26
2. จุกสับปะรด	21.35	25.36	12.54	14.92
3. เปลือกส้มเขียวหวาน	87.36	45.25	58.77	27.86
4. เปลือกเงาะโรงเรียน	49.16	21.83	43.02	20.30
5. เปลือกลองกอง	53.70	28.89	36.96	19.22
6. เปลือกมะนาว	92.00	25.58	82.09	20.36
7. เปลือกแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวเปลือกแดง	31.93	31.61	13.59	13.29

ตารางที่ 4 ร้อยละของการลดลงของค่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้จากเศษของเสียจากผลไม้ที่ทำการปรับสภาพด้วยวิธีต่างกัน

ชนิดของเศษของเสียจากผลไม้	ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเศษของเสียฯ ที่ปรับสภาพด้วยกรดซัลฟิวริก (mg/L)	ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเศษของเสียฯ ที่ปรับสภาพโดยการนึ่งแล้วปรับสภาพต่อด้วยกรดซัลฟิวริก (mg/L)	ร้อยละของการลดลงของปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้จากเศษของเสียฯ ที่ทำการปรับสภาพด้วยวิธีต่างกัน
1. เปลือกกล้วยน้ำว้า	44.71	32.26	27.85
2. จุกสับปะรด	25.36	14.92	41.17
3. เปลือกส้มเขียวหวาน	45.25	27.86	38.43
4. เปลือกเงาะโรงเรียน	21.83	20.30	7.01
5. เปลือกลองกอง	28.89	19.22	33.47
6. เปลือกมะนาว	25.58	20.36	20.41
7. เปลือกแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวเปลือกแดง	31.61	13.29	57.96

2) ปริมาณผลผลิตน้ำตาลทั้งหมด (Total Sugar Yield) ในเศษของเสียจากผลไม้

จากผลการศึกษา พบว่า ปริมาณผลผลิตน้ำตาลทั้งหมดในเศษของเสียจากผลไม้ที่ทำการศึกษาทั้ง 7 ชนิด มีค่าอยู่ในช่วง 21.19-44.95 %Total Sugar/gVS และ 12.34-32.78 %Total Sugar/gVS สำหรับเศษของเสียจากผลไม้ที่ผ่านการปรับสภาพแบบที่ 1 และแบบที่ 2 ตามลำดับ โดยเปลือกกล้วยน้ำว้า และเปลือกส้มเขียวหวาน มีปริมาณผลผลิตน้ำตาลทั้งหมดในปริมาณสูง (ปรับสภาพแบบที่ 1) เท่ากับ 44.95 และ 40.02 %Total Sugar/gVS (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ปริมาณผลผลิตน้ำตาลทั้งหมดในเศษของเสียจากผลไม้

ผลการประมาณการปริมาณกรดซิตริกจากปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเศษของเสียจากผลไม้

จากการประมาณการปริมาณกรดซิตริกจากปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเศษของเสียจากผลไม้ที่ผ่านการปรับสภาพด้วยกรดซัลฟิวริก 98% พบว่า เปลือกส้มเขียวหวานมีประมาณการปริมาณกรดซิตริกเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 48.27 mg/L (SD = 0.77) รองลงมา ได้แก่ เปลือกกล้วยน้ำว้า มีค่า 47.69 mg/L (SD = 1.54) เปลือกแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวเปลือกแดง มีค่า 33.72 mg/L (SD = 1.77) เปลือกลองกอง มีค่า 30.82 mg/L (SD = 1.00) เปลือกมะนาว มีค่า 27.28 mg/L (SD = 2.46) จุกสับปะรด มีค่า 27.05 mg/L (SD = 1.08) และเปลือกเงาะโรงเรียน มีค่าประมาณการปริมาณกรดซิตริกเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ 23.28 mg/L (SD = 0.69) ตามลำดับ สำหรับการประมาณการปริมาณกรดซิตริกในเศษของเสียจากผลไม้ที่ปรับสภาพโดยการนึ่งแล้วปรับสภาพต่อด้วยกรดซัลฟิวริก 98% พบว่า เปลือกกล้วยน้ำว้า มีประมาณการปริมาณกรดซิตริกเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 34.41 mg/L (SD = 3.00) รองลงมาได้แก่ เปลือกส้มเขียวหวาน มีค่า 29.72 mg/L (SD = 0.46) เปลือกมะนาว มีค่า 21.72 mg/L (SD = 0.31) เปลือกเงาะโรงเรียน มีค่า 21.66 mg/L(SD = 3.30) เปลือกลองกอง มีค่า 20.50 mg/L (SD = 0.23) จุกสับปะรด มีค่า 15.92 mg/L(SD = 0.61) และเปลือกแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวเปลือกแดง มีค่าประมาณการปริมาณกรดซิตริกเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ 14.18 mg/L (SD = 0.77) ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

โดยการคำนวณค่าประมาณการปริมาณกรดซิตริกจากปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้ในเศษของเสียจากผลไม้ในการศึกษาครั้งนี้ อ้างอิงจากสมการการหมักกลูโคสแบบใช้อากาศโดยเชื้อจุลินทรีย์ ดังนี้

$$\text{ปริมาณกรดซิตริก} = \frac{\text{ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (mg/L)}}{\text{มวลโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคส}} \times \text{มวลโมเลกุลของกรดซิตริก}$$

ตารางที่ 5 ประมาณการปริมาณกรดซิตริกจากปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเศษของเสียจากผลไม้

ชนิดของเศษของเสียจากผลไม้	ปรับสภาพด้วยกรดซัลฟิวริก 98%			ปรับสภาพโดยการนึ่งแล้วปรับสภาพต่อด้วยกรดซัลฟิวริก 98%		
	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (mg/L)		ประมาณการปริมาณกรดซิตริก (mg/L)	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (mg/L)		ประมาณการปริมาณกรดซิตริก (mg/L)
	ค่าเฉลี่ย	SD		ค่าเฉลี่ย	SD	
1. เปลือกกล้วยน้ำว้า	44.71	1.54	47.69	32.26	3.00	34.41
2. จุกสับปะรด	25.36	1.08	27.05	14.92	0.61	15.92
3. เปลือกส้มเขียวหวาน	45.25	0.77	48.27	27.86	0.46	29.72
4. เปลือกเงาะโรงเรียน	21.83	0.69	23.28	20.30	3.30	21.66
5. เปลือกลองกอง	28.89	1.00	30.82	19.22	0.23	20.50
6. เปลือกมะนาว	25.58	2.46	27.28	20.36	0.31	21.72
7. เปลือกแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวเปลือกแดง	31.61	1.77	33.72	13.29	0.77	14.18

สรุปผลการศึกษา และการอภิปรายผล

สรุปผลการศึกษา

1) ปริมาณของแข็งทั้งหมด และของแข็งระเหยในเศษของเสียจากผลไม้

ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดและปริมาณของแข็งระเหยจากเศษของเสียจากผลไม้ 7 ชนิด ที่ผ่านการปรับสภาพ 2 แบบ โดยแบบที่ 1 เป็นการปรับสภาพด้วยกรดซัลฟิวริก 98 % และแบบที่ 2 ปรับสภาพโดยการนึ่งแล้วปรับสภาพต่อด้วยกรดซัลฟิวริก 98% มีดังนี้ เปลือกกล้วยน้ำว้า มีค่า 15.79% (SD = 0.55) และ 12.85% (SD = 0.52) จุกสับปะรด มีค่า 9.53% (SD = 0.57) และ 8.40% (SD = 0.57) เปลือกส้มเขียวหวาน มีค่า 22.73% (SD = 0.36) และ 21.83% (SD = 0.13) เปลือกเงาะโรงเรียน มีค่า 23.98% (SD = 0.45) และ 23.20% (SD = 0.50) เปลือกลองกอง มีค่า 20.06% (SD = 0.58) และ 20.72% (SD = 0.43) เปลือกมะนาว มีค่า 19.19% (SD = 0.40) และ 17.15% (SD = 0.28) และเปลือกแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวเปลือกแดง มีค่า 12.82% (SD = 0.61) และ 10.28% (SD = 0.58) ตามลำดับ

2) ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเศษของเสียจากผลไม้

ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเศษของเสียจากผลไม้ 7 ชนิด ที่ผ่านการปรับสภาพ 2 แบบ มีดังนี้ เปลือกกล้วยน้ำว้า มีค่า 44.71 mg/L (SD = 1.54) และ 32.26 mg/L (SD = 3.00) จุกสับปะรด มีค่า 25.36 mg/L (SD = 1.08) และ 14.92 mg/L (SD = 0.61) เปลือกส้มเขียวหวาน มีค่า 45.25 mg/L (SD = 0.77) และ 27.86 mg/L (SD = 0.46) เปลือกเงาะโรงเรียน มีค่า 21.83 mg/L (SD = 0.69) และ 20.30 mg/L (SD = 3.30) เปลือกลองกอง มีค่า 28.89 mg/L (SD = 1.00) และ 19.22 mg/L (SD = 0.23) เปลือกมะนาว มีค่า 25.58 mg/L (SD = 2.46) และ 20.36 mg/L (SD = 0.31) และเปลือกแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวเปลือกแดง มีค่า 31.61 mg/L (SD = 1.77) และ 13.29 mg/L (SD = 0.77) ตามลำดับ

3) ปริมาณผลผลิตน้ำตาลทั้งหมด (Total Sugar Yield) ในเศษของเสียจากผลไม้

ปริมาณผลผลิตน้ำตาลทั้งหมดในเศษของเสียจากผลไม้ 7 ชนิด ที่ปรับสภาพ 2 แบบ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.01-57.96 %Total Sugar/gVS โดยเปลือกกล้วยน้ำว้า มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 44.95 และ 32.78 %Total Sugar/gVS รองลงมาคือ เปลือกส้มเขียวหวาน มีค่า 40.02 และ 26.92 %Total Sugar/gVS เปลือกแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวเปลือกแดง มีค่า 28.36 และ12.34 %Total Sugar/gVS เปลือกลองกอง มีค่า 25.92 และ 17.84 %Total Sugar/gVS จุกสับปะรด มีค่า 25.41 และ 14.93 %Total Sugar/gVS เปลือกมะนาว มีค่า 22.94 และ 18.90 %Total Sugar/gVS และเปลือกเงาะโรงเรียน มีค่า 21.19 และ18.54 %Total Sugar/gVS ตามลำดับ

4) การประมาณการปริมาณกรดซิตริกจากปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเศษของเสียจากผลไม้

ผลการประมาณการปริมาณกรดซิตริกในเศษของเสียจากผลไม้ 7 ชนิด ที่ปรับสภาพ 2 แบบ พบว่า เปลือกส้มเขียวหวาน มีค่า 48.27 mg/L และ 29.72 mg/L เปลือกกล้วยน้ำว้า มีค่า 47.69 mg/L และ 34.41 mg/L เปลือกแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวเปลือกแดง มีค่า 33.72 mg/L และ 14.18 mg/Lเปลือกลองกอง มีค่า 30.82 mg/L และ 20.50 mg/L เปลือกมะนาว มีค่า 27.28 mg/L และ 21.72 mg/L จุกสับปะรด มีค่า 27.05 mg/L และ 15.92 mg/L และเปลือกเงาะโรงเรียน มีค่า 23.28 mg/L และ 21.66 mg/L ตามลำดับ

การอภิปรายผล

เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเศษของเสียจากผลไม้ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ กับปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่ได้จากงานวิจัยของ ศิริลักษณ์ ชมชื่นกลิ่น และคณะ (2557) (6) พบว่า

1) ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเปลือกกล้วยน้ำว้าที่วิเคราะห์ได้จากงานวิจัยครั้งนี้ มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้ในงานวิจัยของศิริลักษณ์ ชมชื่นกลิ่น และคณะ (2557) โดยมีค่าเท่ากับ 44.71 mg/L และ 40.01 mg/L

2) ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในจุกสับปะรดที่วิเคราะห์ได้จากงานวิจัยครั้งนี้ มีค่าต่ำกว่าในงานวิจัยของ ศิริลักษณ์ ชมชื่นกลิ่น และคณะ (2557) โดยมีค่าเท่ากับ 25.36 mg/L และ 48.48 mg/L ซึ่งน่าจะมาจากการเลือกขนาดชิ้นส่วนของจุกสับปะรดที่มีความแตกต่างกัน

จากการศึกษา พบว่า เปลือกส้มเขียวหวาน และเปลือกกล้วยน้ำว้า เป็นเศษของเสียจากผลไม้ที่มีศักยภาพสูงในการนำไปใช้หมักทางชีวภาพเพื่อผลิตกรดซิตริก เนื่องจากมีส่วนประกอบเป็นสารอินทรีย์สูง (VS = 21.83% และ 12.85%) โดยมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเป็นองค์ประกอบอยู่ 45.25 mg/L และ 44.71 mg/L ในขณะที่เปลือกเงาะโรงเรียน มีส่วนประกอบเป็นสารอินทรีย์ในปริมาณสูงเช่นกัน (VS = 23.20%) แต่มีศักยภาพในการนำไปใช้หมักต่ำกว่า เนื่องจากมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเป็นองค์ประกอบอยู่เพียง 21.83 mg/L ทั้งนี้ ส่วนประกอบดังกล่าว อาจเป็นสารอินทรีย์เชิงซ้อนชนิดอื่น เช่น ลิกโนเซลลูโลส เป็นต้น

การปรับสภาพเศษของเสียจากผลไม้ ด้วยกรดซัลฟิวริก 98% เป็นวิธีที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ ส่วนการปรับสภาพโดยการนำเศษของเสียจากผลไม้ไปนึ่งแล้วปรับสภาพต่อด้วยกรดซัลฟิวริก 98% มีผลต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้ โดยทำให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดลงร้อยละ 7.01-57.96 ทั้งนี้ น่าจะเกิดจากปฏิกิริยา Wet Oxidation ขณะทำการปรับสภาพโดยการนึ่งด้วยไอน้ำ ที่ทำให้น้ำตาลในเศษของเสียจากผลไม้ถูกออกซิไดซ์ ส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้ มีค่าต่ำ

เอกสารอ้างอิง

(1) กัญจน์พร อริยเลิศปัญญา และบริษัท เชิร์ฟเวอร์ทูเดย์ (ประเทศไทย) จำกัด. (2553). การพัฒนาธุรกิจจากกาก อุตสาหกรรมน้ำผลไม้ กรณีศึกษา กากส้ม และกากฝรั่ง. *วารสารวิทยาลัยพาณิชยศาสตร์บูรพาปริทัศน์*, 5, 23-33.

(2) ศศิธร นนทา, สมพงศ์ โอทอง และนุชนาถ แช่มช้อย. (2559). ผลผลิตกรดแลคติกจากกระบวนการหมักเศษผลไม้. *วารสาร มฉก.วิชาการ*, 20(39), 1-12.

(3) สุจิตรา กุลวงษ์, ประวิทย์ คงจันทร์ และนุชนาถ แช่มช้อย. (2558). ผลผลิตและสภาวะในการผลิตกรด ซิตริกจากกระบวนการหมักเศษของเสียจากผลไม้. *วารสารวิจัยราชภัฏธนบุรีรับใช้สังคม*, 1, 150-163.

(4) APHA. (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th ed. Bultimore: United Book Press.

(5) Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. and Smith, F. (1956). Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. *Analytical Chemistry*, 28(3), 350-356.

(6) ศิริลักษณ์ ชมชื่นกลิ่น และคณะ. (2557). *ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเศษของเสียจากผลไม้*. รายงานการวิจัย ประกอบรายวิชา EH 4233, คณะสาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ.