รายงายวิจัยฉบับสมบูรณ์

การปรับปรุงกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพ จากใบและจุกสับปะรด

Process Improvement of Biodegradable Food Package from Pineapple Turgid Leaf and Crown

ดร. จุฬารัตน์ หงส์วลีรัตน์

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้

(เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562

มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 54477

สัญญาเลขที่ 51.3/2562

รายงายวิจัยฉบับสมบูรณ์

การปรับปรุงกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากใบและจุกสับปะรด

Process Improvement of Biodegradable Food Package from Pineapple Turgid Leaf and Crown

ดร. จุฬารัตน์ หงส์วลีรัตน์

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

มกราคม 2562

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 51.3/2562

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร
(Executive Summary)

ข้าพเจ้า ดร. จุฬารัตน์ หงส์วลีรัตน์ ได้รับทุนสนับสนุนโครงการวิจัยจากมหาวิทยาลัยบูรพา ประเภทงบประมาณเงินรายได้ จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) 2562 มหาวิทยาลัยบูรพา โครงการวิจัยเรื่อง การปรับปรุงกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากใบและจุกสับปะรด (Process Improvement of Biodegradable Food Package from Pineapple Turgid Leaf and Crown) สัญญาเลขที่ 51.3/2562 ได้รับงบประมาณรวมทั้งสิ้น 325,400 บาท (สามแสนสองหมื่นห้าพันสี่ร้อยบาทถ้วน)
ระยะเวลาดำเนินการ 11 เดือน (ระหว่างวันที่ 30 มกราคม 2562 ถึง 25 ธันวาคม 2562)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของปัจจัยในกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเยื่อใบและจุกสับปะรดสายพันธุ์ศรีราชาโดยการขึ้นรูปด้วยความร้อน ได้แก่ ขนาดของวัตถุดิบในการเตรียมเยื่อทางเคมี สภาวะในการตีป่น (เวลาที่ใช้) และสภาวะในการขึ้นรูป (อุณหภูมิและเวลา) ต่อคุณภาพของบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเยื่อใบและจุกสับปะรด ผลการศึกษาขนาดของวัตถุดิบพบว่า บรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดความยาว 2 ซม. มีการจัดเรียงตัวของเยื่อหนาแน่นกว่าเล็กน้อย ขอบจานและก้นจานมีความหนาน้อยกว่า มีค่าการดูดซึมน้ำและค่าการต้านทานแรงทิ่มทะลุต่ำกว่า แต่มีค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลืองสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรด

ผลการศึกษาเวลาที่ใช้ในการตีป่นพบว่า บรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรดที่ใช้เวลาในการตีป่น 25 วินาที มีการจัดเรียงตัวของเยื่อหนาแน่นกว่า ขอบจานและก้นจานมีความหนาน้อยกว่า มีค่าการต้านทานแรงทิ่มทะลุสูงกว่า มีค่าความสว่าง และค่าความเป็นสีเหลืองสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรดที่ใช้เวลาในการตีป่น 15 วินาที แต่เวลาที่ใช้ในการตีป่นไม่มีผลต่อการดูดซึมน้ำและปริมาณความชื้นของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรด ส่วนบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดความยาว 2 เซนติเมตร ที่ใช้เวลาในการตีป่น 15 และ 25 วินาที มีการจัดเรียงตัวของเยื่อหนาแน่นไม่แตกต่างกัน ค่าการดูดซึมน้ำ ค่าการต้านทานแรงทิ่มทะลุ ค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลืองของ

บรรจุภัณฑ์ที่ใช้เวลาในการตีป่น 15 และ 25 วินาที แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แต่ความหนาของขอบจานและก้นจานที่ใช้เวลาในการตีป่น 25 วินาที มีค่าน้อยกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ใช้เวลาในการตีป่น 15 วินาที และปริมาณความชื้นของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่ใช้เวลาในการตีป่น 25 วินาที มีค่ามากกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ใช้เวลาในการตีป่น 15 วินาที

ผลการศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการขึ้นรูปพบว่า บรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรดที่ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 150°C 20 นาที และ 200°C 1 นาที มีการจัดเรียงตัวของเยื่อหนาแน่นไม่แตกต่างกัน ความหนาของขอบจานไม่แตกต่างกันแต่ความหนาของก้นจานที่ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 200°C 1 นาที มีค่ามากกว่า ค่าการต้านทานแรงทิ่มทะลุและปริมาณความชื้นของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 200°C 1 นาที มีค่าน้อยกว่า แต่อุณหภูมิและเวลาในการขึ้นรูปไม่มีผลต่อการดูดซึมน้ำของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรด ส่วนบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดความยาว 2 เซนติเมตร ที่ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 150°C 20 นาที และ 200°C 1 นาที มีการจัดเรียงตัวของเยื่อหนาแน่นไม่แตกต่างกัน ความหนาของขอบจานและก้นจาน ค่าการดูดซึมน้ำ และค่าการต้านทานแรงทิ่มทะลุแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แต่ปริมาณความชื้นของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 200°C 1 นาที มีค่าน้อยกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 150°C 20 นาที

จากผลการวิจัยทั้งหมดแสดงให้เห็นว่า ขนาดของวัตถุดิบในการเตรียมเยื่อทางเคมีมีผลต่อคุณภาพของบรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปในทุกด้าน สภาวะในการตีป่น (เวลาที่ใช้) มีผลต่อการจัดเรียงตัวของเยื่อ ความหนา ค่าการต้านทานแรงทิ่มทะลุ และค่าสีของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรด แต่มีผลเฉพาะความหนาและปริมาณความชื้นของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรด และสภาวะในการขึ้นรูป (อุณหภูมิและเวลา) มีผลต่อค่าการต้านทานแรงทิ่มทะลุและปริมาณความชื้นของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรด แต่มีผลเฉพาะปริมาณความชื้นของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรด

Output / Outcome

ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับชาติ

ต้นแบบผลิตภัณฑ์

ด้านวิชาการ ผลที่ได้จากการวิจัยนี้มีประโยชน์ต่อการเรียนการสอนในรายวิชานวัตกรรมการแปรรูปอาหาร หัวข้อบรรจุภัณฑ์แนวใหม่ และรายวิชาการใช้วัสดุเศษเหลือจากอุตสาหกรรมอาหาร หัวข้อ

ผลไม้เขตร้อนและกึ่งร้อน สำหรับนิสิตระดับบัณฑิตศึกษา และรายวิชาการบรรจุภัณฑ์อาหารซึ่งเป็นวิชาเอกเลือก สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี นอกจากนี้ยังสามารถเผยแพร่องค์ความรู้ที่ได้ในงานประชุมวิชาการ หรือตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับชาติหรือนานาชาติ

ด้านพาณิชย์ ผลที่ได้จากการวิจัยนี้สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดการผลิตในระดับอุตสาหกรรม

ด้านสาธารณะ การใช้บรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้ตามธรรมชาติสามารถช่วยลดปัญหามลภาวะเนื่องจากขยะที่มาจากบรรจุภัณฑ์อาหารในชุมชน นอกจากนั้นยังช่วยลดปริมาณเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรในชุมชนอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

จะเห็นได้ว่าปัจจัยในกระบวนการผลิตที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ให้ผลที่แตกต่างกันต่อคุณภาพหรือสมบัติต่างๆ ของบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากใบและจุกสับปะรด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมเพื่อให้ได้บรรจุภัณฑ์อาหารขึ้นรูปจากเยื่อใบและจุกสับปะรดที่มีคุณสมบัติตรงกับการใช้งานแบบครั้งเดียวทิ้งและมีกำลังผลิตเหมาะสมกับการนำไปใช้ในเชิงการค้า

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของปัจจัยในกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเยื่อใบและจุกสับปะรดสายพันธุ์ศรีราชาโดยการขึ้นรูปด้วยความร้อน ได้แก่ ขนาดของวัตถุดิบในการเตรียมเยื่อทางเคมี สภาวะในการตีป่น (เวลาที่ใช้) และสภาวะในการขึ้นรูป (อุณหภูมิและเวลา) ต่อคุณภาพของบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเยื่อใบและจุกสับปะรด ผลการศึกษาขนาดของวัตถุดิบพบว่า บรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดความยาว 2 ซม. มีการจัดเรียงตัวของเยื่อหนาแน่นกว่าเล็กน้อย ขอบจานและก้นจานมีความหนาน้อยกว่า มีค่าการดูดซึมน้ำและค่าการต้านทานแรงทิ่มทะลุต่ำกว่า แต่มีค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลืองสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรด

ผลการศึกษาเวลาที่ใช้ในการตีป่นพบว่า บรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรดที่ใช้เวลาในการตีป่น 25 วินาที มีการจัดเรียงตัวของเยื่อหนาแน่นกว่า ขอบจานและก้นจานมีความหนาน้อยกว่า มีค่าการต้านทานแรงทิ่มทะลุสูงกว่า มีค่าความสว่าง และค่าความเป็นสีเหลืองสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรดที่ใช้เวลาในการตีป่น 15 วินาที แต่เวลาที่ใช้ในการตีป่นไม่มีผลต่อการดูดซึมน้ำและปริมาณความชื้นของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรด ส่วนบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดความยาว 2 เซนติเมตร ที่ใช้เวลาในการตีป่น 15 และ 25 วินาที มีการจัดเรียงตัวของเยื่อหนาแน่นไม่แตกต่างกัน ค่าการดูดซึมน้ำ ค่าการต้านทานแรงทิ่มทะลุ ค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลืองของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้เวลาในการตีป่น 15 และ 25 วินาที แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แต่ความหนาของขอบจานและก้นจานที่ใช้เวลาในการตีป่น 25 วินาที มีค่าน้อยกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ใช้เวลาในการตีป่น 15 วินาที และปริมาณความชื้นของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่ใช้เวลาในการตีป่น 25 วินาที มีค่ามากกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ใช้เวลาในการตีป่น 15 วินาที

ผลการศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการขึ้นรูปพบว่า บรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรดที่ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 150°C 20 นาที และ 200°C 1 นาที มีการจัดเรียงตัวของเยื่อหนาแน่นไม่แตกต่างกัน ความหนาของขอบจานไม่แตกต่างกันแต่ความหนาของก้นจานที่ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 200°C 1 นาที มีค่ามากกว่า ค่าการต้านทานแรงทิ่มทะลุและปริมาณความชื้นของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 200°C 1 นาที มีค่าน้อยกว่า แต่อุณหภูมิและเวลาในการขึ้นรูปไม่มีผลต่อการดูดซึมน้ำของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรด ส่วนบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดความ

ยาว 2 เซนติเมตร ที่ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 150°C 20 นาที และ 200°C 1 นาที มีการจัดเรียงตัวของเยื่อหนาแน่นไม่แตกต่างกัน ความหนาของขอบจานและก้นจาน ค่าการดูดซึมน้ำ และค่าการต้านทานแรงทิ่มทะลุแตกต่างกันอย่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แต่ปริมาณความชื้นของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 200°C 1 นาที มีค่าน้อยกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 150°C 20 นาที

จากผลการวิจัยทั้งหมดแสดงให้เห็นว่า ขนาดของวัตถุดิบในการเตรียมเยื่อทางเคมีมีผลต่อคุณภาพของบรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปในทุกด้าน สภาวะในการตีป่น (เวลาที่ใช้) มีผลต่อการจัดเรียงตัวของเยื่อ ความหนา ค่าการต้านทานแรงทิ่มทะลุ และค่าสีของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรด แต่มีผลเฉพาะความหนาและปริมาณความชื้นของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรด และสภาวะในการขึ้นรูป (อุณหภูมิและเวลา) มีผลต่อค่าการต้านทานแรงทิ่มทะลุและปริมาณความชื้นของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรด แต่มีผลเฉพาะปริมาณความชื้นของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรด

Abstarct

The effects of process parameters to produce disposable thermoformed plate of 5 inch in diameter were studied including size of Sriracha pineapple leaf and crown, mixing time, and thermoforming temperature and time. The results indicated that the plates obtained from 2-cm pineapple leaf had denser fiber alignment, thinner, lower water absorption and puncture resistance, but higher L*, a* and b* values than those obtained from whole crown. The plates obtained from whole crown with 25-s mixing time showed denser fiber alignment, thinner, and higher puncture resistance, L*, and b* values than those obtained with 15-s mixing time. While the plates obtained from 2-cm pineapple leaf with both mixing time showed similar fiber alignment, water absorption, puncture resistance, and L*, a* and b* values. However, the plates obtained from 2-cm pineapple leaf with 25-s mixing time were thinner and contained higher moisture content than those obtained with 15-s mixing time. The plates obtained from whole crown with forming conditions at 150°C 20 min and 200°C 1 min showed similar fiber alignment and water absorption, but the plates obtained with forming conditions at 200°C 1 min had lower puncture resistance and moisture content. While the plates obtained from 2-cm pineapple leaf with forming conditions at 150°C 20 min and 200°C 1 min showed similar fiber alignment, thickness, water absorption, and puncture resistance. However, the plates obtained from 2-cm pineapple leaf with forming conditions at 200°C 1 min contained lower moisture content than those obtained with forming conditions at 150°C 20 min.

The overall results revealed that size of Sriracha pineapple leaf and crown affected all characteristics of the disposable thermoformed plates. Mixing time did effect fiber alignment, thickness, puncture resistance, and color of the plates obtained from whole crown, but thickness and moisture content of the plates obtained from 2-cm pineapple leaf. Thermoforming temperature and time impacted on puncture

resistance and moisture content, but only moisture content of the plates obtained from 2-cm pineapple leaf.

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันประเทศไทยประสบกับปัญหาด้านขยะมูลฝอยตกค้างและการจัดการขยะมูลฝอย ซึ่งเป็นขยะจากทั้งภาคครัวเรือนและสถานประกอบการ และในปี 2559 ได้มีการจัดลำดับจังหวัดที่เกิดวิกฤตจากปัญหาดังกล่าวเพื่อเป็นการกระตุ้นให้จังหวัดเกิดความตื่นตัวในการแก้ไขปัญหาของสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยที่ดำเนินการไม่ถูกต้อง และเพื่อเป็นการลดมลพิษของขยะมูลฝอยที่อาจจะส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบ จังหวัดที่เกิดวิกฤตทั้งด้านขยะมูลฝอยตกค้างและการจัดการขยะมูลฝอยลำดับที่ 1 คือฉะเชิงเทรา ส่วนจังหวัดอื่นๆ ในภาคตะวันออกที่เกิดวิกฤตด้านขยะมูลฝอยตกค้าง ได้แก่ ชลบุรี (ลำดับที่ 6) และที่เกิดวิกฤตด้านการจัดการขยะมูลฝอย ได้แก่ สระแก้ว (ลำดับที่ 9) ซึ่งการลดปริมาณขยะมูลฝอยด้วยการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่น บรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้ทางชีวภาพหรือตามธรรมชาติจัดเป็นแนวทางหนึ่งในการจัดการขยะมูลฝอยอย่างมีประสิทธิภาพ (กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่นและกรมควบคุมมลพิษ, 2559)

นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาในเรื่องของความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและการใช้พลังงานในรูปแบบต่างๆ การใช้ของเหลือทิ้งจากการเกษตรจะได้เปรียบกว่าการใช้พืชที่ต้องปลูกขึ้นมา เนื่องจากในการปลูกพืชต่างๆ จะต้องมีการเตรียมดิน บำรุงดิน ใส่ปุ๋ย รดน้ำ ใช้ยาฆ่าแมลงรวมทั้งสารกระตุ้นต่างๆ และใช้เครื่องจักรกลการเกษตร ซึ่งแต่ละกิจกรรมก็จะทิ้งรอยเท้าคาร์บอน (carbon footprint) ไว้ปริมาณหนึ่ง (ทวีชัย อมรศักดิ์ชัย และ นันทยา เก่งเขตร์กิจ, 2557)

สับปะรดเป็นสินค้าเศรษฐกิจของประเทศไทย ในประเทศมีพื้นที่ปลูกสับปะรดเกือบ 600,000 ไร่ ในแต่ละรอบการผลิตจะมีใบสับปะรดสดเหลือทิ้งมากกว่า 4000 กิโลกรัมต่อไร่ (ทวีชัย อมรศักดิ์ชัย และ นันทยา เก่งเขตร์กิจ, 2557) ถ้ารวมใบและจุกสับปะรดเหลือทิ้งประมาณ 2.5 ล้านตัน (คิดจากพื้นที่ปลูกประมาณ 6 แสนไร่) เศษเหลือเหล่านี้จะมีมากทุกปีระหว่างเดือน เม.ย.- มิ.ย. และระหว่าง พ.ย.-ม.ค. (สุมน โพธิ์จันทร์, มปป.) ซึ่งใบและจุกสับปะรดมีส่วนประกอบและคุณสมบัติสำคัญที่สามารถนำมาใช้ผลิตบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพ โดยใบสับปะรดมีปริมาณเซลลูโลสสูงถึง ร้อยละ 65-71 (Aremu et al., 2015; Daud et al., 2014; Kengkkhetkit and Amornsakchai, 2014) และจุกสับปะรดมีปริมาณเซลลูโลสประมาณร้อยละ 30 (Aremu et al., 2015; Upadhyay et al., 2010)

จากการทดลองเบื้องต้นของผู้วิจัยในการผลิตบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากส่วนใบของลำต้นและส่วนบนของผลสับปะรด (จุฬารัตน์ หงส์วลีรัตน์, 2559) พบว่าสามารถขึ้นรูปจานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว โดยการขึ้นรูปด้วยพิมพ์ร้อนที่ติดอยู่กับเครื่องอัดเบ้าแบบใช้แรงคน ซึ่ง

ภายใน 1 ชั่วโมงสามารถผลิตบรรจุภัณฑ์ได้เพียง 4 ชิ้น (ชิ้นละ 15 นาที) และยังพบว่าการเตรียมเยื่อสับปะรดที่ใช้วิธีทางเคมี (โซเดียมคาร์บอเนต) ทำให้ได้บรรจุภัณฑ์ขึ้นรูป (เต็มวง) สมบูรณ์กว่าที่ใช้วิธีทางกายภาพ นอกจากนั้นเมื่อเพิ่มความดันที่ใช้ในการขึ้นรูปจาก 150 psi เป็น 250 และ 350 psi พบว่าบรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปได้เต็มวง โดยความหนาลดลงแต่ความชื้นเพิ่มขึ้น จะเห็นได้ว่าการผลิตบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากใบและจุกสับปะรดยังคงมีกำลังการผลิตต่ำ และบรรจุภัณฑ์ที่ได้ยังต้องได้รับการปรับปรุง ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้บรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการใช้กับผลิตภัณฑ์อาหาร และเพื่อเพิ่มกำลังการผลิต จนสามารถนำไปต่อยอดในเชิงสาธารณะได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.เพื่อศึกษาผลของขนาดของวัตถุดิบในการเตรียมเยื่อทางเคมีต่อคุณภาพของบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากใบและจุกสับปะรด

2.เพื่อศึกษาผลของสภาวะในการตีป่น (เวลาที่ใช้ในการตีเยื่อ) ต่อคุณภาพของบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากใบและจุกสับปะรด

3.เพื่อศึกษาผลของสภาวะในการขึ้นรูป (อุณหภูมิและเวลา) ต่อคุณภาพของบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากใบและจุกสับปะรด

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการเตรียมเยื่อทางเคมีโดยใช้วัตถุดิบเริ่มต้นที่มีลักษณะแตกต่างกัน คือการใช้ทั้งใบ (จากจุกสับปะรด) เพื่อสะดวกในการผลิตจริง และการใช้ใบสับปะรดที่ตัดแต่งให้มีขนาดเล็กลงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการเตรียมเยื่อจากการเพิ่มพื้นที่ผิวให้กับวัตถุดิบ สำหรับการตีป่น มีการแปรผันเวลาที่ใช้ในการตีเยื่อ และสำหรับการขึ้นรูป มีการแปรผันอุณหภูมิของพิมพ์ที่ติดอยู่กับเครื่องอัดเบ้าและเวลาที่ใช้ในการขึ้นรูป เพื่อให้ได้สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากใบและจุกสับปะรด

1.4 แนวทางความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย

กระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเยื่อพืชโดยการขึ้นรูปด้วยความร้อนทำโดยการนำวัตถุดิบมาต้มในน้ำหรือสารละลายด่าง แล้วผสมให้เข้ากันจนได้ความหนืดที่เหมาะสม (อาจมีการเติมสารเติมแต่งเพื่อให้ได้บรรจุภัณฑ์มีลักษณะตามที่ต้องการ) จากนั้นนำเยื่อที่ได้มาขึ้นรูปด้วยพิมพ์ (ขึ้นรูปเปียก) ทำให้แห้งด้วยพิมพ์ร้อนที่ติดอยู่กับเครื่องอัดเบ้า (ขึ้นรูปแห้ง) และตัดแต่งขอบ แต่จากการทดลองเบื้องต้นของผู้วิจัย พบว่าสามารถนำเยื่อสับปะรดมาขึ้นรูปและทำให้แห้งด้วยพิมพ์

ร้อนที่ติดอยู่กับเครื่องอัดเบ้าได้โดยไม่ต้องขึ้นรูปเปียกก่อน เส้นใยสับปะรดจัดเป็นเส้นใยจากพืชที่สำคัญชนิดหนึ่งเนื่องจากมีปริมาณเซลลูโลสสูงซึ่งส่งผลดีต่อความทนต่อแรงดึงขาดของเส้นใยเพราะโดยธรรมชาติเซลลูโลสมีโครงสร้างเป็นผลึก และในโมเลกุลเซลลูโลสมีหมู่ไฮดรอกซิลจำนวนมากที่พร้อมจะยึดเกาะกับน้ำด้วยพันธะไฮโดรเจน ซึ่งส่งผลดีต่อการเตรียมเยื่อ โดยการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์อาหารจากเยื่อพืชด้วยความร้อนให้มีประสิทธิภาพ ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างทั้งวัตถุดิบ วิธีการเตรียมเยื่อ และสภาวะในการตีเยื่อและขึ้นรูป

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน ทั้งทางด้านวิชาการ ด้านเศรษฐกิจ/พาณิชย์ รวมถึงด้านสังคมและชุมชน ด้านวิชาการ สามารถนำความรู้ที่ได้มาใช้ในการเรียนการสอนเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหารที่ปลอดภัยและรักษ์สิ่งแวดล้อม และสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดงานวิจัยโดยใช้วัสดุธรรมชาติอื่น ด้านเศรษฐกิจ/พาณิชย์ สามารถนำไปผลิตเพื่อจำหน่าย เป็นการเพิ่มชนิดของวัตถุดิบซึ่งมีต้นทุนต่ำนอกเหนือจากชานอ้อย ส่วนด้านสังคมและชุมชน สามารถนำผลงานที่ได้เผยแพร่และประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนได้มีทางเลือกที่ปลอดภัยกว่าการใช้โฟม

หน่วยงานภาครัฐที่อาจนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ ได้แก่ เทศบาลต่างๆในจังหวัดที่มีการปลูกสับปะรดเป็นจำนวนมาก สามารถถ่ายทอดวิธีการผลิตให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

หน่วยงานภาคเอกชนที่อาจนำผลงานไปใช้ประโยชน์ ได้แก่ บริษัท บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม จำกัด (มหาชน)

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

จากปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ทั่วโลกกำลังเผชิญ ส่งผลให้อุตสาหกรรมต่างๆ ที่ใช้วัตถุดิบและกระบวนการผลิตซึ่งส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมต้องทบทวนและศึกษาหากระบวนการผลิตที่ดีขึ้น ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบันได้มีการศึกษาและพัฒนาวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่รักษ์สิ่งแวดล้อมหลายประเภท ประเภทที่ 1 คือพลาสติกเสริมแรง (reinforce plastic) หรือพลาสติกที่มีส่วนประกอบของวัสดุธรรมชาติ (green plastic composite) เช่น พลาสติกชนิดพอลิพรอพิลีนเสริมแรงด้วยเส้นใยจากเปลือกสับปะรด (reinforce polypropylene) (Kengkhetkit and Amornsakchai, 2012; Kengkhetkit and Amornsakchai, 2014; Mohantya et al., 2000) ประเภทที่ 2 คือพลาสติกชีวภาพ (biodegradable plastic หรือ biodegradable polymer) เช่นที่ผลิตจาก PLA (poly lactic acid) (Petchwattana and Naknaen, 2016; Mohantya et al., 2000) และประเภทที่ 3 คือวัสดุจากสิ่งมีชีวิตที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (biodegradable materials) เช่น ชานอ้อย (Didone et al., 2017; Sridach, 2014) ซึ่งมีการผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์อาหารในเชิงพาณิชย์แล้ว และใบสับปะรด (ลดามาศ เบ็นชา และคณะ, 2559) ซึ่งใช้ผลิตเป็นถุงกระดาษเท่านั้นโดยยังไม่มีการผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์อาหาร อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์อาหารเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่มีการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตให้ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลงอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน

2.1 บรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปจากเยื่อหรือเส้นใย (molded pulp packaging หรือ molded fiber packaging)

บรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปจากเยื่อเป็นที่รู้จักกันมานานกว่า 100 ปีแล้ว อย่างไรก็ตามมีการนำมาใช้ประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรมอาหารเฉพาะเป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับไข่ โดย Martin L. Keyes เป็นผู้ได้รับสิทธิบัตร (US 740,023) ด้านเครื่องมือสำหรับผลิตบรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปจากเยื่อเป็นคนแรกเมื่อปี พ.ศ. 2446 และได้ก่อตั้งเป็นบริษัทที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (Wever and Twede, 2007)

บรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเยื่อพืช เช่น ชานอ้อย และใบและจุกสับปะรด ซึ่งผลิตโดยการขึ้นรูปด้วยความร้อน เป็นบรรจุภัณฑ์รักษ์สิ่งแวดล้อมและจัดเป็นผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปโดยใช้พิมพ์ (molded pulp products, MPPs) ในปัจจุบันมีการแบ่ง MPPs เป็น 4 ประเภท โดย IMFA (the International Molded Fiber Association) ดังนี้คือ 1.แบบผนังหนา (thick wall) 5-10 mm ผลิตจากกระดาษคราฟท์ผสมกับกระดาษใช้แล้ว นิยมใช้กับเฟอร์นิเจอร์และชิ้นส่วนรถยนต์ 2. แบบพิมพ์ถ่ายโอน (transferred molded) 3-5 mm ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์เก่า นิยมใช้บรรจุ

ไข่และใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า 3.แบบขึ้นรูปด้วยความร้อนหรือแบบผนังบาง (thermoformed หรือ thin wall) 2-4 mm จะได้ผลิตภัณฑ์คุณภาพสูงที่มีขนาดสม่ำเสมอ และมีพื้นผิวสัมผัสเรียบและแข็งแรง และ 4.แบบแปรรูป (processed) ผลิตโดยมีการเพิ่มเติมสิ่งเหล่านี้ เช่น การพิมพ์ (printing) การเคลือบ (coatings) หรือการใช้สารเติมแต่ง (additives) การจำแนกประเภทของ MPPs มีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยให้เกิดความชัดเจนในกระบวนการขึ้นรูป เนื่องจากในงานวิจัยส่วนใหญ่อธิบายในภาพรวมโดยไม่มีการระบุว่าเป็นกระบวนการขึ้นรูปแบบใด (Didone et al., 2017) สำหรับบรรจุภัณฑ์อาหารจากชานอ้อยและบรรจุภัณฑ์จากใบและจุกสับปะรดจัดเป็น MPPs แบบที่ 3 หรือ 4 คือ แบบขึ้นรูปด้วยความร้อนหรือแบบแปรรูป

ภาพที่ 2.1 ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปจากเยื่อ (MPPs) (Didone et al., 2017)

ประทุมทอง ไตรรัตน์ (2560) ได้ทดลองผลิตบรรจุภัณฑ์เยื่อกระดาษขึ้นรูปจากวัสดุเหลือทิ้งจากภาคการเกษตร (ต้นเฮลิโคเนีย ก้านกุหลาบ และต้นกระถิน) และจากการทดสอบในระหว่างการขนส่งพบว่าผลไม้ (มะม่วงและมะละกอ) ยังคงสภาพดีไม่เกิดการเสียหายระหว่างการขนส่ง

2.2 กระบวนการผลิตและปัจจัยในกระบวนการผลิต MPPs

เริ่มต้นจากการใช้พิมพ์ที่ประกอบด้วย 2 ส่วน และมีช่องว่างระหว่าง 2 ส่วนนี้ซึ่งใช้ในการขึ้นรูป โดยนำพิมพ์ที่มีรูพรุนจุ่มลงใน pulp slurry และใช้ suction ทำให้เกิดชั้นของเยื่อติดอยู่ที่พิมพ์ จากนั้นเลื่อนพิมพ์อีกด้านหนึ่งมาประกบด้วยแรงดันเพื่อให้ได้รูปทรงที่เหมาะสม และส่งเยื่อที่ขึ้นรูปแล้วผ่านสายพานไปทำการอบแห้งต่อไป วัสดุที่ใช้ทำพิมพ์ ได้แก่ ทองเหลืองหรือพลาสติก (Wever and Twede, 2007) ในปัจจุบันบรรจุภัณฑ์กระดาษส่วนใหญ่ผลิตจากแผ่นกระดาษและประกอบขึ้นเป็นบรรจุภัณฑ์ ขณะที่ MPPs ผลิตจากการนำเส้นใยเซลลูโลสมากระจายตัวในน้ำ ขึ้นรูป กำจัดน้ำออก และทำแห้งด้วยพิมพ์ร้อนหรือเตาอบ โดยเยื่อเซลลูโลสที่ขึ้นรูปก่อนการทำแห้งอาจมีปริมาณของของแข็งถึง 50% (Didone et al., 2017)

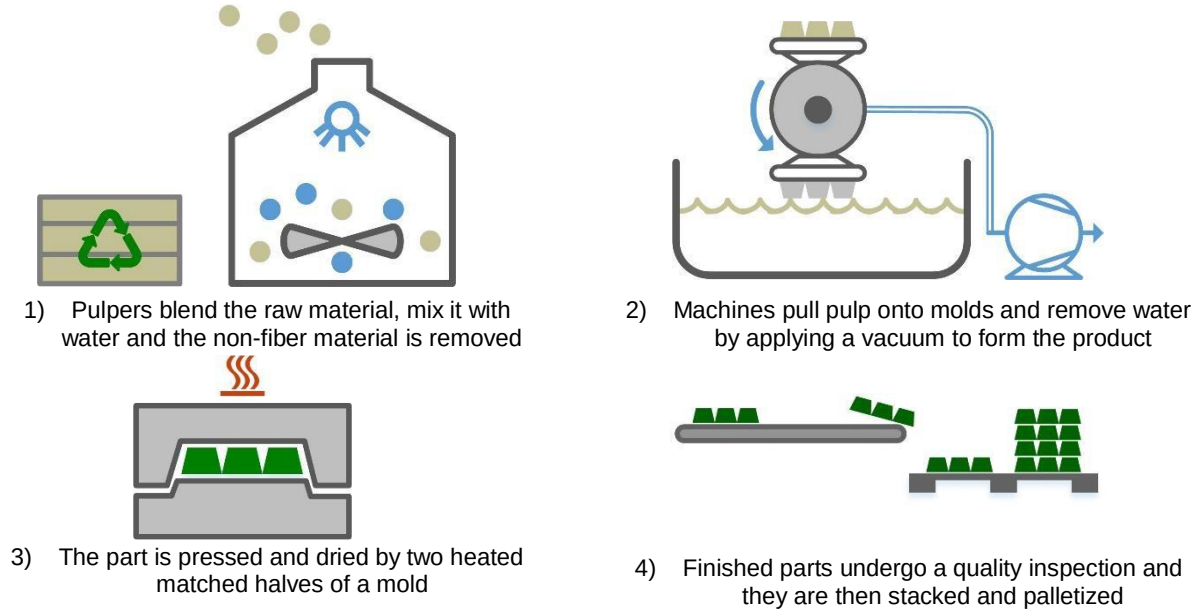
2.2.1 ขั้นตอนการผลิตบรรจุภัณฑ์แบบขึ้นรูปด้วยความร้อน (Didone et al., 2017)

1. การผสม โดยการนำเยื่อที่ได้มาผสมกับน้ำจนได้ความคงตัวที่ต้องการ และเติมสารเติมแต่งลงไปในขั้นตอนนี้เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสมบัติตามต้องการ สารเติมแต่งที่ใช้ ได้แก่ sizing agents หรือ fillers ซึ่งนิยมใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตกระดาษ

2. การขึ้นรูป โดยการนำเยื่อที่มีความคงตัวตามที่ต้องการมาขึ้นรูปในพิมพ์ที่มีรูพรุนซึ่งมีตะแกรงโลหะอยู่ด้านใน จากนั้นเครื่องจะทำการกำจัดน้ำผ่านตะแกรงโลหะร่วมกับการใช้สุญญากาศ ซึ่งจะช่วยให้เส้นใยเชื่อมติดกัน

3. การกดและการทำแห้ง โดยนำชิ้นส่วนที่ขึ้นรูปแล้ววางบนพิมพ์ร้อนเพื่อทำแห้ง ซึ่งพิมพ์ร้อนที่ใช้ประกอบด้วยชิ้นส่วน 2 ชิ้นที่ประกบกันพอดี ทำให้ได้เยื่อขึ้นรูปที่มีผิวเรียบทั้ง 2 ด้านและมีขนาดถูกต้อง ในขั้นตอนนี้ยังสามารถใช้สุญญากาศร่วมด้วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดไอน้ำส่วนเกินออกจากผลิตภัณฑ์สุดท้าย และป้องกันการแยกตัวของเส้นใยซึ่งมีผลต่อความแข็งแรงของเยื่อขึ้นรูป

4. การตัดแต่งและการตรวจสอบคุณภาพ เป็นขั้นตอนสุดท้าย



ภาพที่ 2.2 ขั้นตอนการผลิตบรรจุภัณฑ์แบบขึ้นรูปด้วยความร้อน (Didone et al., 2017)

2.2.2 ปัจจัยในกระบวนการผลิต MPPs ได้แก่ อุณหภูมิ ความดันและเวลาในการขึ้นรูป รวมถึงปริมาณความชื้นของวัตถุดิบ ซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ ความคงตัวของเยื่อ และสมบัติทางกายภาพ เช่น ความหนืด ซึ่งพบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องค่อนข้างจำกัด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากที่ผ่านมาการผลิต MPPs เพื่อนำไปใช้งานส่วนใหญ่ไม่ต้องมีมาตรฐานสูง เช่นเรื่องของความปลอดภัยต่อสุขภาพและความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Didone et al., 2017) Yokoi et al. (2010) ได้ศึกษาถึงผลของสภาวะในการผลิตที่แตกต่างกัน พบว่าอุณหภูมิในการขึ้นรูปเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด นอกจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการขึ้นรูป ยังพบว่าการเตรียมเยื่อโดยวิธีทางเคมีด้วยด่าง (alkaline pulping) มีประสิทธิภาพกว่าวิธีกึ่งเคมี (semi-chemical mechanical pulping) (Sreenath et al. 1996)

2.3 ทิศทางในอนาคตของกระบวนการผลิต MPPs ด้วย Impulse Drying Technology (Didone et al., 2017)

Impulse drying เป็นกระบวนการกำจัดน้ำออกจากเยื่อเปียกโดยใช้ความดันจากแรงกล (3-8 MPa) ร่วมกับความร้อนสูง (100-350 °C) คล้ายคลึงกับกระบวนการกำจัดน้ำจากเยื่อเปียกแบบดั้งเดิมเพียงแต่เพิ่มการใช้ความร้อนสูงร่วมด้วย ซึ่งความร้อนสูงมีหน้าที่ 2 อย่างคือ ลดความหนืดของ

เยื่อเปียกและทำให้โครงสร้างของเยื่ออ่อนตัวส่งผลให้กำจัดน้ำออกได้ง่ายขึ้น ผลที่ได้คือลดเวลาและพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิต MPPs ในปัจจุบันพึ่งมีรายงานการใช้เทคโนโลยีนี้กับการผลิต MPPs

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมี วัสดุและอุปกรณ์ เครื่องมือ

1. ใบสับปะรดและจุกสับปะรดจากผู้ปลูกในอำเภอบ่อทอง จังหวัดชลบุรี

2. โซเดียมไบคาร์บอเนต และโซเดียมคาร์บอเนต

3. อุปกรณ์ในการเตรียมเยื่อใบสับปะรด เช่น กระชอนสเตนเลส เครื่องปั่นแบบแห้ง และเครื่องตีป่น

4. พิมพ์สเตนเลสรูปจานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว (บริษัท เจริญทัศน์ จำกัด จ. สมุทรปราการ)

5. เครื่องอัดเบ้า (compression machine รุ่น PR1D-W300L300HD, บริษัท เจริญทัศน์ จำกัด จ.สมุทรปราการ)

6. ไมโครมิเตอร์

7. อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์การดูดซึมน้ำ เช่น ปิเปตและกระบอกตวงขนาด 10 มิลลิลิตร

8. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer รุ่น TA.XT plus, Stable Micro systems, UK)

9. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ยี่ห้อ LEO รุ่น LEO 1450 VP (ห้องปฏิบัติการกล้องจุลทรรศน์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา)

10. เครื่องวัดสี (Hunter Associates Laboratory, รุ่น Miniscan XP plus, UK)

3.2 การเตรียมใบสับปะรด

ทำความสะอาดใบและจุกสับปะรด โดยการแช่ในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.075% (15 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร) เป็นเวลา 15 นาที เพื่อลดปริมาณสารเคมีตกค้าง แล้วล้างด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง พักไว้บนตะแกรงเป็นเวลา 5 นาที (เก็บตัวอย่างไว้ในช่องแช่แข็งอุณหภูมิต่ำกว่า -18 องศาเซลเซียส)

3.3 การศึกษาผลของขนาดของวัตถุดิบในการเตรียมเยื่อสับปะรดทางเคมีต่อคุณภาพของบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากใบและจุกสับปะรด

นำใบสับปะรดที่เตรียมไว้มาแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 คือจุกสับปะรด ส่วนที่ 2 คือใบสับปะรดที่มีการตัดใบตามแนวขวางให้มีความยาว 2 เซนติเมตร ต้มในสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 1% โดยใช้อัตราส่วนระหว่างใบสับปะรดต่อน้ำเป็น 1:10 ต้มทิ้งไว้เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยกวนทุก ๆ 20 นาทีพร้อมควบคุมอุณหภูมิให้ได้ 100 องศาเซลเซียส กรองเยื่อโดยใช้กระชอนสเตนเลส ล้างน้ำสะอาด 2 ครั้ง โดยเทเยื่อลงในน้ำสะอาด 1000 มิลลิลิตร กรองเยื่อโดยใช้กระชอนสเตนเลส

พักไว้ 10 นาที จากนั้นนำมาผสมน้ำในปริมาณร้อยละ 90 ของน้ำหนักเยื่อและทำการตีป่น เป็นเวลา 15 วินาที และเก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 5-7 องศาเซลเซียส

ก่อนการขึ้นรูป นำเยื่อสับปะรดออกมาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักเยื่อสับปะรด 125 กรัม จากนั้นขึ้นรูปและทำแห้งด้วยพิมพ์ร้อนสเตนเลสรูปจานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว และเครื่องอัดเบ้า (compression machine รุ่น PR1D-W300L300HD) โดยใช้อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส และความดัน 150 lb/in^2 เป็นเวลา 20 นาที และทดสอบสมบัติต่าง ๆ ดังนี้คือ ปริมาณความชื้น ความหนาของขอบจานและก้นจาน การดูดซึมน้ำ การต้านทานแรงทิ่มทะลุ ค่าสี และการจัดเรียงตัวของเยื่อใบสับปะรด

3.4 การศึกษาผลของสภาวะในการตีป่น (เวลาที่ใช้ในการตีเยื่อ) ต่อคุณภาพของบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากใบและจุกสับปะรด

นำใบสับปะรดที่เตรียมไว้ทั้งจุกสับปะรด และใบสับปะรดที่มีการตัดใบตามแนวขวางให้มีความยาว 2 เซนติเมตร ต้มในสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 1% โดยใช้อัตราส่วนระหว่างใบสับปะรดต่อน้ำเป็น 1:10 ต้มทิ้งไว้เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยกวนทุก ๆ 20 นาทีพร้อมควบคุมอุณหภูมิให้ได้ 100 องศาเซลเซียส กรองเยื่อโดยใช้กระชอนสเตนเลส ล้างน้ำสะอาด 2 ครั้ง โดยเทเยื่อลงในน้ำสะอาด 1000 มิลลิลิตร กรองเยื่อโดยใช้กระชอนสเตนเลส พักไว้ 10 นาที จากนั้นนำมาผสมน้ำในปริมาณร้อยละ 90 ของน้ำหนักเยื่อและทำการตีป่น เป็นเวลา 15 และ 25 วินาที เก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 5-7 องศาเซลเซียส

ก่อนการขึ้นรูป นำเยื่อสับปะรดออกมาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักเยื่อสับปะรด 125 กรัม จากนั้นขึ้นรูปและทำแห้งด้วยพิมพ์ร้อนสเตนเลสรูปจานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว และเครื่องอัดเบ้า (compression machine รุ่น PR1D-W300L300HD) โดยใช้อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส และความดัน 150 lb/in^2 เป็นเวลา 20 นาที และทดสอบสมบัติต่าง ๆ ดังนี้คือ ปริมาณความชื้น ความหนาของขอบจานและก้นจาน การดูดซึมน้ำ การต้านทานแรงทิ่มทะลุ ค่าสี และการจัดเรียงตัวของเยื่อใบสับปะรด

3.5 การศึกษาผลของสภาวะในการขึ้นรูป (อุณหภูมิและเวลา) ต่อคุณภาพของบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากใบและจุกสับปะรด

นำใบสับปะรดที่เตรียมไว้ทั้งจุกสับปะรด และใบสับปะรดที่มีการตัดใบตามแนวขวางให้มีความยาว 2 เซนติเมตร ต้มในสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 1% โดยใช้อัตราส่วนระหว่างใบสับปะรดต่อน้ำเป็น 1:10 ต้มทิ้งไว้เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยกวนทุก ๆ 20 นาทีพร้อมควบคุมอุณหภูมิให้ได้ 100 องศาเซลเซียส กรองเยื่อโดยใช้กระชอนสเตนเลส ล้างน้ำสะอาด 2 ครั้ง โดยเทเยื่อลงในน้ำสะอาด 1000 มิลลิลิตร กรองเยื่อโดยใช้กระชอนสเตนเลส พักไว้ 10 นาที จากนั้นนำมาผสมน้ำใน

ปริมาณร้อยละ 90 ของน้ำหนักเยื่อและทำการตีป่น เป็นเวลา 15 วินาที และเก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 5-7 องศาเซลเซียส

ก่อนการขึ้นรูป นำเยื่อสับปะรดออกมาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักเยื่อสับปะรด 125 กรัม จากนั้นขึ้นรูปและทำแห้งด้วยพิมพ์ร้อนสเตนเลสรูปจานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว และเครื่องอัดเบ้า (compression machine รุ่น PR1D-W300L300HD) โดยใช้ความดัน 150 lb/in^2 ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และ 200 องศาเซลเซียส และ เป็นเวลา 1 นาที และทดสอบสมบัติต่าง ๆ ดังนี้คือ ปริมาณความชื้น ความหนาของขอบจานและก้นจาน การดูดซึมน้ำ การต้านทานแรงทิ่มทะลุ ค่าสี และการจัดเรียงตัวของเยื่อใบสับปะรด

3.6 การวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ ของบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้จากเยื่อใบสับปะรด

3.7.1 ปริมาณความชื้น โดยวิธี AOAC, 1990

3.7.2 ความหนาของขอบจานและก้นจาน โดยใช้ไมโครมิเตอร์

3.7.3 การดูดซึมน้ำ (ดัดแปลงจากวิธีทดสอบ มอก. 321-2560) โดยใช้ปิเปตขนาด 10 มิลลิลิตร ดูดน้ำปริมาณ 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในกระบอกตวงขนาด 10 มิลลิลิตร เทน้ำทั้งหมดลงตรงส่วนกลางของตัวอย่างจาน (ก้นจาน) และเริ่มต้นจับเวลาทันที จนตัวอย่างจานดูดซึมน้ำจนหมด บันทึกเวลาเป็นวินาทีและรายงานค่าการดูดซึมน้ำเป็นเวลาต่อปริมาณน้ำที่ใช้ (วินาทีต่อมิลลิลิตร)

3.7.4 การต้านทานแรงทิ่มทะลุ ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส รุ่น TA.XT plus โดยใช้หัววัดแบบเข็ม (P/2N) ความเร็วในการทดสอบเท่ากับ 2 mm s^{-1} และรายงานค่าเป็น g force

3.7.5 การจัดเรียงตัวของเยื่อใบสับปะรด โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ยี่ห้อ LEO รุ่น LEO 1450 VP ด้วยกำลังขยาย 30 เท่า (30X)

3.7.6 ค่าสี วัดด้วยเครื่อง Hunter Associates Laboratory ระบบ CIE Lab รายงานผลเป็นค่า L*, a* และ b*

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

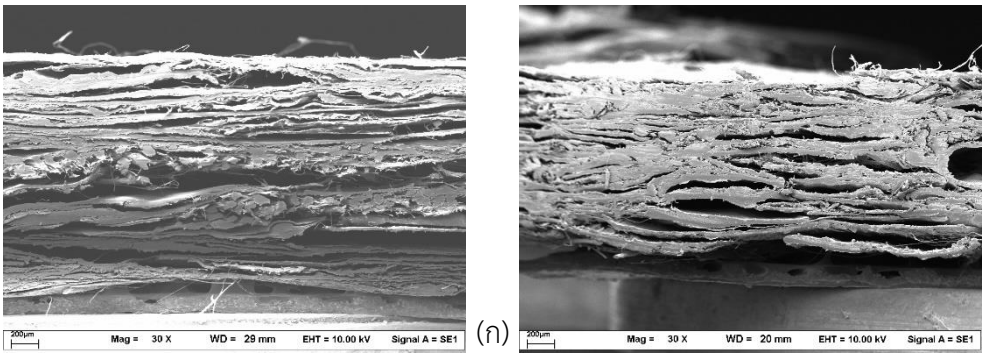
4.1 ผลของขนาดของวัตถุดิบในการเตรียมเยื่อใบสับปะรดทางเคมีต่อคุณภาพของบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากใบและจุกสับปะรด

เตรียมเยื่อใบสับปะรดด้วยวิธีทางเคมีซึ่งใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 1% และมีการตีป่นด้วยเครื่องตีเยื่อ นำใบสับปะรดที่เตรียมไว้มาแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ใช้จุกสับปะรด ส่วนที่ 2 ใช้ใบสับปะรดที่ตัดตามแนวขวางให้มีความยาว 2 เซนติเมตร จากการนำเยื่อใบสับปะรดที่เตรียมไว้มาขึ้นรูป โดยใช้อัตราส่วนระหว่างใบสับปะรดต่อน้ำเป็น 1:10 พบว่าบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรดและเยื่อใบสับปะรดความยาว 2 เซนติเมตรขึ้นรูปเป็นจานได้เต็มวงและไม่ติดพิมพ์ มีความคงรูป ดังภาพที่ 4.1 (ก-ข) ลักษณะปรากฏของเยื่อมีความละเอียด อย่างไรก็ตามบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดความยาว 2 เซนติเมตร มีการจัดเรียงตัวของเยื่อหนาแน่นกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรดเล็กน้อย ดังภาพที่ 4.2 (ก-ข) อาจเนื่องมาจากเส้นใยที่สั้นกว่าทำให้ไม่เกิดการม้วนตัวเป็นกลุ่มก้อน ความหนาเฉลี่ยของขอบจานและก้นจานของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรด (0.72 และ 0.83 mm ตามลำดับ) มีค่ามากกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดความยาว 2 เซนติเมตร (0.63 และ 0.79 mm ตามลำดับ) ดังตารางที่ 4.1 ค่าการดูดซึมน้ำของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรด (5.75 วินาทีต่อมิลลิลิตร) มีค่ามากกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดความยาว 2 เซนติเมตร (5.40 วินาทีต่อมิลลิลิตร) ดังตารางที่ 4.2 ค่าการต้านทานแรงทิ่มทะลุเฉลี่ยของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรด (863.66 g force) มีค่ามากกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดความยาว 2 เซนติเมตร (861.00 g force) ดังตารางที่ 4.3 ค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลืองของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดความยาว 2 เซนติเมตรมีค่ามากกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรด ดังตารางที่ 4.4 ปริมาณความชื้นเฉลี่ยของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรดมีค่าเท่ากับ 8.33% ดังตารางที่ 4.5

(ก)

(ข)

ภาพที่ 4.1 บรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่เตรียมด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 1% โดยใช้จุกสับปะรด (ก) และ ใบสับปะรด (ข)



(ก) (ข)

ภาพที่ 4.2 โครงสร้างตัดขวางของบรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่เตรียมด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 1% โดยใช้จุกสับปะรด (ก) และ ใบสับปะรด (ข) จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ด้วยกำลังขยาย 30X

ตารางที่ 4.1 ความหนาของบรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่เตรียมโดยใช้จุกสับปะรดและใบสับปะรด

ทรีทเมนต์	ความหนา (mm)	
	ขอบจาน	ก้นจาน
เยื่อแผ่นจุกทั้งใบ	0.72	0.83
เยื่อแผ่นใบตัด	0.63	0.79

ตารางที่ 4.2 การดูดซึมน้ำของบรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่เตรียมโดยใช้จุกสับปะรดและใบสับปะรด

ทรีทเมนต์	การดูดซึมน้ำ (s/ml)
เยื่อแผ่นจุกทั้งใบ	5.75
เยื่อแผ่นใบตัด	5.40

ตารางที่ 4.3 การต้านทานแรงทิ่มทะลุของบรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่เตรียมโดยใช้จุกสับปะรดและใบสับปะรด

ทรีทเมนต์	การต้านทานการทิ่มทะลุ (g force)
เยื่อแผ่นจุกทั้งใบ	863.66
เยื่อแผ่นใบตัด	861.00

ตารางที่ 4.4 ค่าสีของบรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่เตรียมโดยใช้จุกสับปะรดและใบสับปะรด

ทรีทเมนต์	ค่าสี		
	L*	a*	b*
เยื่อแผ่นจุกทั้งใบ	57.03	2.87	18.44
เยื่อแผ่นใบตัด	62.26	2.96	20.00

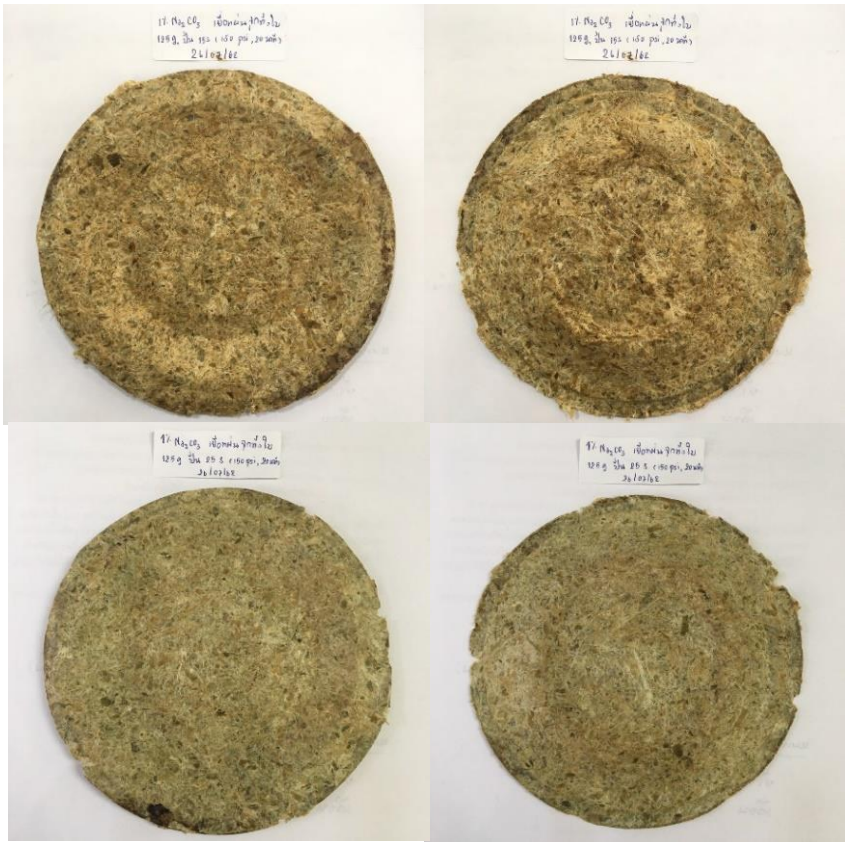
ตารางที่ 4.5 ความชื้นของบรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่เตรียมโดยใช้จุกสับปะรดและใบสับปะรด

ทรีทเมนต์	ความชื้น (%)
เยื่อแผ่นจุกทั้งใบ	8.33
เยื่อแผ่นใบตัด	-

4.2 ผลของสภาวะในการตีป่น (เวลาที่ใช้ในการตีเยื่อ) ต่อคุณภาพของบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากใบและจุกสับปะรด

เตรียมเยื่อใบสับปะรดด้วยวิธีทางเคมีซึ่งใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 1% นำใบสับปะรดที่เตรียมไว้มาแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ใช้จุกสับปะรด ส่วนที่ 2 ใช้ใบสับปะรดโดยตัดใบตามแนวขวางให้มีความยาว 2 เซนติเมตร มีการตีป่นด้วยเครื่องตีเยื่อโดยใช้เวลา 15 วินาที และ 25 วินาที โดยใช้อัตราส่วนระหว่างใบสับปะรดต่อน้ำเป็น 1:10 จากการนำเยื่อใบสับปะรดที่เตรียมไว้และการตีป่นมาขึ้นรูปโดยใช้ระยะเวลาในการตีป่นที่แตกต่างกัน พบว่าบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรดที่ใช้เวลาในการตีป่น 15 วินาที และ 25 วินาที ขึ้นรูปเป็นจานได้เต็มวงและไม่ติดพิมพ์ มีความคงรูป ลักษณะปรากฏของเยื่อมีความละเอียด ดังภาพที่ 4.3 (ก-ข) แต่บรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรดที่ใช้เวลาในการตีป่น 25 วินาที มีการจัดเรียงตัวของเยื่อหนาแน่นกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรดที่ใช้เวลาในการตีป่น 15 วินาที ดังภาพที่ 4.4 (ก-ข) ความหนาเฉลี่ยของขอบจานของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรดที่ใช้เวลาในการตีป่น 15 วินาที คือ 0.72 mm มีค่ามากกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรดที่ใช้เวลาในการตีป่น 25 วินาที คือ 0.67 mm แต่ความหนาเฉลี่ยของก้นจานของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรดที่ใช้เวลาในการตีป่น 15 วินาที และ 25 วินาที แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แสดงว่าเวลาที่ใช้ในการตีเยื่อไม่มีผลต่อความหนาของก้นจานของบรรจุภัณฑ์ ดังตารางที่ 4.6 ค่าการดูดซึมน้ำของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรดที่ใช้เวลาในการตีป่น 15 วินาที และ 25 วินาที แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แสดงว่าเวลาที่ใช้ในการตีเยื่อไม่มีผลต่อการดูดซึมน้ำของบรรจุภัณฑ์ ดังตารางที่ 4.7 ค่าการต้านทานแรงทิ่มทะลุเฉลี่ยของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรดที่ใช้เวลาในการตีป่น 25 วินาที (1047.87 g force) มีค่ามากกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปใช้จุกสับปะรดที่ใช้เวลาในการตีป่น 15 (729.51 g force) ดังตารางที่ 4.8 ค่าความสว่าง และค่าความเป็นสีเหลืองของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรดที่ใช้เวลาในการตีป่น 25 วินาที (62.53 และ 19.09 ตามลำดับ) มีค่ามากกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรดที่ใช้เวลาในการตีป่น 15 วินาที (55.70 และ 17.19

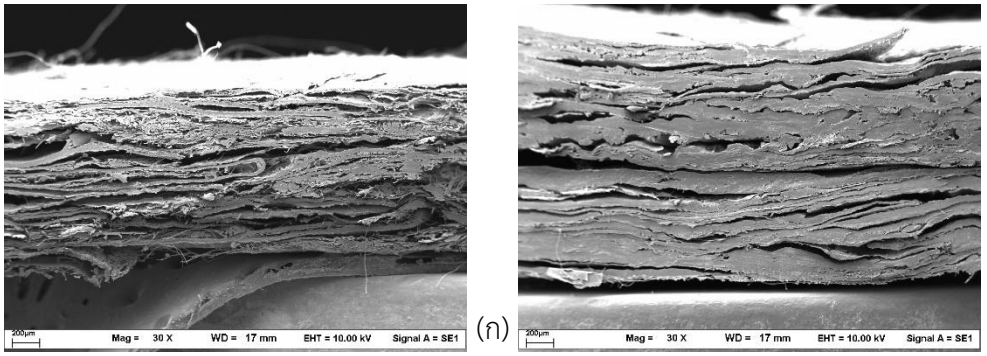
ตามลำดับ) ส่วนค่าความเป็นสีแดงของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรดที่ใช้เวลาในการตีป่น 15 วินาที และ 25 วินาที แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แสดงว่าเวลาที่ใช้ในการตีเยื่อไม่มีผลต่อค่าความเป็นสีแดงของบรรจุภัณฑ์ ดังตารางที่ 4.9 ปริมาณความชื้นเฉลี่ยของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรดที่ใช้เวลาในการตีป่น 15 วินาที และ 25 วินาที แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แสดงว่าเวลาที่ใช้ในการตีเยื่อไม่มีผลต่อปริมาณความชื้น ดังตารางที่ 4.10



(ก)

(ข)

ภาพที่ 4.3 บรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่เตรียมด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 1% โดยใช้จุกสับปะรดที่มีระยะเวลาในการตีป่น 15 วินาที (ก) และ 25 วินาที (ข)

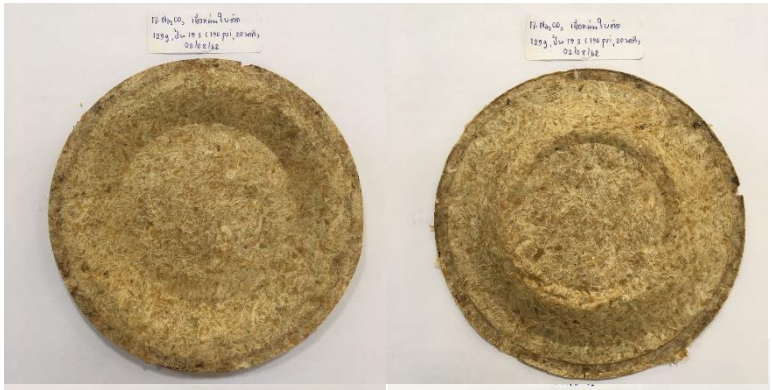


(ก)

(ข)

ภาพที่ 4.4 โครงสร้างตัดขวางของบรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่เตรียมด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 1% โดยใช้จุกสับปะรดที่มีระยะเวลาในการตีป่น 15 วินาที (ก) และ 25 วินาที (ข) จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ด้วยกำลังขยาย 30X

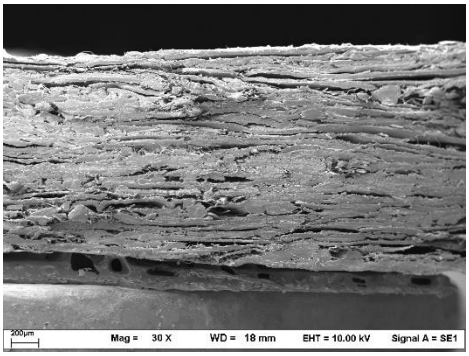
ส่วนบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่ตัดตามแนวขวางให้มีความยาว 2 เซนติเมตร ที่ใช้เวลาในการตีป่น 15 วินาที และ 25 วินาที ขึ้นรูปเป็นจานได้เต็มวงและไม่ติดพิมพ์ มีความคงรูป ลักษณะปรากฏของเยื่อมีความละเอียด มีการจัดเรียงตัวของเยื่อหนาแน่นไม่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 4.5 (ก-ข) และ 4.6 (ก-ข) ความหนาเฉลี่ยของขอบจานและก้นจานของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่ใช้เวลาในการตีป่น 15 วินาที (0.68 และ 0.87 mm ตามลำดับ) มีค่ามากกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่ใช้เวลาในการตีป่น 25 วินาที (0.64 และ 0.80 mm ตามลำดับ) ดังตารางที่ 4.6 ค่าการดูดซึมน้ำ ค่าการต้านทานแรงทิ่มทะลุ ค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลืองของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่ใช้เวลาในการตีป่น 15 วินาที และ 25 วินาที แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แสดงว่าเวลาที่ใช้ในการตีเยื่อไม่มีผลต่อการดูดซึมน้ำ ค่าการต้านทานแรงทิ่มทะลุ ค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลืองของบรรจุภัณฑ์ ดังตารางที่ 4.7, 4.8 และ 4.9 ปริมาณความชื้นเฉลี่ยของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่ใช้เวลาในการตีป่น 25 วินาที มีค่ามากกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่ใช้เวลาในการตีป่น 15 วินาที ดังตารางที่ 4.10



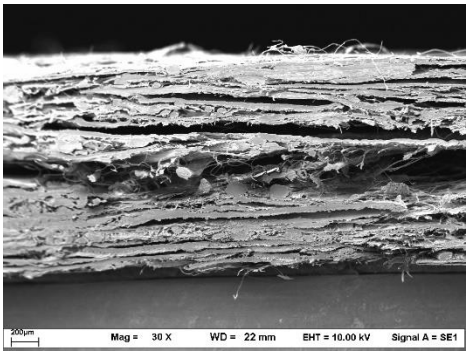
(ก)

(ข)

ภาพที่ 4.5 บรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่เตรียมด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 1% โดยใช้ใบสับปะรดที่มีระยะเวลาในการตีป่น 15 วินาที (ก) และ 25 วินาที (ข)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.6 โครงสร้างตัดขวางของบรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่เตรียมด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 1% โดยใช้ใบสับปะรดที่มีระยะเวลาในการตีป่น 15 วินาที (ก) และ 25 วินาที (ข) จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ด้วยกำลังขยาย 30X

ตารางที่ 4.6 ความหนาของบรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่เตรียมโดยใช้จุกสับปะรดและใบสับปะรดโดยใช้ระยะเวลาในการตีป่นที่แตกต่างกัน

ทรีทเมนต์	ความหนา (mm)	
	ขอบจาน	ก้นจาน
เยื่อแผ่นจุกทั้งใบ ปั่น 15s	0.72[a]	0.89[ns]
เยื่อแผ่นจุกทั้งใบ ปั่น 25s	0.67[b]	0.81[ns]
เยื่อแผ่นใบตัด ปั่น 15s	0.68[a]	0.87[a]
เยื่อแผ่นใบตัด ปั่น 25s	0.64[b]	0.80[b]

[ns] หมายถึง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

[a-b] ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4.7 การดูดซึมน้ำของบรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่เตรียมโดยใช้จุกสับปะรดและใบสับปะรดโดยใช้ระยะเวลาในการตีป่นที่แตกต่างกัน

ทรีทเมนต์	การดูดซึมน้ำ (s/ml)

เยื่อแผ่นจุกทั้งใบ ปั่น 15s	2.27^{ns}
เยื่อแผ่นจุกทั้งใบ ปั่น 25s	2.16^{ns}
เยื่อแผ่นใบตัด ปั่น 15s	3.24^{ns}
เยื่อแผ่นใบตัด ปั่น 25s	2.72^{ns}

^{ns} หมายถึง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ 4.8 การต้านทานการทิ่มทะลุของบรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่เตรียมโดยใช้จุกสับปะรดและใบสับปะรดโดยใช้ระยะเวลาในการตีป่นที่แตกต่างกัน

ทรีทเมนต์	การต้านทานการทิ่มทะลุ (g force)
เยื่อแผ่นจุกทั้งใบ ปั่น 15s	729.51^{b}
เยื่อแผ่นจุกทั้งใบ ปั่น 25s	1047.87^{a}
เยื่อแผ่นใบตัด ปั่น 15s	649.96^{ns}
เยื่อแผ่นใบตัด ปั่น 25s	530.23^{ns}

^{ns} หมายถึง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

$^{a-b}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4.9 ค่าสีของบรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่เตรียมโดยใช้จุกสับปะรดและใบสับปะรดโดยใช้ระยะเวลาในการตีป่นที่แตกต่างกัน

ทรีทเมนต์	ค่าสี		
	L*	a*	b*
เยื่อแผ่นจุกทั้งใบ ปั่น 15s	55.70^{b}	2.35^{ns}	17.19^{b}
เยื่อแผ่นจุกทั้งใบ ปั่น 25s	62.53^{a}	1.88^{ns}	19.09^{a}
เยื่อแผ่นใบตัด ปั่น 15s	59.76^{ns}	2.99^{ns}	20.13^{ns}
เยื่อแผ่นใบตัด ปั่น 25s	60.47^{ns}	2.94^{ns}	19.40^{ns}

^{ns} หมายถึง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

$^{a-b}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4.10 ความชื้นของบรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่เตรียมโดยใช้จุกสับปะรดและใบสับปะรดโดยใช้ระยะเวลาในการตีป่นที่แตกต่างกัน

ทรีทเมนต์	ความชื้น (%)
เยื่อแผ่นจุกทั้งใบ ปั่น 15s	9.29^{ns}
เยื่อแผ่นจุกทั้งใบ ปั่น 25s	9.24^{ns}
เยื่อแผ่นใบตัด ปั่น 15s	7.33^{b}
เยื่อแผ่นใบตัด ปั่น 25s	8.83^{a}

^{ns} หมายถึง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

$^{a-b}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.3 ผลของสภาวะในการขึ้นรูป (อุณหภูมิและเวลา) ต่อคุณภาพของบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากใบและจุกสับปะรด

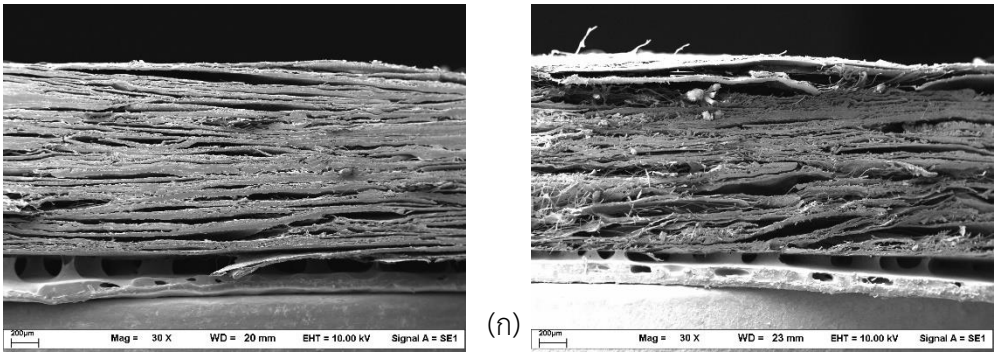
เตรียมเยื่อใบสับปะรดด้วยวิธีทางเคมีซึ่งใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 1% และมีการตีป่นด้วยเครื่องตีเยื่อ นำใบสับปะรดที่เตรียมไว้มาแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ใช้จุกสับปะรด ส่วนที่ 2 ใช้ใบสับปะรดโดยตัดใบตามแนวขวางให้มีความยาว 2 เซนติเมตร จากการนำเยื่อใบสับปะรดที่เตรียมไว้มาขึ้นรูปและทำแห้งด้วยพิมพ์ร้อนที่ติดอยู่กับเครื่องอัดเบ้าโดยใช้อุณหภูมิ 150°C เป็นเวลา 20 นาที และ 200°C เป็นเวลา 1 นาที พบว่าบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรดที่ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 150°C เป็นเวลา 20 นาที และ 200°C เป็นเวลา 1 นาที ขึ้นรูปเป็นจานได้เต็มวงและไม่ติดพิมพ์ มีความคงรูป ลักษณะปรากฏของเยื่อมีความละเอียด ดังภาพที่ 4.7 (ก-ข) มีการจัดเรียงตัวของเยื่อหนาแน่นไม่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 4.4 (ก-ข) ความหนาเฉลี่ยของก้นจานของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรดที่ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 200°C เป็นเวลา 1 นาที (0.83 mm) มีค่ามากกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรดที่ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 150°C เป็นเวลา 20 นาที (0.78 mm) แต่ความหนาเฉลี่ยของขอบจานของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรดที่ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 150°C เป็นเวลา 20 นาที และ 200°C เป็นเวลา 1 นาที แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แสดงว่าอุณหภูมิและเวลาในการขึ้นรูปไม่มีผลต่อความหนาของขอบจานของบรรจุภัณฑ์ ดังตารางที่ 4.11 ค่าการดูดซึมน้ำของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรดที่ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 150°C เป็นเวลา 20 นาที และ 200°C เป็นเวลา 1 นาที แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แสดงว่าอุณหภูมิและเวลาในการขึ้นรูปไม่มีผลต่อการดูดซึมน้ำของบรรจุภัณฑ์ ดัง

ตารางที่ 4.12 ค่าการต้านทานแรงทิ่มทะลุเฉลี่ยของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรดที่ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 150°C เป็นเวลา 20 นาที (963.05 g force) มีค่ามากกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรดที่ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 200°C เป็นเวลา 1 นาที (611.30 g force) ดังตารางที่ 4.13 ค่าความสว่างและค่าความเป็นสีเหลืองของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรดที่ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 150°C เป็นเวลา 20 นาที และ 200°C เป็นเวลา 1 นาที แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แสดงว่าอุณหภูมิและเวลาในการขึ้นรูปไม่มีผลต่อค่าความสว่างและค่าความเป็นสีเหลืองของบรรจุภัณฑ์ ส่วนค่าความเป็นสีแดงของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรดที่ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 200°C เป็นเวลา 1 นาที (1.62) มีค่ามากกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรดที่ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 150°C เป็นเวลา 20 นาที (0.49) ดังตารางที่ 4.14 ปริมาณความชื้นเฉลี่ยของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรดที่ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 150°C เป็นเวลา 20 นาที (8.62%) มากกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรดที่ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 200°C เป็นเวลา 1 นาที (7.63%) ดังตารางที่ 4.15

(ก)

(ข)

ภาพที่ 4.7 บรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่เตรียมด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 1% โดยใช้จุกสับปะรดโดยมีอุณหภูมิและเวลาในการขึ้นรูป 150°C 20 นาที (ก) และ 200°C 1 นาที (ข)



ภาพที่ 4.8 โครงสร้างตัดขวางของบรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่เตรียมด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 1% โดยใช้จุกสับปะรดโดยมีอุณหภูมิและเวลาในการขึ้นรูป 150°C 20 นาที (ก) และ 200°C 1 นาที (ข) จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ด้วยกำลังขยาย 30X

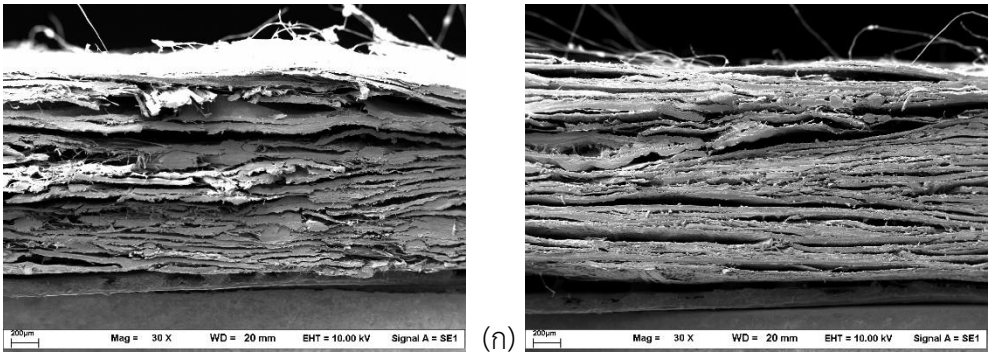
ส่วนบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่ตัดตามแนวขวางให้มีความยาว 2 เซนติเมตร ที่ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 150°C เป็นเวลา 20 นาที และ 200°C เป็นเวลา 1 นาที ขึ้นรูปเป็นจานได้เต็มวงและไม่ติดพิมพ์ มีความคงรูป ลักษณะปรากฏของเยื่อมีความละเอียด มีการจัดเรียงตัวของเยื่อหนาแน่นไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ดังภาพที่ 4.9 (ก-ข) และ 4.10 (ก-ข) ความหนาเฉลี่ยของขอบจานและก้นจาน ค่าการดูดซึมน้ำ และค่าการต้านทานแรงทิ่มทะลุเฉลี่ยของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 150°C เป็นเวลา 20 นาที และ 200°C เป็นเวลา 1 นาที แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แสดงว่าอุณหภูมิและเวลาในการขึ้นรูปไม่มีผลต่อความหนาของขอบจานและก้นจาน ค่าการดูดซึมน้ำ และค่าการต้านทานทิ่มแรงทะลุของบรรจุภัณฑ์ ดังตารางที่ 4.11, 4.12 และ 4.13 ค่าความสว่างของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 150°C เป็นเวลา 20 นาที และ 200°C เป็นเวลา 1 นาที แตกต่างกันอย่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แสดงว่าอุณหภูมิและเวลาในการขึ้นรูปไม่มีผลต่อค่าความสว่างของบรรจุภัณฑ์ ส่วนค่าความเป็นสีแดงของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 150°C เป็นเวลา 20 นาที (3.52) มีค่ามากกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 200°C เป็นเวลา 1 นาที (1.00) ค่าความเป็นสีเหลืองของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่ใช้อุณหภูมิ

ในการขึ้นรูป 200°C เป็นเวลา 1 นาที (20.68) มีค่ามากกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 150°C เป็นเวลา 20 นาที (19.52) ดังตารางที่ 4.14 ปริมาณความชื้นเฉลี่ยของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 150°C เป็นเวลา 20 นาที (7.12%) มากกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 200°C เป็นเวลา 1 นาที (6.96%) ดังตารางที่ 4.15

(ก)

(ข)

ภาพที่ 4.9 บรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่เตรียมด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 1% โดยใช้ใบสับปะรดโดยมีอุณหภูมิและเวลาในการขึ้นรูป 150°C 20 นาที (ก) และ 200°C 1 นาที (ข)



(ก) (ข)

ภาพที่ 4.10 โครงสร้างตัดขวางของบรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่เตรียมด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 1% โดยใช้ใบสับปะรดโดยมีอุณหภูมิและเวลาในการขึ้นรูป 150°C 20 นาที (ก) และ 200°C 1 นาที (ข) จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ด้วยกำลังขยาย 30X

ตารางที่ 4.11 ความหนาของบรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่เตรียมโดยใช้จุกสับปะรดและใบสับปะรดโดยใช้อุณหภูมิและเวลาในการขึ้นรูปที่แตกต่างกัน

ทรีทเมนต์	ความหนา (mm)	
	ขอบจาน	ก้นจาน
เยื่อแผ่นจุกทั้งใบ 150°C 20 นาที	0.63^{ns}	0.78^{b}
เยื่อแผ่นจุกทั้งใบ 200°C 1 นาที	0.63^{ns}	0.83^{a}
เยื่อแผ่นใบตัด 150°C 20 นาที	0.64^{ns}	0.86^{ns}
เยื่อแผ่นใบตัด 200°C 1 นาที	0.64^{ns}	0.88^{ns}

^{ns} หมายถึง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

$^{a-b}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4.12 การดูดซึมน้ำของบรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่เตรียมโดยใช้จุกสับปะรดและใบสับปะรดโดยใช้อุณหภูมิและเวลาในการขึ้นรูปที่แตกต่างกัน

ทรีทเมนต์	การดูดซึมน้ำ (s/ml)
เยื่อแผ่นจุกทั้งใบ 150°C 20 นาที	3.46^{ns}
เยื่อแผ่นจุกทั้งใบ 200°C 1 นาที	3.95^{ns}
เยื่อแผ่นใบตัด 150°C 20 นาที	3.03^{ns}
เยื่อแผ่นใบตัด 200°C 1 นาที	2.19^{ns}

^{ns} หมายถึง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ 4.13 การต้านทานการทิ่มทะลุของบรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่เตรียมโดยใช้จุกสับปะรดและใบสับปะรดโดยใช้อุณหภูมิและเวลาในการขึ้นรูปที่แตกต่างกัน

ทรีทเมนต์	การต้านทานการทิ่มทะลุ (g force)
เยื่อแผ่นจุกทั้งใบ 150°C 20 นาที	963.05[a]
เยื่อแผ่นจุกทั้งใบ 200°C 1 นาที	611.30[b]
เยื่อแผ่นใบตัด 150°C 20 นาที	988.55[ns]
เยื่อแผ่นใบตัด 200°C 1 นาที	1028.26[ns]

[ns] หมายถึง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

[a-b] ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 4.14 ค่าสีของบรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่เตรียมโดยใช้จุกสับปะรดและใบสับปะรดโดยใช้อุณหภูมิและเวลาในการขึ้นรูปที่แตกต่างกัน

ทรีทเมนต์	ค่าสี		
	L*	a*	b*
เยื่อแผ่นจุกทั้งใบ 150°C 20 นาที	56.80[ns]	0.49[b]	18.34[ns]
เยื่อแผ่นจุกทั้งใบ 200°C 1 นาที	55.49[ns]	1.62[a]	18.32[ns]
เยื่อแผ่นใบตัด 150°C 20 นาที	58.65[ns]	3.52[a]	19.52[b]
เยื่อแผ่นใบตัด 200°C 1 นาที	58.04[ns]	1.00[b]	20.68[a]

[ns] หมายถึง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

[a-b] ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 4.15 ความชื้นของบรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรดที่เตรียมโดยใช้จุกสับปะรดและใบสับปะรดโดยใช้อุณหภูมิและเวลาในการขึ้นรูปที่แตกต่างกัน

ทรีทเมนต์	ความชื้น (%)
เยื่อแผ่นจุกทั้งใบ 150°C 20 นาที	8.62[a]
เยื่อแผ่นจุกทั้งใบ 200°C 1 นาที	7.63[b]
เยื่อแผ่นใบตัด 150°C 20 นาที	7.12[a]
เยื่อแผ่นใบตัด 200°C 1 นาที	6.96[b]

[a-b] ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

ขนาดของวัตถุดิบในการเตรียมเยื่อทางเคมีมีผลต่อคุณภาพของบรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปในทุกด้าน

สภาวะในการตีป่น (เวลาที่ใช้) มีผลต่อการจัดเรียงตัวของเยื่อ ความหนา ค่าการต้านทานแรงทิ่มทะลุ และค่าสีของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรด แต่มีผลเฉพาะความหนาและปริมาณความชื้นของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรด

สภาวะในการขึ้นรูป (อุณหภูมิและเวลา) มีผลต่อค่าการต้านทานแรงทิ่มทะลุและปริมาณความชื้นของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อจุกสับปะรด แต่มีผลเฉพาะปริมาณความชื้นของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากเยื่อใบสับปะรด

ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัยในขั้นตอนต่อไป

จะเห็นได้ว่าปัจจัยในกระบวนการผลิตที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ให้ผลที่แตกต่างกันต่อคุณภาพหรือสมบัติต่างๆ ของบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากใบและจุกสับปะรด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมเพื่อให้ได้บรรจุภัณฑ์อาหารขึ้นรูปจากเยื่อใบและจุกสับปะรดที่มีคุณสมบัติตรงกับการใช้งานแบบครั้งเดียวทิ้งและมีกำลังผลิตเหมาะสมกับการนำไปใช้ในเชิงการค้า

Output / Outcome

ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับชาติ

ต้นแบบผลิตภัณฑ์

ด้านวิชาการ ผลที่ได้จากการวิจัยนี้มีประโยชน์ต่อการเรียนการสอนในรายวิชานวัตกรรมการแปรรูปอาหาร หัวข้อบรรจุภัณฑ์แนวใหม่ และรายวิชาการใช้วัสดุเศษเหลือจากอุตสาหกรรมอาหาร หัวข้อผลไม้เขตร้อนและกึ่งร้อน สำหรับนิสิตระดับบัณฑิตศึกษา และรายวิชาการบรรจุภัณฑ์อาหารซึ่งเป็นวิชาเอกเลือก สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี นอกจากนี้ยังสามารถเผยแพร่องค์ความรู้ที่ได้ในงานประชุมวิขาการ หรือตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับชาติหรือนานาชาติ

ด้านพาณิชย์ ผลที่ได้จากการวิจัยนี้สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดการผลิตในระดับอุตสาหกรรม

ด้านสาธารณะ การใช้บรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้ตามธรรมชาติสามารถช่วยลดปัญหามลภาวะเนื่องจากขยะที่มาจากบรรจุภัณฑ์อาหารในชุมชน นอกจากนั้นยังช่วยลดปริมาณเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรในชุมชนอีกด้วย

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่นและกรมควบคุมมลพิษ. 2559. แผนปฏิบัติการประเทศไทยไร้ขยะตามแนวทาง ประชารัฐ ระยะ 1 ปี (พ.ศ.2559-2560) http://infofile.pcd.go.th/waste/ThaiPlanswithoutWaste.pdf?CFID=1471087&CFTOKEN=51053710

จุฬารัตน์ หงส์วลีรัตน์. 2559. แบบรายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัยเรื่องบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติจากส่วนใบของลำต้นและจากส่วนบนของผลสับปะรด. สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ.

ทวีชัย อมรศักดิ์ชัย และ นันทยา เก่งเขตร์กิจ. 2557. ใบสับปะรด: แหล่งเส้นใยธรรมชาติที่ไม่ควรมองข้าม. วารสารวิทยาศาสตร์ มศว. 30(2), 9 หน้า. http://ejournals.swu.ac.th/index.php/ssj/article/view/4821

ประทุมทอง ไตรรัตน์. 2560. การพัฒนาบรรจุภัณฑ์จากวัสดุเหลือจากภาคการเกษตรและวัชพืชแบบเยื่อกระดาษขึ้นรูปสำหรับผลไม้. วารสารวิชาการศิลปะสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวรปีที่ 8 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2560

ลดามาศ เบ็ญชา, ณัฐวดี ช่อเจริญ, ญาณสินี สุมา และนิตย์ตะยา ผาสุขพันธุ์. 2559. ความเป็นไปได้เบื้องต้นในการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในพื้นที่จังหวัดเชียงราย. นเรศวรวิจัย ครั้งที่ 12: วิจัยและนวัตกรรมกับการพัฒนาประเทศ.

สุมน โพธิ์จันทร์. มปป. http://expert.dld.go.th/images/KVPDLDKM/การใช้ผลพลอยได้จากสับปะรดเป็นอาหารโคเนื้อ-โคนม.pdf

Aremu, M.O., Rafiu M.A., and Adedeji, K.K. (2015). Pulp and paper production from Nigerian pineapple leaves and corn straw as substitute to wood source. International Research Journal of Engineering and Technology, 2(4), 1180-1188. www.irjet.net

Daud, Z., Hatta, Z., Kassim, A.S., and Aripin, A. (2014). Analysis of the chemical compositions and fiber morphology of pineapple (Ananas comosus) leaves in Malaysia. J. Applied Sci., 14(12), 1355-1358.

Didone, M., Saxena, P., Meijer, E. B., Tosello, G., Bissacco, G., McAloone, T. C., Howard, T. J. (2017). Moulded Pulp Manufacturing: Overview and Prospects for the

Process Technology. Packaging Technology and Science, 30(6), 231-249. DOI: 10.1002/pts.2289

Kalia, S., Kaith, B.S., and Kaur, I. (Eds.) (2011). Cellulose fibers: bio- and nano-polymers composites. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, German.

Kengkhetkit, N. and Amornsakchai, T. (2012). Utilisation of pineapple leaf waste for plastic reinforcement: A novel extraction method for short pinapple leaf fiber. Industrial crops and products, 40, 55-61.

Kengkhetkit, N. and Amornsakchai, T. (2014). A new approach to "greening" plastic composites using pineapple leaf waste for performance and effectiveness. Materials and design, 55, 292-299.

Mohantya, A.K., Misraa, M., and Hinrichsen, G. (2000). Biofibres, biodegradable polymers and biocomposites: An overview. Macromol. Mater. Eng. 276/277, 1–24.

Petchwattana, N. and Naknaen, P. (2016). Influence of packaging material and storage time on physical, chemical and microbiological properties of set yogurt: a comparative study between modified biodegradable poly (lactic acid) and polypropylene. Journal of Engineering Science and Technology (JESTEC), 11(10), 1437-1449.

Sreenath, H. K., Sudarshanakrishna, K. R., Prasad, N. N., and Santhanam K. (1996). Characteristicsj of some fiber incorporated cake preparations and their dietary fiber content. Starch/Starke, 48, 72-76.

Sridach, W. (2014). Preparation and Characterization of Moulded Pulp Container Made by Hot Compression Moulding, Ippta, 26(2), 89–95.

Upadhyay, A., Lama, J.P., and Tawata, S. (2010). Utilization of Pineapple Waste: A Review. J. Food Sci. Technol. Nepal, 6, 10-18.

Wever, R. and Twede, D. (2007). https://www.researchgate.net/publication/27352301

Yokoi, H., Matsuzaka, K., and Maruno, M, (2010). "Study on Pulp Injection Molding (Part-1) - Measurement of Flow Behaviour of Molding Compounds Using Bra-flow Cavity and Characteristics of Molded Products -," Seikei-Kakou, 22(645),

645–651.

รายงานสรุปการเงิน

เลขที่โครงการระบบบริหารงานวิจัย 54477 สัญญาเลขที่ 51.3/2562

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562

มหาวิทยาลัยบูรพา

การปรับปรุงกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์อาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากใบและจุกสับปะรด

ดร. จุฬารัตน์ หงส์วลีรัตน์

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2561 ถึงวันที่ 25 ธันวาคม 2562

ระยะเวลาดำเนินการ 11 เดือน ตั้งแต่วันที่ 30 มกราคม 2562 (วันทำสัญญา)

<u>รายรับ</u>

จำนวนเงินที่ได้รับ

งวดที่ 1 (50%)	162,700 บาท เมื่อวันที่ 30 ม.ค. 2562
งวดที่ 2 (40%)	130,160 บาท เมื่อวันที่ 16 ก.ย. 2562
งวดที่ 3 (10%)	32,540 บาท ยังไม่ได้เบิก
รวม	325,400 บาท

<u>รายจ่าย</u>

รายการ	งบประมาณที่ตั้งไว้	งบประมาณที่ใช้จริง	จำนวนเงินคงเหลือ/เกิน
1. ค่าจ้าง - ผู้ช่วยนักวิจัยระดับปริญญาตรี	28,000	32,500	
2. ค่าตอบแทน - ผู้วิจัย	30,000	30,000	
3. ค่าใช้สอย	42,700	43,200	
4. ค่าวัสดุ	19,000	22,262	
5. ค่าครุภัณฑ์ - เครื่องอัดเบ้า (แบบอัตโนมัติ)	192,400	184,138	
6. ค่าใช้จ่ายอื่นๆ - ค่าธรรมเนียมอุดหนุนสถาบัน	13,300	13,300	
รวม	325,400	325,400	0.00

ภาคผนวก ก

ขั้นตอนการเตรียมเยื่อใบและจุกสับปะรด ด้วยวิธีทางเคมี

การเตรียมเยื่อโดยวิธีทางเคมี

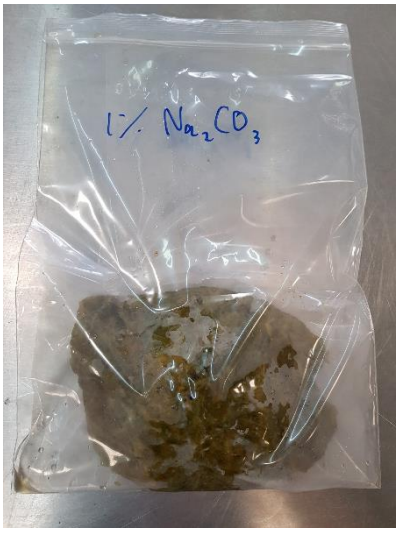
- นำใบขนาด 2 ซม. หรือจุกสับปะรดมาปั่นด้วยเครื่องปั่นแห้ง โดยใช้ใบสับปะรด 250 กรัม แบ่งตัวอย่างออกเป็น 3 ส่วนเท่าๆ กัน และปั่น 3 ครั้ง ครั้งละ 30 วินาที รวมเป็น 1 นาทีครึ่ง

- นำใบสับปะรดที่เตรียมไว้มาต้มในสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 1% และ 2% ตามลำดับ โดยใช้ใบสับปะรด 250 กรัมและน้ำ 2500 กรัม (อัตราส่วนระหว่างใบสับปะรดต่อน้ำเป็น 1:10) ต้มทิ้งไว้เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยกวนทุกๆ 20 นาที พร้อมควบคุมอุณหภูมิให้ได้ 100 องศาเซลเซียส

- กรองเยื่อโดยใช้กระชอน

- ล้างน้ำสะอาด 2 ครั้ง โดยเทเยื่อลงในน้ำสะอาด 1000 มิลลิลิตร

- กรองเยื่อโดยใช้กระชอน ทิ้งไว้ 10 นาที จากนั้นเก็บตัวอย่างใส่ถุงซิปและนำไปแช่เย็น



ภาคผนวก ข

อุปกรณ์และเครื่องมือ

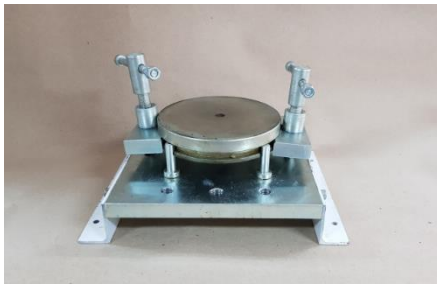
ที่พักใบสับปะรด

กระชอน

เครื่องปั่นแบบแห้ง

เครื่องตีป่น

เครื่องอัดขึ้นรูป (Compression Molding)



แม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปจานขนาด 5 นิ้ว

เครื่องซีลบรรจุถุงสุญญากาศ

(BELTER VACUUM PACKING)

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด **(SEM)** ยี่ห้อ LEO รุ่น LEO 1450 VP