

การศึกษาผลของอัตราส่วนเปลือกส้มและเปลือกกล้วยต่อคุณภาพของแผ่นหนัง เทียมจากสโคบีเพื่อ
ประยุกต์ใช้เป็นหนังเทียมสำหรับฝึกทักษะการปฏิบัติงานพยาบาล
Study on the Effect of Orange Peel and Banana Peel Ratio on the Quality of SCOBY-
Based Synthetic Leather for Application in nursing Skill Training

นางสาวพนิดานันท์ ออบเชย¹ นางสาวนภาพร ป้องศรี¹

ธัญญาณี โชคกาญจนกุล¹ ธีระวุฒิ จันทะพันธ์¹

¹โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารามราชวิทยาลัย มุกดาหาร อำเภอเมือง จังหวัดมุกดาหาร 49000

Email: 06391@pccm.ac.th

บทคัดย่อ

การฝึกทักษะการปฏิบัติงานพยาบาลในปัจจุบันนิยมใช้เนื้อสัตว์และหนังเทียมซิลิโคนเป็นวัสดุฝึกซึ่งยังมีข้อจำกัด เช่น เนื้อสัตว์มีคุณสมบัติแตกต่างจากผิวหนังมนุษย์ สกปรก และไม่สามารถใช้ซ้ำได้ ขณะที่หนังเทียมซิลิโคนมีราคาสูงและมีผลต่อสิ่งแวดล้อม โครงการนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของอัตราส่วนเปลือกส้มและเปลือกกล้วยต่อคุณภาพของแผ่นหนังเทียมจากสโคบี เพื่อพัฒนาแผ่นหนังเทียมสำหรับใช้ฝึกทักษะ โดยทำการหมักคอมบูชาร่วมกับเปลือกส้มและเปลือกกล้วยในอัตราส่วนที่ต่างกันเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตหัวเชื้อ คอมบูชา ผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนเปลือกส้มและเปลือกกล้วยที่เหมาะสมต่อการผลิตหัวเชื้อ คือ 1:3 และ 0:4 เมื่อนำอัตราส่วนดังกล่าวมาพัฒนาแผ่นหนังเทียมจากสโคบีเทียบกับหัวเชื้อคอมบูชาเชิงพาณิชย์ พบว่าแผ่นหนังเทียมจากสโคบีมีค่าความต้านทานแรงฉีกและยังโมดูลัสแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$) เมื่อเทียบกับหนังเทียมซิลิโคน นอกจากนี้ แผ่นหนังเทียมจากสโคบียังสามารถย่อยสลายและคืนสภาพได้ โดยแผ่นหนังเทียมจากสโคบีสูตรที่ 2 (0:4) มีความยืดหยุ่นสูงและอัตราการย่อยสลายสูงจึงถือเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการพัฒนาเป็นหนังเทียมจากสโคบีสำหรับฝึกทักษะการปฏิบัติงานพยาบาล

คำสำคัญ: สโคบี (SCOBY); คอมบูชา; หนังเทียมชีวภาพ; การฝึกทักษะพยาบาลพื้นฐาน

บทนำ

การฝึกทักษะการเย็บแผลเป็นพื้นฐานที่สำคัญของบุคลากรทางการแพทย์ โดยสื่อที่ใช้ฝึกเย็บแผล เช่น หนังสังเคราะห์ หรือหนังสัตว์ มีข้อจำกัดด้านราคาสูง ความคงทนจำกัด ผิวสัมผัสและความยืดหยุ่นไม่ใกล้เคียงกับผิวหนังมนุษย์ อีกทั้งหนังสัตว์ยังมีปัญหาด้านจริยธรรมและสุขอนามัย จึงมีความจำเป็นในการแสวงหาวัสดุทดแทนที่ตอบโจทย์ทั้งคุณสมบัติ ราคา และความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สโคบี (SCOBY: Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast) เป็นหนึ่งในวัตถุดิบชีวภาพที่ถูกนำมาศึกษาและพัฒนาอย่างจริงจังในการสร้างหนังเทียม โดย SCOBY คือชั้นฟิล์ม

เซลล์จุลินทรีย์ที่เกิดจากแบคทีเรียและยีสต์ที่อยู่ร่วมกันแบบพึ่งพา (symbiosis) ซึ่งเจริญเติบโตในน้ำหมักจากชาและน้ำตาล เช่น ชาคอมบูชา (Kombucha) โดยแบคทีเรีย *Komagataeibacter xylinus* จะทำหน้าที่ผลิตเซลลูโลสจากน้ำตาล ซึ่งย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ต่างจากหนังสังเคราะห์ทั่วไปที่เป็นพลาสติก ซึ่งงานวิจัยของ Mokashi et al. (2022) ได้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการผลิตหนังชีวภาพจากสโคบี

การเสริมสมบัติของสโคบีด้วยวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรอย่างเปลือกส้มและเปลือกกล้วย เป็นแนวทางที่มีศักยภาพ โดยเปลือกส้มอุดมด้วยเพกทินและเส้นใยเฮมิเซลลูโลสที่ช่วยเพิ่มความเหนียว ความคงตัว และความยืดหยุ่น ส่วนเปลือกกล้วยมีเซลลูโลสและ

ลักษณะสูงซึ่งสามารถเพิ่มความแข็งแรงและความทนทานต่อแรงดึง การผสมผสานคุณสมบัติเข้ากับสโโคบีจึงช่วยปรับปรุงคุณภาพแผ่นหนังเทียมให้ใกล้เคียงผิวหนังมนุษย์มากขึ้น อีกทั้งยังช่วยเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือทิ้ง และสร้างสื่อฝึกที่มีราคาถูก สามารถตอบโจทย์ทั้งการพัฒนาสื่อฝึกเย็บแผลที่มีคุณภาพสูง และการจัดการวัสดุเหลือทิ้งให้เกิดประโยชน์อย่างยั่งยืน

2. วิธีการดำเนินงาน

2.1 การศึกษาอัตราส่วนของเปลือกส้มต่อเปลือกกล้วยในการผลิตหัวเชื้อคอมบูชา

2.1.1 การผลิตสโโคบีจากคอมบูชา

เตรียมส่วนผสมเปลือกส้มและเปลือกกล้วย ด้วยอัตราส่วน 4:0, 3:1, 1:1, 1:3, 0:4 ในภาชนะที่ทำความสะอาดและฆ่าเชื้อแล้ว ผสมน้ำกลั่น 1 ลิตร น้ำชา 150 มิลลิลิตร น้ำหัวเชื้อสโโคบี 150 มิลลิลิตร และน้ำตาล 100 กรัม ลงในโหลพลาสติกใส ปิดด้วยผ้าขาวบาง บันทึกภาพผลการทดลองทุก 2 วัน เป็นเวลา 28 วัน เพื่อนำแผ่นสโโคบีไปทดสอบลักษณะทางกายภาพ

2.1.2 การศึกษาลักษณะของแผ่นสโโคบีจากเปลือกส้มและเปลือกกล้วย

ตัดชิ้นส่วนสโโคบีขนาด 3x3 ตารางเซนติเมตร เพื่อวัดความหนาและชั่งน้ำหนัก วิเคราะห์และสรุปผลเพื่อหาอัตราส่วนที่ขึ้นรูปได้ดีที่สุด สำหรับใช้เป็นหัวเชื้อในการผลิตหนังเทียมต่อไป

2.2 การศึกษาสูตรหัวเชื้อคอมบูชาที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นหนังเทียมจากสโโคบี

นำหัวเชื้อจากข้อ 2.1.2 และหัวเชื้อคอมบูชาเชิงพาณิชย์ ใส่ในกล่องขนาด 23x29x17 เซนติเมตร โดยเติมน้ำ น้ำชา และน้ำตาล ปิดด้วยผ้าขาวบางและบ่มเป็นเวลา 60 วัน

2.3 การทดสอบคุณสมบัติแผ่นหนังเทียมจากสโโคบี

2.3.1 แรงดึง ทดสอบโดยใช้เครื่อง Texture Analyser แล้วหาค่า Young's Modulus จากสูตร

$$E = \frac{\text{(Stress)}}{\text{(Strain)}} = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

2.3.2 แรงเจาะ ทดสอบโดยใช้เครื่อง

Texture Analyser แล้วหาค่าความต้านทานแรงดึงจากสูตร

$$\text{Puncture strength} = \frac{\text{breaking force (N)}}{\text{area (mm}^2\text{)}}$$

จากนั้นทำการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยใช้สูตร

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

เปรียบเทียบแรงดึงและค่าความต้านทานแรงเจาะระหว่างแผ่นหนังเทียมจากสโโคบีเทียบกับหนังเทียมซิลิโคนโดยใช้สถิติ t-test

2.4 การทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อคุณสมบัติของผิวหนังเทียม

โดยการนำตัวอย่างชิ้นงานในแต่ละสูตรให้กับพยาบาลจำนวน 8 คน โดยการให้คะแนนระดับ 1-5 ผ่าน google form แล้วนำคะแนนทั้งหมดทำการหาค่าเฉลี่ย โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

1. ผิวสัมผัสของชิ้นงาน
2. รูปร่างและลักษณะของชิ้นงาน
3. ความสะดวกในการใช้งาน
4. ความใกล้เคียงกับผิวหนังเทียมแบบ

ธรรมดา

5. ความพึงพอใจโดยรวม

2.5 การทดสอบความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพ

นำตัวอย่างชิ้นงาน 3 ชิ้นมาชั่งน้ำหนัก จากนั้นฝังลงในดินที่มีความชื้น 25-30% ลึก 10-15 เซนติเมตร ให้น้ำในดินทุกวัน เก็บผลการทดลองทุก ๆ 7 วัน และทำการทดลองเป็นระยะเวลาเวลาทั้งหมด 14 วัน คำนวณอัตราการย่อยสลายของผิวหนังเทียมโดยใช้สูตร

$$\text{Weight Loss (\%)} = \frac{W_0 - W_t}{W_0} \times 100$$

2.6 การทดสอบความสามารถในการसानตัวของแผ่นหนังเทียมชีวภาพ

ทำบาดแผลบนแผ่นหนังเทียมกว้าง 2 เซนติเมตร ลึก 0.3 เซนติเมตร นำกลับไปใส่ในคอม

บุคลากรตรวจสอบสภาพทุกวันเป็นเวลา 7 วัน เพื่อดูความสามารถในการสมานตัวของแผ่นหนังเทียมโดยวัดความลึกของหนังเทียมที่กรีด

2.7 การทดสอบความเป็นเซลล์โลสของแผ่นหนังเทียม

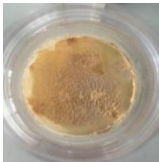
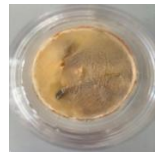
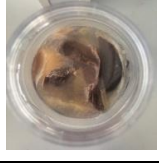
ทดสอบโดยใช้เครื่อง FTIR วิเคราะห์หมู่ฟังก์ชัน เพื่อยืนยันโครงสร้างทางเคมีของเซลล์โลส โดยตรวจหาค่าการดูดกลืนแสงของพันธะจำเพาะ (O-H, C-H, C-O) และตรวจสอบการกำจัด ลิกนิน และเอมิเซลล์โลส ออกจากการสกัด ซึ่งพีคหลักที่ระบุว่าเป็นเซลล์โลสคือ (O-H stretch) และ(C-H stretch)

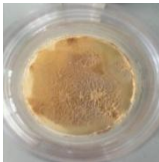
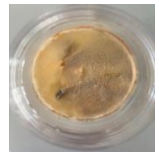
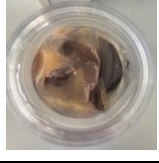
3. ผลและอภิปรายผล

3.1 การศึกษาอัตราส่วนของเปลือกส้มต่อเปลือกกล้วยในการผลิตหัวเชื้อคอมบูชา

จากผลการออกแบบและคัดเลือกหนังเทียมชีวภาพพบว่าฟิล์มที่ได้จากสูตรที่ 1 และ 2 ที่มีอัตราส่วนเปลือกส้มมากกว่าเปลือกกล้วย และสูตรที่ 3 ที่มีอัตราส่วนเปลือกส้มเท่ากับเปลือกกล้วย มีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มบาง แยกชั้นกัน ผิวหยาบ ขรุขระ และมีสีขุ่น แสดงถึงความไม่สม่ำเสมอของเนื้อฟิล์ม จึงไม่สามารถวัดความหนาได้ ขณะที่ฟิล์มจากสูตรที่ 4-5 ซึ่งมีปริมาณของเปลือกกล้วยมากกว่าเปลือกส้ม มีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มหนาขึ้น ผิวมีความเรียบและความขรุขระลดลง อีกทั้งไม่พบการแยกชั้นของสีภายในแผ่นฟิล์ม ดังนั้น สูตรที่ 4 และสูตรที่ 5 สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มที่มีความสมบูรณ์ โดยมีค่าความหนาประมาณ 1.4 และ 2.1 มิลลิเมตรตามลำดับ ผลการทดลองนี้สรุปได้ว่าการเพิ่มปริมาณและปรับสัดส่วนของส่วนผสมมีผลช่วยเพิ่มความหนา ความเรียบ และความสม่ำเสมอของแผ่นหนังเทียมชีวภาพ ทำให้สูตรที่มีปริมาณเปลือกกล้วยมากมีความเหมาะสมต่อการนำไปพัฒนาและใช้งานในขั้นตอนถัดไป

ตารางที่ 1 แสดงภาพการผลิตหนังเทียมชีวภาพ

สูตร ที่	อัตราส่วน เปลือกส้ม : เปลือก กล้วย	รูปภาพ แผ่นฟิล์ม	ลักษณะ แผ่นฟิล์ม
1	4 : 0		ชั้นบาง แยกชั้น ผิวหยาบ และมีสีขุ่น
2	3 : 1		ชั้นบาง แยกชั้น ผิวหยาบ และมีสีขุ่น
3	1 : 1		ชั้นบาง แยกชั้น ผิวหยาบ และมีสีขุ่น
4	1 : 3		หนา ผิวขรุขระ เล็กน้อย ไม่แยกชั้น
5	0 : 4		หนา ผิวมี ความเรียบ ไม่แยกชั้น

1	4 : 0		ชั้นบาง แยกชั้น ผิวหยาบ และมีสีขุ่น
2	3 : 1		ชั้นบาง แยกชั้น ผิวหยาบ และมีสีขุ่น
3	1 : 1		ชั้นบาง แยกชั้น ผิวหยาบ และมีสีขุ่น
4	1 : 3		หนา ผิวขรุขระ เล็กน้อย ไม่แยกชั้น
5	0 : 4		หนา ผิวมี ความเรียบ ไม่แยกชั้น

3.2 การศึกษาสูตรหัวเชื้อคอมบูชาที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นหนังเทียมจากสโคบี้

ผลการทดลองสรุปได้ว่าสูตรของหนังเทียมจากสโคบี้มีผลโดยตรงต่อลักษณะและความสม่ำเสมอของหนังเทียมที่ผลิตได้ โดยหนังเทียมจากสโคบี้สูตรที่ 1 ซึ่งมีอัตราส่วนเปลือกส้มต่อเปลือกกล้วย 1 : 3 มีผิวสัมผัสเรียบและมีความบางกว่าสูตรอื่นและพบการแยกชั้นในบางตัวอย่าง (รูปที่ 1) จากสโคบี้สูตรที่ 2 ซึ่งมีอัตราส่วนเปลือกส้มต่อเปลือกกล้วย 0 : 4 มีลักษณะการเจริญเติบโตที่สุด เนื่องจาก ไม่พบการแยกชั้นในทุกตัวอย่าง ผิวเรียบสม่ำเสมอและมีความหนามากที่สุด (รูปที่ 2) ขณะที่สูตรที่ 3 ซึ่งเป็นหัวเชื้อคอมบูชาเชิงพาณิชย์ ไม่พบการแยกชั้นเช่น มีผิวสัมผัสเรียบและความหนาอยู่ในระดับปานกลาง (รูปที่ 3)



รูปที่ 1 แผ่นสโคบี้สูตรที่ 1 (1:3)



รูปที่ 2 แผ่นสโคบี้สูตรที่ 2 (0:4)

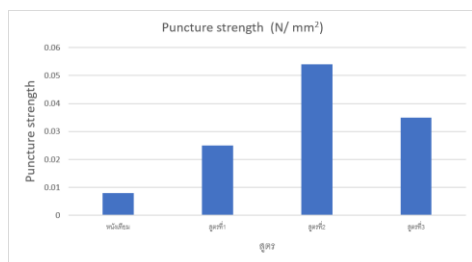


รูปที่ 3 แผ่นสโคบี้สูตรที่ 3

3.3 การทดสอบคุณสมบัติแผ่นหนังเทียมจากสโคบี้

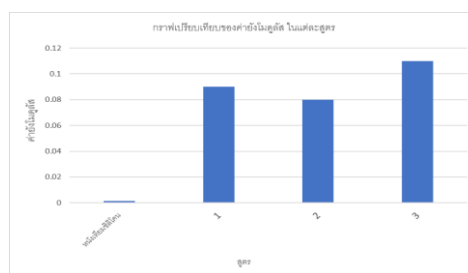
3.3.1 การทดสอบแรงเจาะของแผ่นหนังเทียมจากสโคบี้

จากการทดสอบสมบัติเชิงกลของแผ่นหนังเทียมจากสโคบี้เทียบกับหนังเทียมซิลิโคน พบว่าในด้านความต้านทานแรงเจาะ (พื้นที่ทดสอบ 645 mm²) แผ่นหนังเทียมชีวภาพสูตรที่ 2 (0:4) มีค่า puncture strength สูงที่สุด คือ 0.054±0.010 N/mm² รองลงมาคือสูตรที่ 3 0.035±0.008 N/mm² และสูตรที่ 1 (1:3) 0.025±0.004 N/mm² ตามลำดับ ขณะที่หนังเทียมซิลิโคนมีค่าต่ำที่สุดที่ 0.008±0.006 N/mm² แสดงให้เห็นว่าสูตรที่ 2 มีความเหมาะสมที่สุดในด้านการต้านทานแรงเจาะ



รูปที่ 4 กราฟแสดงค่า Puncture strength ของแผ่นหนังเทียมซิลิโคนและแผ่นหนังเทียมจากสโคบี้

สำหรับการทดสอบแรงดึง พบว่าหนังเทียมซิลิโคนมีความยืดหยุ่นสูงแต่ขาดความแข็งแรงเชิงโครงสร้าง โดยมีค่าความเค้นสูงสุดเท่ากับ 5.5±1.58 kN/m มีค่าความเครียดเป็นลบสูงมาก (-3996.1±2.69) และค่ายังโมดูลัสต่ำมาก (0.0014±0.0004) ในขณะที่หนังเทียมจากสโคบี้ทั้ง 3 สูตรที่ 1-3 สามารถรับแรงได้สม่ำเสมอ โดยมีความเค้นอยู่ในช่วง 2.3-3.2 kN/m และค่าความเครียดอยู่ในช่วง -26.0 ถึง -34.6 โดยสูตรที่ 3 ให้ค่ายังโมดูลัสสูงที่สุด (0.11±0.03) บ่งชี้ว่ามีความแข็งแรงและความต้านทานต่อการเปลี่ยนรูปมากที่สุดในกลุ่มหนังเทียมชีวภาพ ขณะที่สูตรที่ 2 มีค่ายังโมดูลัสต่ำที่สุด (0.08±0.01) แสดงให้เห็นว่าวัสดุชิ้นนี้มีความแข็งแรงต่ำ ยืดหยุ่นสูง จึงดึงให้ขาดจากกันได้ง่าย



รูปที่ 5 กราฟแสดงค่ายังโมดูลัสของแผ่นหนังเทียมซิลิโคนและแผ่นหนังเทียมจากสโคบี้

แผ่นหนังเทียมจากสโคบี้ทั้ง 3 สูตรมีค่าความต้านทานแรงเจาะและค่ายังโมดูลัสไม่แตกต่างจากหนังเทียมซิลิโคนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่าแผ่นหนังเทียมจากสโคบี้มีสมบัติเชิงกลใกล้เคียงกับหนังเทียมซิลิโคน

3.4 การทดสอบความพึงพอใจในการใช้แผ่นหนังเทียมจากสโคบี้

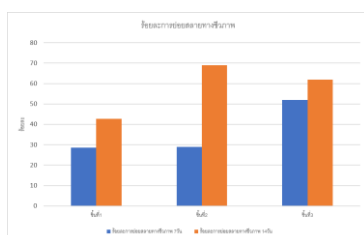
ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความพึงพอใจ

สูตรที่	ระดับคะแนนความพึงพอใจ				
	ลักษณะของชิ้นงาน	รูปร่างและลักษณะของชิ้นงาน	ความสะอาดในการใช้งาน	ความใกล้เคียงกับจริง	ความพึงพอใจในภาพรวม
1	3.7±0.2	3.5±0.1	3.6±0.2	3.6±0.1	3.7±0.2
2	3.6±0.2	3.6±0.1	3.5±0.2	3.6±0.2	3.6±0.2
3	3.2±0.2	3.7±0.1	3.1±0.3	3.1±0.1	3.1±0.2
หนังสือพิมพ์สี	4.3±0.1	4.6±0.1	4.4±0.1	3.7±0.1	4.6±0.1

จากการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานแผ่นหนังเทียมชีวภาพเปรียบเทียบกับหนังเทียมซิลิโคนพบว่าหนังเทียมซิลิโคนได้รับคะแนนความพึงพอใจสูงที่สุดในทุกด้าน แผ่นหนังเทียมจากสโคบี้สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ได้รับคะแนนความพึงพอใจในระดับใกล้เคียงกัน โดยสูตรที่ 1 มีคะแนนภาพรวมสูงกว่าสูตรที่ 2 เล็กน้อย ในขณะที่สูตรที่ 3 ได้รับคะแนนต่ำที่สุด โดยเฉพาะความสะอาดในการใช้งานและความใกล้เคียงกับหนังจริง

3.4 การทดสอบอัตราการย่อยสลายของแผ่นหนังเทียมจากสโคบี้

จากผลการทดสอบอัตราการย่อยสลายของแผ่นหนังเทียมชีวภาพพบว่า แผ่นหนังเทียมชีวภาพทุกสูตรมีน้ำหนักลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเวลาผ่านไป โดยสูตรที่ 3 มีอัตราการย่อยสลายเร็วที่สุดในช่วง 7 วันแรก ขณะที่สูตรที่ 2 แสดงการย่อยสลายเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในช่วงวันที่ 7 ถึงวันที่ 14 โดยมีร้อยละการย่อยสลายครั้งที่ 2 สูงที่สุด แสดงถึงการย่อยสลายที่เกิดขึ้นต่อเนื่องในระยะยาว ส่วนสูตรที่ 1 มีอัตราการย่อยสลายอยู่ในระดับปานกลางตลอดระยะเวลาทดลองสรุปได้ว่าสูตรที่ 2 มีอัตราการย่อยสลายสูงที่สุด แสดงศักยภาพในการเป็นวัสดุที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ เหมาะสมต่อการพัฒนาเป็นวัสดุทดแทนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคต



ภาพที่ 6 กราฟแสดงการทดสอบอัตราการย่อยสลายของแผ่นหนังเทียมชีวภาพ

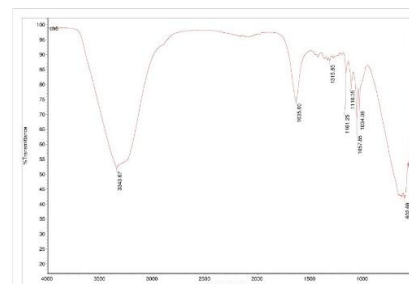
3.5 การทดสอบการคืนสภาพของแผ่นหนังเทียมจากสโคบี้

ตารางที่ 3 การทดสอบการคืนสภาพของแผ่นหนังเทียม

สูตรที่	รูปภาพแผ่นหนัง			คำอธิบาย
	ขั้นที่ 1	ขั้นที่ 2	ขั้นที่ 3	
1				คืนสภาพ 1.5 ชม.
2				คืนสภาพ 0.35 ชม.
3				คืนสภาพ 0.22 ชม. ทุกแผ่น

จากผลการทดสอบการคืนสภาพของแผ่นหนังเทียมจากสโคบี้ พบว่า สูตรที่ 3 แสดงความสามารถในการคืนสภาพได้ดีที่สุด โดยสามารถคืนสภาพได้ครบทุกแผ่น ในขณะที่สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 มีความสามารถในการคืนสภาพต่ำกว่า โดยพบการคืนสภาพเพียงบางแผ่นและบางกรณีไม่สามารถคืนสภาพได้

3.6 การทดสอบความเป็นเซลล์ลูโลสของแผ่นหนังจากสโคบี้



ภาพที่ 7 กราฟแสดงการทดสอบ FTIR

จากผลการทดสอบของหนังเทียมพบว่า สเปกตรัม FTIR แสดงค่าที่ 3343.67 cm^{-1} คือ พันธะ O-H จากหมู่ไฮดรอกซิลในเซลล์ลูโลส ค่า 1635.60 cm^{-1} คือ พันธะ C=O ที่บิดงอจากน้ำที่ถูกดูดซับ ค่า 1315.85 cm^{-1} และ 602.69 cm^{-1} คือการสั่นของโครงสร้างวงแหวนกลูโคส (CH_2 wagging และ out-of-plane bending) ค่า 1161.25 cm^{-1} คือ พันธะ C-O-C ที่ยึดไม่สมมาตร ของพันธะไกลโคซิดิก (β -

1,4-glycosidic linkage) ส่วนค่าที่ 1110.35, 1057.85, 1034.08 cm^{-1} คือพันธะ C-O และ C-C ของพอลิแซ็กคาไรด์

4. สรุปและอภิปรายผล

จากการทดลอง 5 สูตร พบว่าอัตราส่วนระหว่างเปลือกส้มและเปลือกกล้วยที่สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้มีเพียง 2 อัตราส่วน คือ สูตร 1:3 และสูตร 0:4 โดยผลวิเคราะห์ทางเคมีด้วย FTIR ยืนยันว่าหนังเทียมชีวภาพที่พัฒนาขึ้นทุกสูตรมีโครงสร้างของเซลลูโลส หนังเทียมจากสโคบี้ทุกสูตรมีค่าความต้านทานแรงเฉือนและค่า Young's modulus สูงกว่าหนังเทียมซิลิโคน และมีค่าไม่แตกต่างจากหนังเทียมซิลิโคนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่าแผ่นหนังเทียมจากสโคบี้มีสมบัติเชิงกลใกล้เคียงกับหนังเทียมซิลิโคน โดยแต่ละสูตรมีลักษณะเด่นทางกายภาพต่างกันดังนี้ สูตรที่ 2 ซึ่งใช้อัตราส่วนเปลือกกล้วยล้วน 0:4 มีความแข็งแรงทางกายภาพสูงที่สุด โดยต้านทานแรงเฉือนได้ดีที่สุดที่ค่า (0.054 ± 0.010 N/mm²) ขณะเดียวกันก็มียางโมดูลัสต่ำที่สุดที่ค่า (0.08 ± 0.01) ซึ่งแสดงถึงความแข็งแรงต่ำแต่ยืดหยุ่นสูง ทำให้วัสดุเหนียวและดึงให้ขาดจากกันได้ง่าย สูตรที่ 1 ซึ่งใช้อัตราส่วน 1:3 มีความต้านทานแรงเฉือนต่ำที่สุดที่ค่า (0.025 ± 0.004 N/mm²) จึงฉีกขาดง่ายกว่าสูตรอื่น แต่ได้รับคะแนนความพึงพอใจรวมจากผู้ใช้งานสูงที่สุด สูตรที่ 3 ซึ่งใช้อัตราส่วนควบคุม มีความสามารถในการขึ้นสภาพได้ดีที่สุดและย่อยสลายได้เร็วในระยะแรกของการทดสอบ ต่างจากสูตรที่ 2 ที่จะย่อยสลายอย่างต่อเนื่องในระยะยาว สรุปได้ว่าสูตรที่ 2 อัตราส่วนเปลือกกล้วยล้วน 0:4 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตหนังเทียมชีวภาพ เนื่องจากมีความสมดุลอย่างลงตัวระหว่างลักษณะทางกายภาพ ความแข็งแรงเชิงกล ความยืดหยุ่น อัตราการย่อยสลาย รวมถึงการยอมรับจากผู้ใช้งาน จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นสื่อฝึกทักษะการเย็บแผลทางการแพทย์ต่อไปในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการทดสอบอัตราส่วนที่ต่างออกไป สูตรการเพาะเลี้ยงสโคบี้ และ เพิ่มวิธีการทดสอบประสิทธิภาพของแผ่นหนังเทียมชีวภาพ

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับคำปรึกษาและชี้แนะจากครูที่ปรึกษา ตลอดจนได้รับการเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่จากชีววิทยา ของโรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัยมุกดาหาร

เอกสารอ้างอิง

นิตา ร่มสัฒชา, จุฑามาศ พรสันเทียะ, ทิพย์วรินทร์ รีมล้ำวน และกนกทิภา เวชกลาง (2564). คุณสมบัติทางชีวภาพของผลิตภัณฑ์คอมบูชาที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหมัก (The biological activities of Kombucha during fermentation process). *Naresuan Phayao Journal*, 14(1), 75–87.

ประมวล ทรายทอง และอรรังค์ศักดิ์ แก้วประดิษฐ์ (2564). ผลต่อสุขภาพของเครื่องดื่มชาหมักคอมบูชา. *วารสารสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*, 51(3), 5-13.

Ali, E. P., & Monir, E. P. (2016). Antioxidant and antibacterial activity of kombucha beverages prepared using banana peel, common nettles and black tea infusions. *Applied Food Biotechnology*, 3(2), 125–130.

Villarreal-Soto, S. A., Beaufort, S., Bouajila, J., Souchard, J. P., & Taillandier, P. (2018). Understanding kombucha tea fermentation: A review. *Journal of Food Science*, 83(3), 580–588.