

การพัฒนาไหมชีวภาพจากสารสกัดเมือกกระเจี๊ยบเขียวเสริมด้วยไคโตซาน เจลาติน คอลลาเจน
Development of Biodegradable Sutures from Okra Mucilage Extract Reinforced with
Chitosan Gelatin and Collagen

ณัฐกฤตา ศรีสุต , ชัชชนก บุญมณี

ศศิธร ณ ระนอง , ลักขมี ชัยเจริญวิมลกุล ช่วยธรรมกิจ

¹ที่อยู่: โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย ตรัง , 196 หมู่ 4 ตำบลบางรัก , อำเภอเมืองตรัง , จังหวัดตรัง 92000 , ประเทศไทย

*อีเมลล์: sasitorn@pcshstrg.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาไหมชีวภาพจากสารสกัดเมือกกระเจี๊ยบเขียว เสริมด้วยไคโตซาน เจลาติน และคอลลาเจน โดยมุ่งเน้นการสร้างวัสดุเส้นใยที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ และมีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้เป็นไหมเย็บแผล ไคโตซานทำหน้าที่เป็นโครงสร้างหลักของเส้นไหม เนื่องจากเป็นพอลิเมอร์ชีวภาพที่มีความแข็งแรงและเข้ากันได้ดีกับร่างกาย ขณะที่เจลาตินและคอลลาเจนช่วยเพิ่มความยืดหยุ่น ปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของเส้นไหม และเสริมความเข้ากันได้ทางชีวภาพ ส่วนสารสกัดเมือกกระเจี๊ยบเขียวทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความยืดหยุ่น ลดความเปราะของเส้นใย และช่วยให้เส้นไหมมีความคงตัวมากขึ้น กระบวนการทดลอง ประกอบด้วยการเตรียมสารละลายไคโตซาน การผสมเจลาติน คอลลาเจน และสารสกัดเมือกกระเจี๊ยบเขียวในอัตราส่วนต่าง ๆ การขึ้นรูปเป็นเส้นไหม และการทดสอบสมบัติของเส้นไหม ได้แก่ ความสามารถในการขึ้นรูปและค่าแรงดึง เส้นผ่านศูนย์กลาง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า สูตรที่ประกอบด้วยไคโตซาน 5 กรัม เจลาติน 3.75 กรัม คอลลาเจน 1.25 กรัม และสารสกัดเมือกกระเจี๊ยบเขียว 0.5 กรัม ให้สมบัติโดยรวมดีที่สุด โดยมีความแข็งแรงและความยืดหยุ่นเหมาะสม สามารถขึ้นรูปเป็นเส้นไหมได้ดี และมีลักษณะทางกายภาพที่สม่ำเสมอ เหมาะสำหรับการพัฒนาเป็นไหมเย็บแผลชีวภาพ งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการพัฒนาไหมชีวภาพจากวัสดุธรรมชาติ ซึ่งสามารถต่อยอดสู่การประยุกต์ใช้เป็นไหมเย็บแผล วัสดุชีวการแพทย์ และผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคต

คำสำคัญ : ไหมเย็บแผล, ไคโตซาน, กระเจี๊ยบเขียว , วัสดุชีวภาพ , การย่อยสลายทางชีวภาพ

บทนำ

ปัญหาขยะพลาสติกและเส้นใยสังเคราะห์ที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ นับเป็นปัญหา

สิ่งแวดล้อม ระดับโลกที่ทวีความรุนแรงมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมวัสดุทางการแพทย์ และ อุตสาหกรรมสิ่งทอ ซึ่งยังคงมีการใช้เส้นใยสังเคราะห์

ในปริมาณมาก วัสดุเหล่านี้เมื่อถูกกำจัดจะตกค้างในสิ่งแวดล้อมเป็นระยะเวลานาน ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ เพิ่มภาระต่อการจัดการของเสียและก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมในระยะยาว ดังนั้น การพัฒนาวัสดุชีวภาพที่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อลดผลกระทบดังกล่าวและ สนับสนุนแนวทางการพัฒนาที่ยั่งยืน ไคโตซาน ซึ่งเป็น พอลิเมอร์ธรรมชาติที่สกัดจากไคตินในเปลือกกุ้งและปู เป็นวัสดุชีวภาพที่ใหม่ที่ได้มีความแข็งแรงมีระยะยาว ดังนั้น การพัฒนาวัสดุชีวภาพที่ได้ตามธรรมชาติ ดังนั้น โครงการวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนา โคมีย่อยสลายชีวภาพที่ย่อย สลายได้ในธรรมชาติจากไคโตซานร่วมกับสารสกัดจาก กระเจี๊ยบเขียว เพื่อให้ได้เส้นไหมที่มีความเหนียว ความยืดหยุ่น และความคงรูปที่เหมาะสม สามารถ สลายตัวได้อย่างปลอดภัยในร่างกาย และเป็นมิตรต่อ สิ่งแวดล้อม วัสดุที่พัฒนาขึ้นยังมีศักยภาพในการ ทดแทนไหมสังเคราะห์แบบละลายได้ เช่น PGA หรือ PGLA ช่วยลดการพึ่งพาวัสดุสังเคราะห์ ลดผลกระทบ ต่อสิ่งแวดล้อม และสอดคล้องกับแนวคิดการพัฒนาที่ยั่งยืนในด้านวัสดุทางการแพทย์

วิธีการดำเนินงาน

2.1 การเตรียมการสกัดกระเจี๊ยบเขียว

ล้างกระเจี๊ยบเขียวฝักอ่อนให้สะอาด หั่น กระเจี๊ยบเขียวเป็นแว่นหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร ต้มกระเจี๊ยบที่หั่นแล้วด้วยน้ำกลั่นบริสุทธิ์ ที่อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยควบคุมอุณหภูมิด้วย Hotplate กรองสารละลายที่ได้ด้วยผ้าขาวบางเพื่อ แยกกากออก และนำเอาเฉพาะส่วนของสารละลาย เมื่อ เติมอะซิโตน ในปริมาณเป็นสองเท่า ของ ปริมาณเมือกกระเจี๊ยบที่ได้ และแช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในที่มืด เพื่อให้เกิดการตกตะกอนของพอลิ แแซ็กคาไรด์ (เมือก) กรองเอาเฉพาะตะกอนที่ได้ และนำ ตะกอนไปเกลี่ยให้ทั่วถาดสแตนเลสอบตะกอนที่ อุณหภูมิ 60°C จนแห้งสนิท นำตะกอนที่แห้งแล้วมาบด จนละเอียด เก็บในภาชนะปิดสนิทและปราศจาก ความชื้น เพื่อเตรียมใช้เป็นสารเสริมในขั้นตอน

การผลิต มีผลโดยตรงต่อความสามารถในการขึ้นรูปและเสถียรภาพของสูตร เมื่อพิจารณาสูตรที่ไม่เติมเมือกกระเจี๊ยบ (0.0 มิลลิลิตร) พบว่าเส้นไหมมีลักษณะแห้งเปราะ และกรอบ โดยให้ค่าแรงดึงเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 2.34 นิวตัน สำหรับสูตรที่เติมเมือกกระเจี๊ยบ 0.5 และ 1.0 มิลลิลิตร เส้นไหมมีความเปราะลดลงและสามารถหักงอได้ดีขึ้น โดยมีค่าแรงดึงเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 10.72 และ 11.52 นิวตัน ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เส้นไหม จากสูตรดังกล่าวยังคงมีลักษณะเปราะเล็กน้อย เมื่อ พิจารณาสูตรที่ใช้เมือกกระเจี๊ยบ 1.5 มิลลิลิตร พบว่า เป็นสูตรที่ให้คุณสมบัติโดยรวมเหมาะสมที่สุด โดยเส้นไหมมีลักษณะพองดี สามารถหักงอได้ มีความยืดหยุ่น เหมาะสม ไม่เปราะแตกง่าย และให้ค่าแรงดึงเฉลี่ยสูง ที่สุดเท่ากับ 12.96 นิวตัน ซึ่งสะท้อนถึงความสมดุลของ องค์ประกอบภายในสูตรอย่างเหมาะสม ในขณะที่สูตรที่ใช้เมือกกระเจี๊ยบ 2.0 มิลลิลิตร แม้จะสามารถขึ้นรูป เป็นเส้นไหมได้ แต่เส้นไหมมีลักษณะนิ่มเกินไป มีความ ยืดหยุ่นสูง และขาดได้ง่าย ส่งผลให้สูตรดังกล่าวขาด เสถียรภาพเชิงกลเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่น จากผล การทดลองจึงสามารถสรุปได้ว่าสูตรที่ใช้เมือกกระเจี๊ยบ 1.5 มิลลิลิตร ให้สมบัติเชิงกลและลักษณะทางกายภาพ ของเส้นไหมเหมาะสมที่สุด อีกทั้งยังแสดงให้เห็นถึง บทบาทของเมือกกระเจี๊ยบในฐานะสารช่วยเพิ่มความ ยืดหยุ่นที่ต้องใช้ในปริมาณเหมาะสม เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงและการใช้งานของเส้นไหมใน ขั้นตอนต่อไป

2.2 การเตรียมสารละลายพอลิเมอร์ผสม

ละลายไคโตซานด้วยกรดอะซิติก ความเข้มข้น 2.0% w/vภายใต้การกวนด้วยแท่งแม่เหล็กจนได้ สารละลายใสและหนืด การเตรียมสารละลายเจลาตินและคอลลาเจนละลายเจลาตินและคอลลาเจนด้วยน้ำ กลั่นบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 50 °C ผสมสารละลายไคโตซาน เจลาตินและคอลลาเจนในอัตราส่วนที่แตกต่าง กัน เพื่อทดสอบหาอัตราส่วนที่ให้คุณสมบัติเชิงกลที่ดี ที่สุด เติมสารสกัดกระเจี๊ยบเขียวที่เตรียมไว้ ลงในสารละลายพอลิเมอร์ผสม

ในปริมาณที่แตกต่างกัน (เช่น 1%, 2%, 3% w/w ของ น้ำหนักพอลิเมอร์ รวม) และกวนจนเป็นเนื้อเดียวกัน

2.3 การขึ้นรูปเส้นไหม

เตรียมสารขึ้นรูปเส้นไหม ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 2.0% w/v ใส่ในภาชนะ จากนั้นบรรจุ สารละลายพอลิเมอร์ผสมลงในไซริงค์และติดตั้งเข็มฉีดยา ขนาด 18G เป็นหัวฉีด ฉีดสารละลายพอลิเมอร์ลงใน ภาชนะที่เตรียมโซเดียมไฮดรอกไซด์ไว้ เส้นใยที่แข็งตัวจะ ถูกดึงออกจากอ่างด้วยความเร็วคงที่และทำการล้างด้วยน้ำ กลั่นเพื่อกำจัดสารตกค้างย่อยสลาย

2.4 การดึงยืดและอบแห้ง

นำเส้นไหมที่ได้มาดึงยืดเพื่อจัดเรียงตัวของ โมเลกุล และนำไปอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิห้องหรือ อุณหภูมิต่ำ เพื่อรักษาสารสำคัญในกระเจี๊ยบเขียว

ผลและอภิปรายผล

3.1 ผลการทดสอบหาความเข้มข้นเมือกกระเจี๊ยบที่เหมาะสม

ความเข้มข้นเมือก กระเจี๊ยบ (g)	ความสามารถ ในการขึ้นรูป	ทดสอบแรง ดึงเฉลี่ย (N)	ลักษณะเส้นไหม
0.0	✓	2.23	เปราะ แห้ง กรอบ
0.05	✓	7.04	เปราะ หักงอได้เล็กน้อย
0.1	✓	9.2	เปราะเล็กน้อย หักงอได้
0.25	✓	11.39	หักงอได้มีความยืดหยุ่น
0.5	✓	14.59	พืด หักงอได้มีความยืดหยุ่น

ตารางที่ 1 จากการทดลองเพื่อหาความเข้มข้นของเมือก กระเจี๊ยบที่เหมาะสมต่อการผลิตเส้นไหม พบว่าเส้นไหม จาก ทุกชุดการทดลองสามารถขึ้นรูปเป็นเส้นไหมได้ โดย เมื่อเพิ่มปริมาณเมือกกระเจี๊ยบ ค่าแรงดึงเฉลี่ยของเส้นไหมมี แนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อไม่เติมเมือก กระเจี๊ยบ (0.0 กรัม) เส้นไหมมีลักษณะแห้ง เปราะ และ กรอบ ให้ ค่าแรงดึงเฉลี่ยต่ำที่สุดที่ 2.23 นิวตัน ขณะที่การ เติมน้ำเมือกกระเจี๊ยบในปริมาณ 0.05–0.10 กรัม แม้จะช่วย เพิ่ม ความแข็งแรงของเส้นไหมได้ในระดับหนึ่ง แต่เส้นไหม ยังคงมีลักษณะเปราะและมีความยืดหยุ่นจำกัด ที่ความ เข้มข้นเมือกกระเจี๊ยบ 0.25 กรัม เส้นไหมมีลักษณะพืด และมีความยืดหยุ่นเหมาะสม อย่างไรก็ตาม ค่าแรงดึง เฉลี่ยยังต่ำกว่าสูตรที่ใช้เมือกกระเจี๊ยบในปริมาณสูงกว่า

เมื่อเพิ่มปริมาณเมือกกระเจี๊ยบเป็น 0.50 กรัม พบว่าเส้นไหมมีค่าแรงดึงเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 14.59 นิวตัน แสดงถึง ความสามารถในการรับแรงดึงที่ดีมาก ซึ่งเป็นคุณสมบัติ สำคัญต่อการใช้งานเส้นไหมในสภาวะที่ต้องรับแรง แม้ว่า เส้นไหมจะมีลักษณะนิ่มและมีความยืดหยุ่นสูง แต่ สามารถควบคุมลักษณะดังกล่าวได้ด้วยการปรับอัตราส่วน ของพอลิเมอร์รวมในขั้นตอนถัดไป ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้ จึงเลือกใช้ความเข้มข้นของเมือกกระเจี๊ยบ 0.50 กรัม เป็น ค่ามาตรฐานในการทดลองขั้นต่อไป เนื่องจากให้ค่าแรง ดึง สูงสุดและสามารถขึ้นรูปเป็นเส้นไหมได้ดี อีกทั้งยังเอื้อต่อ การปรับสมบัติของเส้นไหมด้วยองค์ประกอบอื่นเพื่อให้ เหมาะสมต่อการใช้งานในขั้นต่อไป

3.2 การทดสอบหาปริมาณเมือกกระเจี๊ยบที่เหมาะสม

ปริมาณเมือก กระเจี๊ยบ (ml)	ความสามารถ ในการขึ้นรูป	ทดสอบแรง ดึงเฉลี่ย (N)	ลักษณะของเส้นไหม
0.0	✓	2.34	เปราะ แห้ง กรอบ
0.5	✓	10.72	เปราะ หักงอได้เล็กน้อย
1.0	✓	12.96	เปราะเล็กน้อย หักงอได้
1.5	✓	15.27	พืด หักงอได้มีความยืดหยุ่น
2.0	✓	12.71	นิ่มเกินไป ยืดหยุ่น
2.5	×	×	×
3.0	×	×	×
3.5	×	×	×
4.0	×	×	×
4.5	×	×	×
5.0	×	×	×

ตารางที่ 2 จากการทดลองเพื่อหาปริมาณเมือกกระเจี๊ยบ ที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปเส้นไหมในแต่ละสูตรการทดลอง พบว่าสูตรที่ใช้เมือกกระเจี๊ยบในปริมาณ 0.0–2.0 มิลลิลิตร สามารถขึ้นรูปเป็นเส้นไหมได้ ขณะที่สูตรที่ใช้ เมือก กระเจี๊ยบตั้งแต่ 2.5–5.0 มิลลิลิตร ไม่สามารถขึ้นรูป เป็นเส้นไหมได้ แสดงให้เห็นว่าปริมาณเมือกกระเจี๊ยบมีผล โดยตรงต่อความสามารถในการขึ้นรูปและเสถียรภาพของ สูตร เมื่อพิจารณาสูตรที่ไม่เติมน้ำเมือกกระเจี๊ยบ (0.0 มิลลิลิตร) พบว่าเส้นไหมมีลักษณะแห้ง เปราะ และกรอบ โดยให้ค่าแรงดึงเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 2.34 นิวตัน สำหรับ สูตรที่เติมน้ำเมือกกระเจี๊ยบ 0.5 และ 1.0 มิลลิลิตร เส้นไหม มีความเปราะลดลงและสามารถหักงอได้ดีขึ้น โดยมี ค่าแรงดึงเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 10.72 และ 12.96 นิวตัน ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เส้นไหมจากสูตรดังกล่าวยังคงมี ลักษณะเปราะเล็กน้อย เมื่อพิจารณาสูตรที่ใช้เมือก

กระเจียบ 1.5 มิลลิกรัม พบว่าเป็นสูตรที่ให้คุณสมบัติโดยรวม เหมาะสมที่สุด โดยเส้นไหมมีลักษณะพอดี สามารถหักงอได้ มีความยืดหยุ่นเหมาะสม ไม่เปราะแตกง่าย และให้ ค่าแรงดึงเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 15.27 นิวตัน ซึ่งสะท้อนถึงความสมดุลขององค์ประกอบภายในสูตรอย่างเหมาะสม ในขณะที่สูตรที่ใช้เมื่อกระเจียบ 2.0 มิลลิกรัม แม้จะยังสามารถขึ้นรูปเป็นเส้นไหมได้ แต่เส้นไหมมีลักษณะนิ่มเกินไป มีความยืดหยุ่นสูง และขาดได้ง่าย ส่งผลให้สูตรดังกล่าวขาดเสถียรภาพเชิงกลเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่น จากผลการทดลองจึงสามารถสรุปได้ว่าสูตรที่ใช้เมื่อกระเจียบ 1.5 มิลลิกรัม ให้สมบัติเชิงกลและลักษณะทางกายภาพของเส้นไหมเหมาะสมที่สุด อีกทั้งยังแสดงให้เห็นถึงบทบาทของเมื่อกระเจียบในฐานะสารช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นที่ต้องใช้ในปริมาณเหมาะสม เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงและการใช้งานของเส้นไหมในขั้นตอนต่อไป

3.3 ผลการทดสอบปรับความเข้มข้นระหว่าง ไคโดซาน กับโซเดียมอัลจิเนต

ไคโดซาน (g)	โซเดียมอัลจิเนต (g)	ความสามารถในการขึ้นรูป	ทดสอบแรงดึงเฉลี่ย	ลักษณะของเส้นไหม
0.00	5.00	×	×	×
1.25	3.75	×	×	×
2.50	2.50	×	×	×
3.75	1.25	×	×	×

ตารางที่ 3 จากการทดสอบเพื่อปรับความเข้มข้นระหว่างไคโดซานและโซเดียมอัลจิเนต พบว่าไม่มีชุดการทดลองใดสามารถขึ้นรูปเป็นเส้นไหมได้ ส่งผลให้ไม่สามารถทำการทดสอบค่าแรงดึงเฉลี่ยและตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของเส้นไหมได้

3.4 ผลการทดสอบปรับความเข้มข้นระหว่าง เจลาติน กับคอลลาเจน

เจลาติน (g)	คอลลาเจน (g)	ความสามารถในการขึ้นรูป	ทดสอบแรงดึงเฉลี่ย	ลักษณะของเส้นไหม
0	5	/	7.44	ยืดหยุ่นมากกับไป เสี้นิ่ม
1.25	2.75	/	9.22	มีความยืดหยุ่นมาก
2.50	2.50	/	11.34	มีความยืดหยุ่นค่อนข้างมาก
3.75	1.25	/	15.27	มีความยืดหยุ่นพอเหมาะ

ตารางที่ 4 ได้เลย นี่คือการที่เรียบเรียงใหม่ให้อยู่ในรูปแบบ ความเรียง โดยคงสาระสำคัญและใช้ภาษาทางวิชาการที่สั้นไหลมากขึ้น

จากการทดสอบการปรับอัตราส่วนของเจลาตินต่อคอลลาเจน โดยกำหนดให้ความเข้มข้นของเมื่อกระเจียบคงที่ที่ 0.5 กรัม พบว่าเส้นไหมจากทุกชุดการทดลองสามารถขึ้นรูปได้ อย่างไรก็ตาม สมบัติเชิงกลและลักษณะทางกายภาพของเส้นไหมมีความแตกต่างกันตามสัดส่วนของเจลาตินต่อคอลลาเจนที่ใช้ เมื่อใช้อัตราส่วนเจลาตินต่อคอลลาเจนเท่ากับ 0:5 เส้นไหมมีค่าแรงดึงเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 7.44 นิวตัน โดยมีลักษณะนิ่มและยืดตัวได้มากเกินไป ส่งผลให้มีความแข็งแรงต่ำ จึงไม่เหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องรองรับแรงดึงจริง ส่วนอัตราส่วน 1.25:3.75 ให้ค่าแรงดึงเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 9.22 นิวตัน แสดงให้เห็นว่าเจลาตินมีส่วนช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเส้นไหมได้ในระดับหนึ่ง แม้ว่าความยืดหยุ่นของเส้นไหมยังคงอยู่ในระดับสูงและยังไม่สามารถควบคุมได้อย่างชัดเจน สำหรับอัตราส่วน 2.5:2.5 พบว่าความยืดหยุ่นของเส้นไหมลดลงมาอยู่ในระดับที่เหมาะสม พร้อมทั้งให้ค่าแรงดึงเฉลี่ย 11.34 นิวตัน สะท้อนถึงความสมดุลระหว่างความแข็งแรงและความยืดหยุ่นที่ดีขึ้น ขณะที่อัตราส่วน 3.75:1.25 ให้ผลการทดลองที่ดีที่สุด โดยเส้นไหมสามารถขึ้นรูปได้ดี มีความยืดหยุ่นพอเหมาะ โค้งงอได้อย่างเหมาะสม และมีค่าแรงดึงเฉลี่ยสูงสุดที่ 15.27 นิวตัน ซึ่งสูงกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างชัดเจน สรุปได้ว่า อัตราส่วนเจลาตินต่อคอลลาเจน 3.75:1.25 กรัม เป็นสูตรที่ให้สมบัติเชิงกลเหมาะสมที่สุดภายใต้เงื่อนไขการทดลองนี้ เนื่องจากให้ค่าแรงดึงสูงสุด มีความยืดหยุ่นอยู่ในระดับที่เหมาะสม และสามารถขึ้นรูปเส้นไหมได้ดี จึงมีศักยภาพและความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่นที่ศึกษา

3.5 ผลการทดสอบความหนูนของเส้นไหมเมื่อ จำลองเย็บบนแผ่นหนังเทียม

สูตรเส้นไหม				วัดความหนา		
ไคโดซาน (g)	เจลาติน (g)	คอลลาเจน (g)	ความเข้มข้นกระเจียบ (g)	ครั้งที่ 1 (mm)	ครั้งที่ 2 (mm)	ครั้งที่ 3 (mm)
5.00	5.00	0.00	0.5	0.98	1.05	1.01
5.00	3.75	1.25	0.5	0.83	0.81	0.82

ตารางที่ 5 จากผลการทดสอบความหนูนของเส้นไหมโดยการจำลองการเย็บบนแผ่นหนังเทียม พบว่าสูตรเส้นไหมที่ไม่เติมคอลลาเจน (ไคโดซาน 5 กรัม เจลาติน 5 กรัม และ

เมื่อกระเจียบ 0.5 กรัม) ให้ค่าความหนูนเฉลี่ยเท่ากับ 1.01 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นค่าความหนูนที่สูงกว่าสูตรที่มีการเติมคอลลาเจน แสดงให้เห็นว่าแม้เส้นไหมสูตรดังกล่าวจะมีความ ยืดหยุ่นสูง แต่มีแนวโน้มเกิดการยกตัวของเส้นไหมบนผิววัสดุเมื่อทำการเย็บ ในขณะที่สูตรที่มีการเติมคอลลาเจน (ไคโตซาน 5 กรัม เจลาติน 3.75 กรัม คอลลาเจน 1.25 กรัม และเมื่อกระเจียบ 0.5 กรัม) พบว่าค่าความหนูนของ เส้นไหมจากการวัดทั้ง 3 ครั้งมีความสม่ำเสมอ และให้ค่าความหนูนเฉลี่ยลดลงเหลือเพียง 0.82 มิลลิเมตร ซึ่งต่ำกว่า สูตรที่ไม่เติมคอลลาเจนอย่างชัดเจน สะท้อนให้เห็นว่าการเติมคอลลาเจนมีบทบาทในการควบคุมความหนาและ การยกตัวของเส้นไหมเมื่อทำการเย็บ จากผลการทดลองดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า สูตรเส้นไหมที่มีอัตราส่วนเจลาตินต่อคอลลาเจนเท่ากับ 3.75:1.25 กรัม และมีความเข้มข้นของเมื่อกระเจียบ 0.5 กรัม ให้เส้นไหมที่มีค่าความ หนูนต่ำ มีความสม่ำเสมอ และเหมาะสมต่อการใช้งานมากที่สุด เนื่องจากช่วยลดการยกตัวของเส้นไหมบนผิววัสดุ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญต่อการประยุกต์ใช้งานทางการแพทย์

3.6 ผลการทดลองสองสูตรที่ดีที่สุด

ไคโตซาน (g)	เจลาติน (g)	คอลลาเจน (g)	ความเข้มข้นเมื่อกระเจียบ (g)	ความสามารถในการขึ้นรูป	ทดสอบแรงดึงเฉลี่ย (N)	ความหนาของเส้นไหมเฉลี่ย (mm)	ลักษณะของเส้นไหม
5.00	5.00	0.00	0.50	✓	14.23	1.01	พอดีทั้งองได้, ยืดหยุ่นมาก
5.00	3.75	1.25	0.50	✓	15.27	0.82	พอดีทั้งองได้, ยืดหยุ่นมาก

ตารางที่ 6 จากการพิจารณาผลการทดลองการผลิตเส้นไหม จากไคโตซาน เจลาติน คอลลาเจน และเมื่อกระเจียบ พบว่าสัดส่วนของวัตถุดิบมีผลต่อคุณสมบัติของเส้นไหม อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งสองสูตรสามารถขึ้นรูปเป็นเส้นไหม ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความต่อเนื่องของเส้นดี สามารถหักงอได้โดยไม่แตกหัก และมีความยืดหยุ่นสูง แสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมเบื้องต้นต่อการนำไปใช้งาน อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่าทางกายภาพ พบว่าการเติมคอลลาเจนมีบทบาทสำคัญต่อการปรับปรุงลักษณะและสมบัติเชิงกลของเส้นไหม สูตรที่ไม่เติมคอลลาเจนให้ค่าแรงดึงเฉลี่ยสูงสุดที่ 14.23 นิวตัน สะท้อนถึงความแข็งแรงของเส้นไหมที่ดี แต่มีค่าความ หนูนเฉลี่ยสูงถึง 1.01 มิลลิเมตร ส่งผลให้เส้นไหมมี ลักษณะค่อนข้าง

หนาและยืดหยุ่นมากเกินไป ซึ่งอาจลด ความสบายและความเหมาะสมในการใช้งานจริง โดยเฉพาะในงานด้านไหมเย็บแผล ในขณะที่สูตรที่เติม คอลลาเจน แม้ค่าแรงดึงเฉลี่ยลดลงเหลือ 11.34 นิวตัน แต่สามารถลดความหนูนของเส้นไหมลงอย่างชัดเจน เหลือเพียง 0.82 มิลลิเมตร ทำให้เส้นไหมมีความ สม่ำเสมอ เรียบ และมีขนาดเหมาะสมมากขึ้น สะท้อนให้เห็นว่าคอลลาเจนช่วยควบคุมโครงสร้างและความ หนาของเส้นไหม โดยไม่ส่งผลกระทบต่อความสามารถ ในการขึ้นรูปและความยืดหยุ่นโดยรวม เมื่อประเมินผล การทดลองโดยรวมทั้งด้านการขึ้นรูป ค่าแรงดึง ความ ยืดหยุ่น และความหนูนของเส้นไหม พบว่าสูตรที่ ประกอบด้วยไคโตซาน 5 กรัม เจลาติน 3.75 กรัม คอลลาเจน 1.25 กรัม และเมื่อกระเจียบ 0.5 กรัม ให้ สมดุลของสมบัติเชิงกลและลักษณะทางกายภาพที่ดีที่สุด แม้ค่าแรงดึงจะต่ำกว่าสูตรที่ไม่เติมคอลลาเจนเล็กน้อย แต่ยังคงอยู่ในช่วงที่เพียงพอต่อการใช้งานจริง อีกทั้งมีความหนูนต่ำและความยืดหยุ่นเหมาะสม ซึ่งช่วยลด โอกาสการระคายเคืองของแผลและเพิ่มประสิทธิภาพ ในการใช้งาน เป็นไหมเย็บแผลได้อย่างเหมาะสมมากขึ้น

สรุปผล

การพัฒนาสูตรเส้นไหมในการศึกษาครั้งนี้ดำเนินการอย่างเป็นลำดับ เริ่มจากการศึกษาปริมาณเมื่อกระเจียบที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปเส้นไหม เพื่อประเมินผลต่อความสามารถในการขึ้นรูปและสมบัติเชิงกลของเส้นไหม ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เมื่อกระเจียบในช่วงปริมาณ 0.0–2.0 มิลลิกรัม สามารถขึ้นรูปเป็นเส้นไหมได้ ขณะที่ปริมาณตั้งแต่ 2.5 มิลลิกรัมขึ้นไปไม่สามารถขึ้นรูปเป็นเส้นไหมได้ สูตรที่ไม่เติมเมื่อกระเจียบให้เส้นไหมที่มีลักษณะแห้ง เปราะ และมีค่าแรงดึงเฉลี่ยต่ำที่สุด เมื่อเพิ่มปริมาณเมื่อกระเจียบ เส้นไหมมีความยืดหยุ่นและความแข็งแรงเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยปริมาณ 1.5 มิลลิกรัมให้ สมบัติเชิงกลและลักษณะทางกายภาพของเส้นไหมเหมาะสมที่สุด จึงกำหนดเป็นปริมาณมาตรฐานสำหรับการทดลองในขั้นตอนต่อไป จากนั้นจึงศึกษาผลของความเข้มข้นของเมื่อกระเจียบ พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นส่งผลให้ค่าแรงดึงเฉลี่ยของเส้นไหมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

เส้นไหมที่ไม่เติมเมือกกระเจี๊ยบมีความเปราะและรับแรงดึงได้ไม่ดี ขณะที่การเติมเมือกกระเจี๊ยบในความเข้มข้นต่ำช่วยเพิ่มความแข็งแรงได้เพียงบางส่วน เมื่อเพิ่มความเข้มข้นเป็น 0.5 กรัม เส้นไหมให้ค่าแรงดึงเฉลี่ยสูงสุดและยังสามารถขึ้นรูปได้ดี แม้จะมีความนิ่มและความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นแต่สามารถปรับสมดุลได้ด้วยการปรับองค์ประกอบอื่นของสูตร จึงเลือกใช้ความเข้มข้น 0.5 กรัม เป็นค่ามาตรฐานในการศึกษาขั้นต่อไป ในการศึกษาการเติมโซเดียมอัลจิเนตเพื่อปรับปรุงสมบัติของเส้นไหม พบว่าทุกอัตราส่วนระหว่างไคโตซานและโซเดียมอัลจิเนตไม่สามารถขึ้นรูปเป็นเส้นไหมได้ จึงไม่สามารถประเมินสมบัติเชิงกลและลักษณะทางกายภาพของเส้นไหมได้ ผลการทดลองจึงสรุปได้ว่า ภายใต้อำนาจของการศึกษานี้ โซเดียมอัลจิเนตไม่เหมาะสมสำหรับการใช้เป็นส่วนประกอบของสูตรเส้นไหมชีวภาพ ขั้นตอนสุดท้ายเป็น การศึกษาผลของการเติมคอลลาเจนร่วมกับเจลาติน โดยปรับอัตราส่วนของทั้งสองสาร พบว่าทุกสูตรสามารถขึ้นรูปเป็นเส้นไหมได้ แต่สมบัติเชิงกลและลักษณะทางกายภาพของเส้นไหมแตกต่างกันตามสัดส่วนของคอลลาเจน สูตรที่มีคอลลาเจนในสัดส่วนสูงให้เส้นไหมที่มีความยืดหยุ่นมากเกินไปและมีความแข็งแรงลดลง ขณะที่การเพิ่มสัดส่วนของเจลาตินช่วยเพิ่มค่าแรงดึง ทำให้เส้นไหมมีความแข็งแรงและคงรูปได้ดีขึ้น โดยอัตราส่วนเจลาตินต่อคอลลาเจน 3.75:1.25 กรัม ให้สมบัติโดยรวมดีที่สุด และสามารถลดความนูนของเส้นไหมจากการจำลองการเย็บบนแผ่นหนังเทียมได้อย่างชัดเจน

จากผลการทดลองทั้งหมด สรุปได้ว่าสูตรเส้นไหมที่เหมาะสมที่สุดประกอบด้วยไคโตซาน 5 กรัม เจลาติน 3.75 กรัม คอลลาเจน 1.25 กรัม และสารสกัดเมือกกระเจี๊ยบ 1.5 มิลลิตร ที่ความเข้มข้น 0.5 กรัม เนื่องจากให้เส้นไหมที่มีความแข็งแรงเพียงพอ มีความยืดหยุ่นเหมาะสม สามารถขึ้นรูปได้ดี และมีความนูนของเส้นไหมต่ำ จึงมีศักยภาพในการนำไปพัฒนาเป็นไหมเย็บแผลชีวภาพและประยุกต์ใช้ในงานด้านวัสดุชีวการแพทย์ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี อันเนื่องมาจากความกรุณา ความร่วมมือ และการ สนับสนุนจากหลายภาคส่วน คณะผู้จัดทำใคร่ขอกราบ ขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนสำคัญในการสนับสนุน และส่งเสริมการดำเนินโครงการวิจัยฉบับนี้ให้บรรลุ วัตถุประสงค์ตามที่ตั้งไว้ คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณโรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย ตรัง เป็น อย่างสูง ที่ได้ให้การสนับสนุนด้านทรัพยากร สถานที่ และอุปกรณ์ในการดำเนินโครงการวิจัยตลอดจน เอื้ออำนวยโอกาสและส่งเสริมสภาพแวดล้อมทางการ เรียนรู้ที่เอื้อต่อการสร้างสรรค์ การพัฒนาศักยภาพด้าน การวิจัย การทำงานเป็นทีม และการประยุกต์ใช้ความรู้ ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อประโยชน์ด้าน สุขภาพอย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

- Matica, M. A., et al. (2019). Chitosan as a Wound Dressing Starting Material. *International Journal of Molecular .sciences*, 20(23), 5889. <https://doi.org/10.3390/ijms20235889>
- Rajkumar, D. S. R., et al. (2024). Chitosan-Based Biomaterial in Wound Healing: A Review. *Journal of Functional Biomaterials*, 15(2), 45. <https://doi.org/10.3390/jfb150200453>
- Shah, J., et al. (2025). Recent Advancements in Chitosan-Based Biomaterials for Wound Healing Applications. *Polymers*, 16(2), 45. <https://doi.org/10.90/polymer>
- Li, S., et al. (2025). Chitosan-Based Dressing Materials for Burn Wound Healing. *Polymers*, 17(12), 1647. <https://doi.org/10.3390/polym17121>