



Pawcura: การพัฒนาเฟอิกโฟมขึ้นรูปได้โดยอาศัยการศึกษาการตอบสนองเชิงกลต่อแรงเพื่อการตรึงกระดูกแมว

Pawcura: Development of a Moldable Foam Splint Based on the Study of Mechanical Response to Force for Feline Bone Immobilization

ณัฏฐภัทร บัวสรวง¹ ธารม ศัลยกะลิน¹

นาอิม บินอับรอเฮง¹ อภินันท์ สุประเสริฐ²

¹โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย ปทุมธานี อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี 12140

²คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน เขตจตุจักร จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10900

Email: nadhabhat.bua@pcshspt.ac.th

บทคัดย่อ

การบาดเจ็บของกระดูกต้นขา (Femur) ในแมวคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 47.91 ของการบาดเจ็บกระดูกทั้งหมดในช่วงปี พ.ศ. 2566-2567 แม้ว่าการใช้เฟอิกจะยังคงเป็นวิธีการรักษาหลักในการตามกระดูกให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม แต่เฟอิกสำหรับสัตว์ในปัจจุบันยังคงมีข้อจำกัดสำคัญหลายประการ ได้แก่ ความสามารถในการระบายอากาศต่ำ ขาดความยืดหยุ่น และไม่สอดคล้องกับสรีรวิทยาของผิวหนังสัตว์ ส่งผลให้เกิดพฤติกรรมต่อต้านการรักษาในสัตว์อย่างรุนแรงและการทิ้งเฟอิกก่อนครบกำหนดรักษา นอกจากนี้ เฟอิกที่ใช้ในปัจจุบันผลิตจากวัสดุที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ก่อให้เกิดปัญหาขยะทางการแพทย์ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเฟอิกชีวภาพ Pawcura โดยใช้วัสดุชีวภาพประกอบด้วย Bio-Based Polyol ที่สกัดจากน้ำมันพืชธรรมชาติและสารขยายตัว Isocyanate เพื่อสร้างโฟมชีวภาพที่มีคุณสมบัติแข็งตัวเร็ว มีน้ำหนักเบา และมีความสามารถในการระบายอากาศที่ดี เฟอิกชีวภาพ Pawcura ที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้ง่ายผ่านกระบวนการฉีดพ่นและขึ้นรูปตามสัณฐานของอวัยวะที่บาดเจ็บ ไม่เกิดการยึดติดกับขนสัตว์ ไม่ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังสัตว์ และสามารถใช้ร่วมกับผ้าปิดแผลได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่จำเป็นต้องถอดเฟอิกออก ผลลัพธ์นี้ผลิตจากวัสดุที่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ช่วยลดภาระขยะทางการแพทย์และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การพัฒนาเฟอิกชีวภาพ Pawcura มีศักยภาพในการยกระดับคุณภาพชีวิตของสัตว์เลี้ยงที่ได้รับบาดเจ็บและสนับสนุนการใช้วัสดุชีวภาพให้สอดคล้องกับแนวทาง BCG Model (Bio-Circular-Green Economy) เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน

คำสำคัญ: เฟอิกชีวภาพ (Biodegradable Cast), โพลียูรีเทนชีวภาพ (Bio-based polyol), ไอโซไซยาเนต (Isocyanate), เฟอิก (Splint), ผ้าปิดแผล (Dressing), วัสดุชีวภาพ (Biological Materials)

บทนำ

ปัจจุบันสัตว์เลี้ยงจำนวนมากประสบอุบัติเหตุที่ส่งผลต่อระบบโครงกระดูก เช่น การหักจากการถูกรถชน การตกจากที่สูง หรือการเล่นอย่างรุนแรง โดยเฉพาะแมวที่มีการเคลื่อนไหวสูง พบว่าสัตว์ที่เข้ารับการรักษากระดูกหักในคลินิกสัตวแพทย์มีมากกว่า 15,000 ตัวต่อปีทั่วประเทศไทย (มูลนิธิเพื่อสัตว์เลี้ยง, 2022) วิธีการรักษา

หลักคือการตามกระดูกด้วยเฟอิกเพื่อให้กระดูกกลับมาติดกันอย่างถูกต้องและปลอดภัย

อย่างไรก็ตามเฟอิกที่ใช้ในปัจจุบันส่วนใหญ่ผลิตจากวัสดุแข็ง เช่น พลาสติกและไฟเบอร์กลาส แม้จะมีความแข็งแรง แต่กลับไม่สอดคล้องกับโครงสร้างและผิวหนังของสัตว์ ทำให้สัตว์ไม่สบายตัว เกิดการกดทับ



หรือเสี่ยงต่อการติดเชื้อ อีกทั้งวัสดุเหล่านี้ไม่สามารถย่อยสลายได้ จึงกลายเป็นขยะตกค้างที่กระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ปัญหาสำคัญคือวัสดุที่ใช้ในเฝือกทั่วไปไม่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อรองรับลักษณะเฉพาะของสัตว์ เช่น การมีขนหนา ผิวหนังบอบบาง และพฤติกรรมกรเลี้ยวหรือกัดแทะ เฝือกพลาสติกหรือไฟเบอร์กลาสแม้จะแข็งแรง แต่ไม่ยืดหยุ่นและไม่สามารถปรับให้เข้ากับสรีระของสัตว์ได้อย่างแท้จริง อีกทั้งวัสดุเหล่านี้มักมีพื้นผิวหยาบแข็งทำให้เกิดการเสียดสีกับขนและผิวหนังจนเกิดแผลถลอกหรือจุดกดทับ โดยเฉพาะในสัตว์อย่างแมวที่มีการเคลื่อนไหวต่อเนื่อง นอกจากนี้ เฝือกชนิดดังกล่าวยังระบายอากาศได้ไม่ดี เมื่อเกิดความชื้นจากเหงื่อ เลือด หรือการเลียแผล จะสะสมจนกลายเป็นแหล่งของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา ส่งผลให้แผลหายช้าหรือติดเชื้อ (มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น, 2021) ที่สำคัญวัสดุเหล่านี้ไม่สามารถย่อยสลายตามธรรมชาติ จึงเพิ่มภาระการจัดการขยะติดเชื้อทางการแพทย์ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2022) ซึ่งสวนทางกับแนวโน้มการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

เพื่อตอบโจทย์ทั้งด้านการรักษาและสิ่งแวดล้อม โครงการนี้จึงพัฒนาเฝือกโพลิเมอร์ต้นแบบสำหรับสัตว์ภายใต้ชื่อ “Pawcure” โดยใช้วัสดุ bio-based polyol ที่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ร่วมกับสารขยายตัวปลอดภัย เพื่อขึ้นรูปเป็นโพลิเมอร์แข็งที่ใช้งานง่ายและไม่เป็นพิษต่อสัตว์ เมื่อนัดพันโพลิเมอร์จะสามารถแข็งตัวภายในไม่กี่นาที แนบพอดีกับขา และไม่ติดขนสัตว์ ช่วยลดการกดทับและพุงกระตุกอย่างเหมาะสม โครงสร้างแบบมีรูพรุนยังช่วยระบายอากาศ ลดการอักเสบ ลดโอกาสเกิดเชื้อราและการติดเชื้อบริเวณแผล (PTTGC, 2564) อีกทั้งยังสามารถใช้ร่วมกับแผ่น dressing ได้ในกรณีที่มีบาดแผลเปิด

วิจัยนี้มีเป้าหมายในการออกแบบและพัฒนาเฝือกโพลิเมอร์ชีวภาพสำหรับสัตว์เลี้ยงที่สามารถตอบโจทย์ทั้งด้านการแพทย์และสิ่งแวดล้อม มุ่งเน้นความแข็งแรง ความกระชับ การระบายอากาศ และการย่อยสลายได้จริง ในสภาพแวดล้อม โดยคณะผู้จัดทำเชื่อว่าจะเป็นแนวทางใหม่ที่ช่วยเพิ่มคุณภาพชีวิตสัตว์เลี้ยง สร้างความสะดวกแก่สัตวแพทย์ และลดผลกระทบต่อนสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยัง

สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาตามโมเดล BCG ที่ประเทศไทยกำลังส่งเสริมอีกด้วย

วิธีดำเนินการ

1. การศึกษาอัตราส่วนการผสมที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาสูตรโพลิเมอร์ชีวภาพ

กำหนดให้สัดส่วนของสาร Bio-based polyol และ Isocyanate เป็นตัวแปรอิสระ 3 ระดับ ได้แก่ สูตร A (1:0.8), สูตร B (1:1.0), และสูตร C (1:1.2) กระบวนการผลิตตัวอย่างโพลิเมอร์จะอยู่ภายใต้ตัวแปรควบคุมที่กำหนดไว้ เช่น อุณหภูมิสภาพแวดล้อม (25°C), วิธีการและระยะเวลาในการผสมสาร (30 วินาที), และขนาดของชิ้นงานทดสอบ จากนั้นจะทำการประเมินสมบัติเชิงกลซึ่งเป็นตัวแปรตาม โดยจะวัดและบันทึกค่าเวลาที่ใช้ในการแข็งตัว (Setting Time), ความหนาแน่น (Density), ความแข็งแรงต่อแรงกด (Compressive Strength), และความยืดหยุ่น (Elastic Recovery) ของตัวอย่างโพลิเมอร์แต่ละสูตร สูตรที่แสดงผลพหุคูณด้านความแข็งแรง, น้ำหนักเบา และการคืนรูปที่ดีที่สุดจะถูกคัดเลือกเพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

2. การประเมินประสิทธิภาพการขึ้นรูปและการยึดกระดูกของต้นแบบเฝือก

นำสูตรโพลิเมอร์ที่คัดเลือกจากการทดลองแรกมาสร้างเป็นเฝือกต้นแบบบนหุ่นจำลองขาสัตว์กระบวนการเริ่มต้นด้วยการพันผ้าระบายอากาศรอบหุ่นจำลอง จากนั้นจึงฉีดพ่นสารผสมโพลิเมอร์ให้คลุมบริเวณที่ต้องการและปล่อยให้แข็งตัว การประเมินผลจะพิจารณาจากความสามารถในการขึ้นรูปให้แนบสนิทกับสรีระของขา (Form-fitting Ability), ความสามารถในการจำกัดการเคลื่อนไหวเพื่อยึดกระดูก (Bone Immobilization) และความสะดวกในการใช้งาน เช่น การไม่ยึดติดกับวัสดุรองพื้น และความง่ายในการเปิดช่องเพื่อดูแผลบาดแผล

3. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายอากาศ

เปิดพัดลมให้ได้ความแรงคงที่ วางเครื่องวัดลม (Anemometer) ที่ปลายเฝือกอีกด้าน วัดความเร็วลมที่ทะลุผ่านเฝือกโพลิเมอร์ บันทึกค่าทั้งหมด 3 ครั้ง และเฉลี่ยค่า



ทั้งหมดทั้งสามสูตรสามครั้ง โดยใช้สูตร Percent Difference = (ค่าเผือกโฟม / ค่าเผือกปกติ) * 100

4. การศึกษาความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพ

นำชิ้นงานตัวอย่างจากสูตรที่เหมาะสมที่สุดไปทดสอบตามนิยามเชิงปฏิบัติการ โดยจะชั่งน้ำหนักเริ่มต้นของชิ้นงานแห้ง จากนั้นนำไปฝังในดินภายใต้สภาวะควบคุม (อุณหภูมิ 25±2°C, ความชื้น 60±5%). จะมีการเก็บข้อมูลเป็นระยะ โดยชุดตัวอย่างขึ้นมาทำความสะอาด, อบให้แห้ง, และชั่งน้ำหนักเพื่อบันทึกการเปลี่ยนแปลงของมวลในช่วงระยะเวลา 2-4 สัปดาห์ อัตราการย่อยสลายทางชีวภาพจะถูกคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียมวลต่อสัปดาห์ เพื่อประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยใช้สูตรคำนวณ

$$\text{Weight Loss (\%)} = \left(\frac{W_0 - W_x}{W_0} \right) * 100$$

โดย W_0 = น้ำหนักเริ่มต้น

W_x = น้ำหนักที่วัดได้ในแต่ละสัปดาห์

5. การทดสอบความต้านทานต่อแรงกดของเผือกโฟม

เตรียมชิ้นเผือกโฟม 3 สูตร ได้แก่ สูตร A สูตร B และสูตร C วางบนพื้นผิวเรียบ จากนั้นวัดความหนาของเผือกโฟมก่อนรับแรงกดบริเวณกึ่งกลางของชิ้นงาน ต่อมาใช้น้ำหนักคงที่ 5 กิโลกรัม วางทับบนเผือกโฟมอย่างช้า ๆ และปล่อยให้รับแรงกดเป็นเวลา 30 วินาที แล้ววัดความหนาหลังกดในตำแหน่งเดิม การทดลองดำเนินการภายใต้เงื่อนไขเดียวกันทุกสูตร เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการต้านทานแรงกดของเผือกโฟมแต่ละสูตร

6. การทดสอบแรงต้านทานต่อการเลื่อนของเผือกโฟม

เตรียมชิ้นเผือกโฟม 3 สูตร ได้แก่ สูตร A สูตร B และสูตร C วางบนพื้นโต๊ะภายในห้องปฏิบัติการ ซึ่งใช้เป็นพื้นผิวทดสอบ จากนั้นวางน้ำหนักคงที่ 5 กิโลกรัม บนชิ้นเผือกเพื่อจำลองแรงกดจากการใช้งานจริง ทำการผูกเชือกรอบชิ้นเผือกโดยให้เชือกแนบกับพื้นโต๊ะ และใช้เชือกที่มีความยาว 40 เซนติเมตร ในการดึงชิ้นงาน การดึงกระทำในแนวขนานกับพื้นอย่างช้าและสม่ำเสมอ

จนกระทั่งเผือกเริ่มเกิดการเคลื่อนที่ จากนั้นใช้เครื่องชั่งสปริงวัดค่า โดยใช้แรงดึงคงที่ 3 นิวตัน สำหรับเผือกทุกสูตร บันทึกค่าการตอบสนองของการเลื่อนที่เกิดขึ้น ซึ่งแสดงผลในรูปของค่าที่วัดได้เป็นกรัม เพื่อใช้เป็นตัวชี้วัดเชิงเปรียบเทียบระหว่างสูตร

7. การทดสอบความต้านทานต่อการงอของเผือกโฟมแต่ละสูตร

เตรียมชิ้นเผือกโฟม 3 สูตร ได้แก่ สูตร A สูตร B และสูตร C ซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกัน ใช้หนังสือจำนวนสองเล่มเป็นจตุรรองรับชิ้นงานเพื่อให้เกิดช่องว่างตรงกลาง จากนั้นวัดความหนาของเผือกโฟมบริเวณกึ่งกลางก่อนรับแรงกด และกำหนดเป็นค่า h_0 ต่อมาวางน้ำหนักคงที่ 5 กิโลกรัม ลงตรงกลางของชิ้นงานอย่างช้า ๆ และปล่อยให้รับแรงกดเป็นเวลา 30 วินาที แล้ววัดความหนาหลังรับแรงกดบริเวณเดิมจำนวน 3 ครั้ง กำหนดเป็นค่า h_1 เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย ค่าการงอของเผือกโฟมคำนวณจากผลต่างของความหนาก่อนและหลังรับแรงกดตามสมการ $\Delta h = h_0 - h_1$ โดยดำเนินการทดลองภายใต้เงื่อนไขเดียวกันสำหรับเผือกโฟมทุกสูตร เพื่อใช้เปรียบเทียบความสามารถในการต้านทานการงอของเผือกโฟมแต่ละสูตร

8. การทดสอบการกระคายเคืองเซลล์ (Cell Viability Test : MTT assay)

ตรวจวัดค่า pH ของสารที่ใช้ผลิตโฟม หากอยู่ช่วง 5.5-7 แสดงว่าอยู่ในระดับปลอดภัย

9. การทดสอบการติดขนสัตว์

นำสำลีมาถูไปกลับที่เผือกโฟมจำนวนครั้งเท่ากัน (20 ครั้ง) สังเกตว่าขนที่ติดมามากน้อยเพียงใด โดยนับจำนวนเส้นและจดบันทึก

ผลและอภิปรายผล

1. ผลลัพธ์การขึ้นรูปและการยึดเกาะของต้นแบบเผือกทั้งสามสูตร

จากการขึ้นรูป พบว่าทุกสูตรสามารถขึ้นรูปได้ และแข็งตัวจนสามารถยึดติดกับพื้นผิวได้สำเร็จ แสดงให้เห็นว่าวัสดุมีศักยภาพเบื้องต้นในการใช้งานเป็นเผือกสัตว์ได้จริง ดังรูป



รูปที่ 1 ผลลัพธ์การขึ้นรูปและการยืดกระดูกของต้นแบบเปลือกทั้งสามสูตร

2. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบาย

อากาศ

จากการทดลองพบว่าความเร็วลมในสภาวะปกติ (ไม่มีเปลือก) มีค่าเท่ากับ 3.3 m/s เมื่อทาบบเปลือกโพลีเอสเตอร์ สูตร ได้ผลดังนี้

สูตร	ความเร็วลมหลังผ่านเปลือก (m/s)	ลมที่หายไป (%)	ลมที่ผ่านได้ (%)
A	1.7	48.48	51.52
B	2.2	33.33	66.66
C	2.5	24.24	75.76

ตารางที่ 1 แสดงประสิทธิภาพการระบายอากาศของทั้งสามสูตร

เปลือกโพลีเอสเตอร์ที่มีการระบายอากาศดีสามารถช่วยลดความอับชื้นและการสะสมความร้อนบริเวณผิวหนังได้ ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญต่อการใช้งานเปลือกในระยะยาว โดยสูตร C เหมาะสมที่สุดในด้านการระบายอากาศ

3. การเปรียบเทียบความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพ

จากการทดสอบความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพ โดยวัดการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักขึ้นเปลือกโพลีเอสเตอร์ เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ (ภายหลังสิ้นสุดการทดลองหลัก) พบผลดังนี้

สูตร	น้ำหนักหลังทำแลปเสร็จ (กรัม)	สัปดาห์ที่ 1 (กรัม)	สัปดาห์ที่ 2 (กรัม)
A	46.66	40.09	39.04
B	32.15	29.48	28.42
C	39.45	34.82	33.88

ตารางที่ 2 แสดงผลการย่อยสลายของแต่ละสูตร

สูตร	อัตราการย่อยสลายสัปดาห์ที่ 1 (%)	อัตราการย่อยสลายสัปดาห์ที่ 2 (%)
A	14.08	16.33
B	8.30	11.60
C	11.74	14.12

ตารางที่ 3 แสดงอัตราการย่อยสลายของแต่ละสูตร

การลดลงของน้ำหนักขึ้นเปลือกโพลีเอสเตอร์ก่อนถึงกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพ โดยขึ้นงานที่มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักสูงแสดงถึงความสามารถในการย่อยสลายได้ดีกว่า จากผลการทดลองพบว่าเปลือกโพลีเอสเตอร์สูตร C มีแนวโน้มการย่อยสลายเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาผ่านไป แสดงว่าวัสดุสามารถถูกย่อยสลายได้ในสภาวะที่ทดสอบเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสูตร พบว่า สูตร A มีอัตราการย่อยสลายสูงที่สุด ซึ่งเหมาะสมต่อการใช้งานที่ต้องการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหลังการใช้งาน

4. การทดสอบแรงต้านทานต่อการเลื่อนของเปลือกโพลี

จากการทดสอบแรงต้านทานการเลื่อนของเปลือกโพลีทั้งสามสูตร ภายใต้แรงดึง 3 นิวตัน และแรงกด 5 กิโลกรัม พบผลดังนี้

สูตร	ค่าการเลื่อน (กรัม)
A	0.3
B	0.4
C	0.3

ตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบแรงต้านทานต่อการเลื่อนของเปลือกโพลี

พบว่า สูตร A และสูตร C มีค่าการเลื่อนต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่าเปลือกทั้งสองสูตรสามารถต้านทานการเลื่อนได้ดีกว่าสูตร B ซึ่งมีค่าการเลื่อนสูงกว่า บ่งชี้ว่าสูตร A และ C มีความเหมาะสมมากกว่าในแง่ของการช่วยรักษาตำแหน่งของเปลือกและลดการเคลื่อนตัวขณะใช้งานจริง

5. การทดสอบความต้านทานต่อการงอของเปลือกโพลี

จากการทดสอบความต้านทานต่อการงอของเปลือกโพลีทั้งสามสูตร โดยวัดความหนาของชิ้นงานก่อนรับแรงกด (h_0) และหลังรับแรงกด (h_1) แล้วคำนวณค่า

การกรองจากผลต่างของความหนา ($\Delta h = h_0 - h_1$) พบผลดังต่อไปนี้

สูตร	ความหนาก่อน กด (ซม.)	ความหนา หลังกด (ซม.)	ค่าความมอ (ซม.)
A	1.40	1.03	0.37
B	1.40	0.80	0.60
C	1.20	0.77	0.43

ตารางที่ 5 แสดงผลการทดสอบความต้านทานต่อการกรองของเปลือกโพม

พบว่า สูตร A มีค่าการกรองต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างของโพมมีความแข็งแรงและสามารถต้านทานแรงกดได้ดี ส่งผลให้เปลือกเกิดการโก่งตัวน้อย ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการตรึงกระดูก เนื่องจากช่วยลดการเคลื่อนไหวของบริเวณที่ต้องการรักษา

6. การทดสอบการระคายเคืองเซลล์

จากการตรวจหาค่า pH ของแต่ละสาร ได้ดังนี้

สาร	ค่า pH
Bio-Based Polyol	7
Isocyanate	6
Distilled Water	7
Lecithin	6
Triethanolamine	7

ตารางที่ 6 แสดงผลค่า pH ของแต่ละสาร

พบว่าอยู่ในช่วง 5.5 - 7 จึงอยู่ในระดับปลอดภัย

7. การทดสอบการติดชนสัตว์แต่ละสูตร

จากการทดสอบการติดชนสัตว์โดยใช้สไลด์บนพื้นผิวของเปลือกโพมทั้งสามสูตร ดังรูป



รูปที่ 2 ผลการทดสอบการติดชนสัตว์แต่ละสูตร

พบว่าไม่ปรากฏการติดของเส้นใยสาลีนบนพื้นผิวเปลือกโพมในทุกสูตร บ่งชี้ว่าพื้นผิวของวัสดุมีคุณสมบัติไม่ยึดเกาะกับเส้นใย ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวแทนของการไม่

ติดชนสัตว์ได้ เนื่องจากเส้นใยสาลีนมีลักษณะใกล้เคียงกับชนสัตว์ในแง่ของความเบาและการเกิดไฟฟ้าสถิต ดังนั้นเปลือกโพมทุกสูตรเหมาะสำหรับการใช้งานกับสัตว์เลี้ยง

8. การเปรียบเทียบความสามารถในการกักและ

การทดสอบความทนทานต่อการกักและของเปลือกโพมโดยใช้กรรไกรกดลงบนพื้นผิวของเปลือกโพม จากนั้นทำการวัดความสูงของเปลือกโพมก่อนและหลังการกด และคำนวณค่าการยุบตัวจากผลต่างของความสูงที่เปลี่ยนแปลง พบผลดังนี้

สูตร	ความสูงก่อน กด (ซม.)	ความสูงหลัง กด (ซม.)	การยุบตัว (ซม.)
A	3.0	2.5	0.5
B	2.0	1.8	0.2
C	2.5	2.4	0.1

ตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการกักและ

การยุบตัวของเปลือกโพมหลังการกดด้วยกรรไกรสะท้อนถึงความสามารถของวัสดุในการต้านทานแรงจากวัตถุแหลมคม โดยเปลือกที่มีการยุบตัวน้อยแสดงถึงความทนทานที่สูงกว่าและสามารถรักษารูปร่างได้ดีกว่าเมื่อเผชิญแรงกดเฉพาะจุด จากผลการทดลองพบว่า สูตร C มีการยุบตัวน้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่าเปลือกมีความทนทานต่อแรงจากสิ่งแหลมคมได้ดีที่สุด

สรุปผล

จากผลการทดลองด้านสมบัติเชิงฟิสิกส์ พบว่าเปลือกโพมทุกสูตรสามารถรองรับแรงกดจากน้ำหนักที่จำลองจากน้ำหนักเฉลี่ยของแมวได้จริง โดยสูตร C มีการยุบตัวต่ำที่สุด แสดงถึงความแข็งแรงและความเสถียรของโครงสร้างที่เหมาะสมต่อการใช้งานจริง

ด้านการใช้งานจริงกับสัตว์ การทดสอบแรงต้าน การเลื่อน การติดชนสัตว์ และความทนทานต่อการกักและ แสดงให้เห็นว่าเปลือกโพมมีคุณสมบัติที่สอดคล้องกับพฤติกรรมของสัตว์เลี้ยง เปลือกไม่เลื้อนง่าย ไม่ติดชน และสามารถทนต่อแรงจากวัตถุแหลมคมหรือการกักและได้ในระดับที่เหมาะสม นอกจากนี้ การทดสอบการระบายอากาศยังแสดงให้เห็นว่าเปลือกโพมสามารถให้อากาศไหลผ่านได้ในสัดส่วนที่สูง โดยสูตร C รักษาการไหลของอากาศได้มากที่สุด



ในด้านสิ่งแวดล้อม การทดสอบความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพพบว่าเปลือกโฟมทุกสูตรมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา แสดงว่าวัสดุสามารถย่อยสลายได้จริง โดยสูตร A มีอัตราการย่อยสลายสูงที่สุด สะท้อนถึงศักยภาพในการลดปริมาณขยะทางการแพทย์หลังการใช้งาน ผลการทดลองส่วนนี้สนับสนุนแนวคิดการพัฒนาวัสดุเปลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นหนึ่งในเป้าหมายสำคัญของงานวิจัย

สรุปได้ว่าเปลือกโฟมชีวภาพที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบโจทย์ทั้งด้านความแข็งแรง การใช้งานจริงกับสัตว์และความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อมได้อย่างชัดเจน แม้แต่ละสูตรจะมีจุดเด่นแตกต่างกัน แต่ในภาพรวมพบว่า สูตร C เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ได้รับคำปรึกษาและชี้แนะ ตลอดจนได้รับการเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่จากโรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย ปทุมธานี และคณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์บางเขน

เอกสารอ้างอิง

- มหาวิทยาลัยบูรพา. (2565). โฟมชีวภาพจากแป้งธรรมชาติ (มันสำปะหลัง, ข้าวโพด, ข้าวเหนียว).
- มหาวิทยาลัยบูรพา. (2566). การประดิษฐ์เปลือกอ่อนตามกระดูกชนิดสำเร็จรูป.
- มหาวิทยาลัยบูรพา. (2566). รายงานการวิจัย: เปลือกอ่อนตามกระดูกชนิดสำเร็จรูป.
- มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (2563). โฟมย่อยสลายได้จากเส้นใยธรรมชาติ.
- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2541). การใช้เปลือกไฟเบอร์กลาสรักษาช้างเอเชียขาหัก. การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 36.
- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2564). การพัฒนาเปลือกไฟเบอร์กลาสสำหรับสัตว์เลี้ยงโดยใช้แม่พิมพ์สามมิติ.
- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, สำนักงานพัฒนาการวิจัย

การเกษตร, และการยางแห่งประเทศไทย.

(2564). เปลือกจากยางพาราไทย – นวัตกรรมเปลือกสำหรับคนและสัตว์.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

(2564). เปลือกชีวภาพจากยางธรรมชาติ.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

(2565). Biosplint: เปลือกอ่อนจากพลาสติกชีวภาพ (ขึ้นรูปด้วยน้ำอุ่น).

Army Medical Research and Development

Command. (2022). FASTCAST™ spray-on polyurethane foam to immobilize bone and soft tissue.

BEC-VET. (2022). External coaptation: การใช้เปลือกนอกในสัตว์เลี้ยง.

Lagasse, P. (2024). Spray foam cast developed by USAMRDC adopted for rehabilitation exoskeleton. USAMRDC Public Affairs Office.

Martin, K. D. (2016). Spray-on immobilization cast.

PTT Global Chemical. (2021). พลาสติกชีวภาพย่อยสลายได้ (PLA, PBS).

ScienceDirect. (n.d.). Splints – Veterinary science and veterinary medicine.

Supachokclinic. (2025). เปลือกตามกระดูก: วัสดุและรูปแบบต่างๆ ของเปลือก.

Sync Innovation. (2020). วัสดุชีวภาพ (Bio-based material) กับการพิมพ์ 3 มิติ.

University of Tennessee. (n.d.). Livestock health: Limb fractures in calves – Repairs and outcomes.

VCA Animal Hospitals. (n.d.). Bandage and splint care in dogs.

Works, G. (2021). Everything you need to know about dog splint care.

OpenAI. (2025). ChatGPT.