

การพัฒนาโพลียเอทิลีนที่ใช้ฟิโรโมนสังเคราะห์เพื่อควบคุมด้วงแรดมะพร้าว *Oryctes rhinoceros* L.

วรัญญู สุขโต^{1*}, วันวิสา ทองฉิม¹, ภิชาพร ธรรมศิริ¹, สานิต บัวดำ¹, นิธินาถ แซ่ตั้ง², และ นริศ ท้าวจันทร์³

¹โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัยสมบูรณ์กุลกันยา ตำบลหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

²คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ตำบลหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

³คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ตำบลหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

* Corresponding author: captain.warunyoo@gmail.com

บทคัดย่อ

มะพร้าวและปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญในประเทศไทย เช่น ไทย ฟิลิปปินส์ และมาเลเซีย ซึ่งใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องสำอาง และพลังงานทดแทน แต่ศัตรูพืชอย่างด้วงแรดมะพร้าว (*Oryctes rhinoceros* L.) ส่งผลกระทบต่อผลผลิต การควบคุมศัตรูพืชในปัจจุบันที่ใช้สารเคมีและฟีโรโมน ethyl 4-methyloctanoate (E4-MO) ที่มีข้อจำกัดในด้านต้นทุนและประสิทธิภาพ ดังนั้นโครงการจึงมุ่งเน้นไปที่การขยายอายุการใช้งานของฟีโรโมน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมศัตรูพืช ทดแทนการใช้สารเคมีที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การศึกษาอัตราส่วนและระยะเวลาการเตรียมโพลียเอทิลีน การศึกษาหาปริมาณฟีโรโมนที่เหมาะสม และสูตรโพลียเอทิลีนที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการดึงดูดด้วงแรดมะพร้าว ผลการศึกษาพบว่า สูตรการดี 3 นาที่ Laurate มีความหนาแน่นสูงสุด ($0.3453 \pm 0.01 \text{ g/cm}^3$) และสูตรการดี 5 นาที่ Oleate มีความหนาแน่นต่ำสุด ($0.2864 \pm 0.01 \text{ g/cm}^3$) การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์เผยให้เห็นว่า โพลียเอทิลีนที่มีความหนาแน่นต่ำกว่ามีความสามารถในการระเหยของฟีโรโมนได้ดีกว่า เนื่องจากมีรูพรุนที่ใหญ่กว่า การศึกษาปริมาณฟีโรโมนพบว่า 100 และ 150 ไมโครลิตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สูตรการดี 3 นาที่ Laurate และ 3 นาที่ Oleate มีอัตราการดึงดูด $22.22 \pm 3.81\%$ และ $23.81 \pm 4.29\%$ ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) สรุปได้ว่า สูตรที่มีรูพรุนใหญ่เหมาะสำหรับการปลดปล่อยฟีโรโมนรวดเร็ว ส่วนสูตรที่มีความหนาแน่นมากเหมาะสำหรับการใช้งานที่ทนทาน ผลการศึกษานี้สนับสนุนการพัฒนาต่อดักฟีโรโมนเพื่อควบคุมศัตรูพืชอย่างยั่งยืนและลดการใช้สารเคมี

คำสำคัญ: ฟีโรโมน / โพลียเอทิลีน / ด้วงแรดมะพร้าว / แอมโมเนียมโอเลต / แอมโมเนียมลอเลต

Development of Rubber Foam Infused with Synthetic Pheromones to Control *Oryctes rhinoceros* L.

Waranyoo Sukto^{1*}, Wanwisa Thongchim¹, Pichapond Thammasiri¹, Sathit Buadam¹,
Nitinart Saetung², and Narit Thaochan³

¹Hatyaiwittayalaisomboonkunkanlaya School, Thailand

²Faculty of Science, Prince of Songkla University, Thailand

³Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Thailand

* Corresponding author: captain.warunyoo@gmail.com

Abstract

Coconut and oil palm are vital economic crops in countries like Thailand, the Philippines, and Malaysia, used in the food, cosmetics, and renewable energy industries. However, pests such as *Oryctes rhinoceros* threaten these crops, reducing yields. Current pest control methods, including chemicals and pheromones, have limitations in effectiveness and cost. This research aims to extend the lifespan of pheromone lures by developing breathable rubber foam to attract *Oryctes rhinoceros*, enhance pheromone evaporation, reduce pesticide use, and improve pest management in coconut and oil palm plantations. The study examines the appropriate ratios and preparation times for natural rubber foam, the optimal amount of ethyl 4-methyloctanoate (E4-MO) pheromone, and the most effective foam formula for attraction. Results show that foam density varies among formulas. The 3 minutes Laurate formula had the highest density (0.3453 ± 0.01 g/cm³), while the 5 minutes Oleate formula had the lowest (0.2864 ± 0.01 g/cm³). Microscopic analysis revealed that lower-density foams allowed better pheromone diffusion due to larger pores. For optimal pheromone amounts, 100 and 150 microliters provided the same level of attraction, with no significant statistical difference ($p > 0.05$). Regarding foam performance, the 3 minutes Laurate and 3 minutes Oleate formulas had the highest attraction rates ($22.22 \pm 3.81\%$ and $23.81 \pm 4.29\%$, respectively), with no significant statistical difference ($p > 0.05$). However, the Laurate formula exhibited better pheromone absorption and release, while the Oleate formula had a stronger structure, enhancing durability. In conclusion, both formulas are effective, with larger-pored foams ideal for fast pheromone release and denser foams better suited for durability. These findings support the development of pheromone traps for sustainable pest control. The biodegradable rubber foam enhances pheromone efficiency, reduces pesticide use, lowers costs, and promotes eco-friendly agriculture.

Keywords: Pheromone / Rubber foam / *Oryctes rhinoceros* L. / Oleate / Laurate

1. บทนำ

มะพร้าวเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทยที่สามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หลากหลายประเภท เช่น กะทิ น้ำมันมะพร้าว น้ำตาลมะพร้าว และมะพร้าวน้ำหอม ซึ่งมีมูลค่าการส่งออกในปี 2566 สูงถึง 34,090 ล้านบาท ขยายตัวเพิ่มขึ้น 16% จากปีก่อน ในช่วง 5 เดือนแรกของปี 2567 การส่งออกผลิตภัณฑ์มะพร้าวยังคงเติบโตอย่างต่อเนื่องที่ 14,579 ล้านบาท เพิ่มขึ้น 7% เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน [1] โดยแหล่งเพาะปลูกมะพร้าวที่สำคัญในประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช และสมุทรสงคราม โดยมีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 0.78 ล้านไร่ [2] ข้อมูลย้อนหลังแสดงให้เห็นว่าพื้นที่เพาะปลูกมะพร้าวมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งอาจเกิดจากหลายปัจจัย เช่น ต้นทุนการแปรรูปมะพร้าวที่สูงขึ้นและการปลูกพืชเศรษฐกิจอื่นๆ ทดแทนมะพร้าว เช่น ยางพาราและปาล์มน้ำมัน ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่สำคัญในอุตสาหกรรมต่างๆ โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น สบู่ เครื่องสำอาง และไอศกรีม โดยมีการส่งออกในมูลค่าที่สูงขึ้นทุกปี ผลผลิตปาล์มน้ำมันในประเทศไทยส่วนใหญ่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร 39% ไบโอดีเซล 29% และส่งออกไปยังต่างประเทศ 32% [3] แต่พื้นที่ปลูกมะพร้าวและปาล์มน้ำมันต้องเผชิญกับปัญหาศัตรูพืชที่ทำให้ผลผลิตลดลง เช่น ดั้วแรดมะพร้าวที่ทำลายระบบรากและยอดของพืช ปัจจุบันการควบคุมดั้วแรดมะพร้าวโดยใช้สารเคมี เช่น บิวเมธามิค, บิวทาเร็กซ์, ไอโพรนิล หรือการใช้ฟีโรโมนในการดึงดูดดั้วแรดมะพร้าวมีข้อจำกัดทั้งในเรื่องของราคาและประสิทธิภาพการใช้งาน [4,5] ด้วยเหตุนี้ โครงการนี้จึงมีแนวคิดในการพัฒนาโคมียางที่มีลักษณะรูพรุนและผิวห่นาระบายอากาศได้ดี เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการล่อดั้วแรดมะพร้าว ด้วยคุณสมบัติในการระเหยฟีโรโมนซึ่งสามารถช่วยลดการใช้สารเคมีและเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมศัตรูพืชในพื้นที่ปลูกมะพร้าวและปาล์มน้ำมัน

2. วัตถุประสงค์

1. ศึกษาอัตราส่วนและระยะเวลาในการเตรียมโคมียาง
2. ศึกษาปริมาณฟีโรโมนที่เหมาะสมต่อการล่อดั้วแรดมะพร้าว
3. ศึกษาสูตรโคมียางที่เหมาะสมต่อการล่อดั้วแรดมะพร้าว

3. ขอบเขตของการศึกษา

โครงการนี้เป็นงานทดลองเพื่อแก้ปัญหาการแพร่ระบาดของดั้วแรดมะพร้าวชนิดเล็ก (*O. rhinoceros* L.) โดยมีขอบเขตการศึกษาดังนี้

1. ศึกษาในห้องปฏิบัติการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และ ห้องปฏิบัติการยางพารา คณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
2. ระยะเวลาในการศึกษาตั้งแต่ เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2567 - เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568
3. กระบวนการผลิตโคมียางแบบดันลอป (Dunlop Process)

4. วิธีการศึกษา

4.1 รวบรวมข้อมูล

4.1.1 การเตรียมโคมียางพาราประเภท oleate และ Laurate

- สูตรทำโคมียางประเภท oleate และ Laurate
 - 1) นำน้ำยางพารา 60% มากวนไล่แอมโมเนีย ใช้เวลา 2 นาที
 - 2) เติมแอมโมเนียมโอเลต กำมะถัน ZDEC ZMBT และ Wingstay

- 3) กวนด้วยความเร็ว 90 รอบต่อนาที เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และได้ให้น้ำยางคอมเพาว์
- 4) นำน้ำยางคอมเพาว์ ที่ด้วยความเร็วเบอร์ 1 ใช้เวลาในการตีที่แตกต่างกัน ได้แก่ 1, 3 และ 5 นาทีตามลำดับ
- 5) เติมน้ำ DPG จากนั้นเติมน้ำ ZnO และ เติมน้ำ SSF ตามลำดับ จากนั้นเทใส่เบ้าพิมพ์
- 6) นำไปนึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศา เป็นเวลา 25 นาที และนำไปตาก
- 7) ทำขั้นตอนที่ 1 - 6 แต่เปลี่ยนการเติมแอมโมเนียมโอเลเอต เป็น แอมโมเนียมลอเลต

ตารางที่ 1 แสดงสูตรสำหรับเตรียมโฟมยางพารา

สารเคมี	ส่วนผสมในการทำโฟมยาง สูตรที่ 1 ชนิด laurate (กรัม)	ส่วนผสมในการทำโฟมยาง สูตรที่ 2 ชนิด oleate (กรัม)	ระยะเวลาในการผสมสาร
ขั้นตอนการทำน้ำยางคอมเปาว์			
น้ำยางพารา 60%	1,000	1,000	ความเร็ว 90 รอบต่อนาที เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
Ammonium laurate	60	-	
Ammonium oleate	-	60	
กำมะถัน	30	30	
ZDEC	12	12	
ZMBT	12	12	
Wingstay	12	12	
ขั้นตอนการทำโฟมยาง			
น้ำยางคอมเปาว์	167	167	-
DPG	3	3	30 วินาที
ZnO	10	10	30 วินาที
SSF	3	3	10 วินาที

ตอนที่ 1 ศึกษาอัตราส่วนและระยะเวลาในการเตรียมโฟมยาง

1. ศึกษาลักษณะรูพรุน

1.1 นำโฟมยางตัวอย่างแต่ละสูตรมาตัดให้มีขนาดบางแล้วส่องด้วยชุดถ่ายภาพระบบดิจิทัล OLYMPUS รุ่น DP21-SAL

1.2 จดบันทึกผล

2. ศึกษาความหนาแน่น

2.1 นำโฟมยางตัวอย่างแต่ละสูตรมาตัดเป็นทรงลูกบาศก์ ปริมาตร $1 \times 1 \times 1$ ลูกบาศก์เซนติเมตร

2.2 นำโฟมยางตัวอย่างข้างบนเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง คำนวณความหนาแน่นโดยใช้สูตร $D = \frac{M}{V}$ โดยที่ D คือความหนาแน่น (g/cm³) M คือน้ำหนักของชิ้นงาน (g) V คือปริมาตรของชิ้นงาน (cm³)

2.3 จดบันทึกมวลและคำนวณความหนาแน่น

2.4 แปลค่าที่ได้จากการทดลอง เป็นค่าทางสถิติโดยใช้ Anova Excel

ตอนที่ 2 ศึกษาปริมาณของฟิโรโมนที่เหมาะสมต่อการล่อตัววงแตรมะพร้าว

- 2.1 เลือกโคมยางที่ดีที่สุดจากตอนที่ 1 จำนวน 4 ตัวอย่าง
- 2.2 ใช้ autopipette ในการฉีดฟิโรโมนปริมาณ 50, 100, 150 และ 200 ไมโครลิตร เข้าไปในโคมยางตัวอย่างแต่ละชิ้นตามลำดับ
- 2.3 นำโคมยางตัวอย่างทั้ง 4 ขึ้นวางไว้ในแต่ละด้านของกล่องทดลอง
- 2.4 นำตัววงแตรมะพร้าวใส่ลงในกล่องทดลองขนาด $40 \times 40 \times 15$ เซนติเมตร เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของปริมาณของฟิโรโมนในโคมยางตัวอย่าง
- 2.5 ทำการทดลองซ้ำอีก 4 ครั้ง
- 2.6 จัดบันทึกผลการทดลองจำนวนตัววงแตรมะพร้าวที่เข้าหาโคมยางในแต่ละปริมาณของฟิโรโมน
- 2.7 แปลค่าที่ได้จากการทดลอง เป็นค่าทางสถิติโดยใช้ Anova Excel

ตอนที่ 3 ศึกษาสูตรโคมยางที่เหมาะสมต่อการล่อตัววงแตรมะพร้าว

นำโคมยางตัวอย่างทั้ง 4 สูตรดังนี้ ชนิด oleate ระยะเวลาการตี 3 และ 5 นาที และ ชนิด laurate ระยะเวลาการตี 1 และ 3 นาที นำมาฉีดฟิโรโมนปริมาณ 100 ไมโครลิตร

- 3.1 นำโคมยางตัวอย่างทั้ง 4 สูตรที่มีฟิโรโมนปริมาณ 100 ไมโครลิตร ใส่ในกล่องทดลองขนาด $40 \times 40 \times 15$ เซนติเมตร โดยวางไว้ในแต่ละด้านของกล่องทดลอง
- 3.2 นำตัววงแตรมะพร้าวลงในกล่องทดลองเพื่อวัดประสิทธิภาพของโคมยางตัวอย่าง
- 3.3 ทำการทดลองซ้ำอีก 8 ครั้ง
- 3.4 จัดบันทึกผลการทดลองจำนวนตัววงแตรมะพร้าวที่เข้าหาโคมยางในแต่ละสูตร
- 3.5 แปลค่าที่ได้จากการทดลอง เป็นค่าสถิติโดยใช้ Anova Excel

4.2 สถิติที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยวิเคราะห์สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการศึกษาด้วยสถิติ Anova Excel กำหนดระดับนัยสำคัญที่ $p < 0.05$

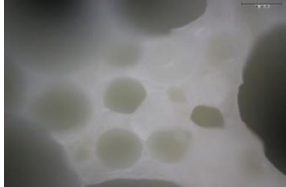
5. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

ตอนที่ 1 ศึกษาอัตราส่วนและระยะเวลาในการเตรียมโคมยาง

จากตารางที่ 2 แสดง จากการศึกษาอัตราส่วน และระยะเวลาในการเตรียมโคมยาง พบว่า ค่าความหนาแน่นของโคมยางแต่ละสูตรมีความแตกต่างกัน โดยสูตรการตี 3 นาที Laurate มีค่าความหนาแน่นสูงสุดที่ 0.3453 ± 0.01 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ในขณะที่สูตรการตี 5 นาที Oleate มีค่าความหนาแน่นต่ำสุดที่ 0.2864 ± 0.01 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระยะเวลาและชนิดของสารที่ใช้มีผลต่อโครงสร้างของโคมยาง เมื่อนำโคมยางแต่ละสูตรไปตรวจสอบด้วยชุดถ่ายภาพระบบดิจิทัล OLYMPUS รุ่น DP21-SAL ภายใต้เลนส์กำลังขยาย 5, 10 และ 20 เท่า พบว่า ขนาดและการกระจายตัวของรูพรุนในโคมยางแตกต่างกันในแต่ละสูตร ส่งผลให้โคมยางแต่ละชนิดมีคุณสมบัติในการกักเก็บความร้อนที่แตกต่างกัน โดยโคมยางที่มีความหนาแน่นต่ำกว่ามักจะมีโครงสร้างที่มีรูพรุนขนาดใหญ่และมีการกระจายตัวของรูพรุนที่มากกว่า สามารถระบายฟิโรโมนได้ดีกว่า สอดคล้องกับโครงงานก่อนหน้าที่พบว่าวัสดุที่มีรูพรุนขนาดใหญ่จะปล่อยสารเคมีออกมาได้ดีกว่าวัสดุที่มีความหนาแน่นสูง [6]

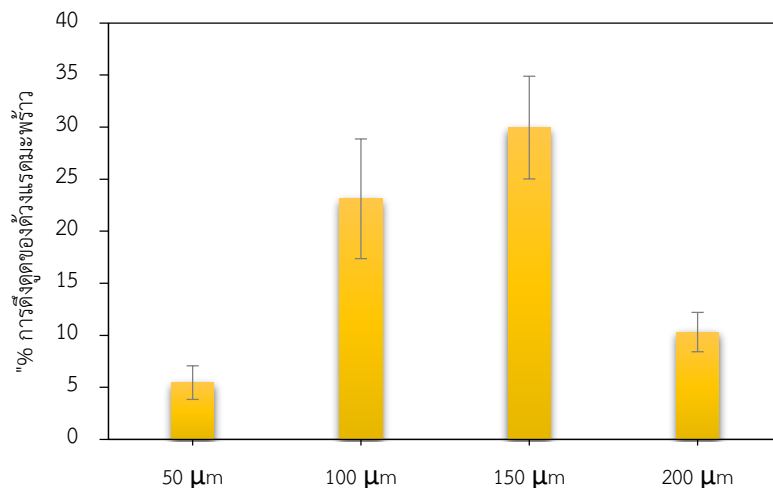
นอกจากนี้ยังมีรายงานที่สนับสนุนว่าการควบคุมขนาดรูพรุนของวัสดุจะส่งผลต่อการแพร่กระจายของสารออกฤทธิ์ชีวภาพอย่างมีนัยสำคัญ [7]

ตารางที่ 2 แสดงลักษณะของโฟมยางและความหนาแน่นของโฟมยางในแต่ละสูตรที่แตกต่างกัน

ชนิดของโฟมยาง	กำลังขยาย 5x	กำลังขยาย 10x	กำลังขยาย 20x	ความหนาแน่นของโฟมยาง (g/cm ³)
ชนิด laurate ระยะเวลาตี 1 นาที				0.3157±0.01
ชนิด laurate ระยะเวลาตี 3 นาที				0.3453±0.01
ชนิด oleate ระยะเวลาตี 3 นาที				0.3382±0.01
ชนิด oleate ระยะเวลาตี 5 นาที				0.2864±0.01

ตอนที่ 2 ศึกษาปริมาณฟิโรโมนที่เหมาะสมต่อการล่อตัววงแรดมะพร้าว

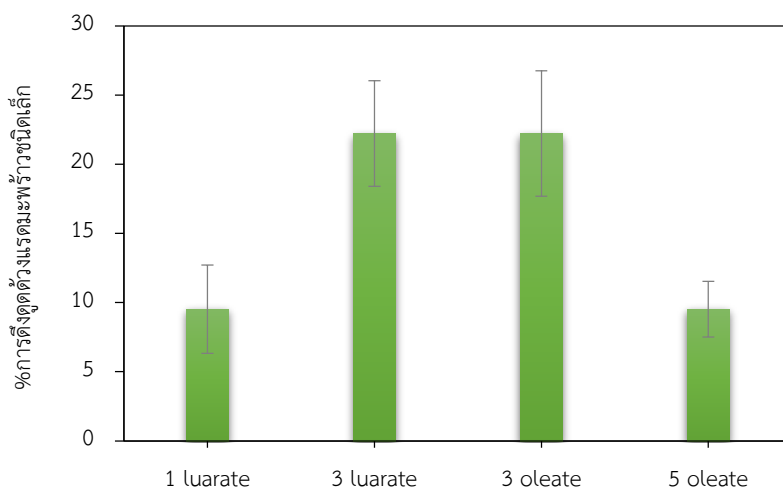
จากรูปที่ 1 พบว่าปริมาณ 150 ไมโครลิตร สามารถดึงดูดได้มีประสิทธิภาพที่สุด และสังเกตได้ว่าปริมาณฟิโรโมน 100 ไมโครลิตร มีความสามารถในการดึงดูดตัวได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งแสดงว่าการเพิ่มปริมาณฟิโรโมนเกินกว่า 100 ไมโครลิตร อาจไม่เพิ่มประสิทธิภาพในการดึงดูดแมลงเพิ่มเติมอย่างชัดเจน สอดคล้องกับการศึกษาโดย Bedford ที่รายงานว่า การเพิ่มปริมาณฟิโรโมนในกับดักล่อแมลงไม่ได้ส่งผลเพิ่มประสิทธิภาพในการดึงดูดแมลงเสมอไป แต่กลับอาจทำให้ต้นทุนเพิ่มขึ้นโดยไม่จำเป็น [8] ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลอง ที่พบว่าปริมาณฟิโรโมนที่เหมาะสมคือ 100 ไมโครลิตร โดยให้ประสิทธิภาพใกล้เคียงกับปริมาณที่สูงกว่า แต่ประหยัดต้นทุนกว่า (ฟิโรโมน ราคา 400 บาท/มิลลิลิตร)



รูปที่ 1 แสดงเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อของตัวแมลงวัน *O. rhinoceros* L. ของโสมยางที่มีการฉีดฟีโรโมน

ตอนที่ 3 ศึกษาสูตรโสมยางที่เหมาะสมกับการล่อตัวแมลงวัน

จากรูปที่ 2 พบว่าโสมยางสูตรการตี 3 นาที่ Laurate และสูตรการตี 3 นาที่ Oleate ให้เปอร์เซ็นต์การติดเชื้อตัวแมลงวันได้ไม่แตกต่างกัน โดยโสมยางสูตรการตี 3 นาที่ Laurate ให้เปอร์เซ็นต์ 22.22 ± 3.81 เปอร์เซ็นต์ และโสมยางสูตรการตี 3 นาที่ Oleate ให้เปอร์เซ็นต์ 23.81 ± 4.29 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่า ทั้งสองสูตรสามารถนำไปใช้งานได้ดีในเชิงปฏิบัติ แต่โสมยางที่มีรูปพืชนาโตใหญ่ความหนาแน่นต่ำ จะเหมาะสำหรับการใช้งานระยะสั้นที่ต้องการการปลดปล่อยฟีโรโมนอย่างรวดเร็ว ขณะที่โสมที่มีรูปพืชนาเล็กความหนาแน่นสูง จะเหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการความทนทานในการใช้งานระยะยาว ซึ่งสอดคล้องกับรายงานเกี่ยวกับการเลือกใช้วัสดุสำหรับทำกับดักฟีโรโมนจะต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ในการใช้งานทั้งในแง่ความรวดเร็วในการแพร่กระจายฟีโรโมนและความทนทานของตัววัสดุในการใช้งานจริง [9]



รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์เปอร์เซ็นต์การติดเชื้อของตัวแมลงวัน *O. rhinoceros* L. กับสูตรโสมยาง

6. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาอัตราส่วนและระยะเวลาในการเตรียมโพลียเมอไรซ์พบว่า สูตรการตี 3 นาที่ Laurate มีความหนาแน่นสูงสุดที่ 0.3453 ± 0.01 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และ สูตรการตี 5 นาที่ Oleate มีความหนาแน่นต่ำสุดที่ 0.2864 ± 0.01 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระยะเวลาและชนิดของสารที่ใช้มีผลต่อโครงสร้างของโพลียเมอไรซ์ เมื่อทำการตรวจสอบด้วยชุดถ่ายภาพดิจิทัล พบว่าขนาดและการกระจายตัวของรูพรุนในโพลียเมอไรซ์แต่ละสูตรแตกต่างกัน โดยโพลียเมอไรซ์ที่มีความหนาแน่นต่ำกว่าจะมีรูพรุนขนาดใหญ่ และการกระจายตัวของรูพรุนมากกว่า ส่งผลให้มีความสามารถในการกักเก็บความร้อนน้อยลง

สำหรับการศึกษาผลของปริมาณสารฟีโรโมน ethyl 4-methyloctanoate (E4-MO) ที่ระดับต่างๆ ในโพลียเมอไรซ์พบว่า ปริมาณสารฟีโรโมนที่ระดับสูงไม่มีผลแตกต่างกับปริมาณที่ระดับต่ำในการดึงดูดตัวแตรมะพร้าว *O. rhinoceros* L. โดยสารฟีโรโมนที่ระดับ 100 ไมโครลิตร ซึ่งเป็นปริมาณต่ำที่สุดสามารถดึงดูดตัวแตรมะพร้าวได้สูงที่สุดถึง 23.12 ± 5.74 เปอร์เซ็นต์ การใช้ปริมาณสารฟีโรโมนที่ 100 ไมโครลิตร ไม่เพียงแต่ให้ประสิทธิภาพในการดึงดูดตัวแตรมะพร้าวได้ดีเทียบเท่ากับการใช้ปริมาณที่สูงแต่ยังสามารถลดต้นทุนการผลิตได้อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นการเลือกใช้สารฟีโรโมนในปริมาณที่น้อยกว่าแต่ให้ประสิทธิภาพใกล้เคียงกันจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในการนำไปใช้ควบคุมตัวแตรมะพร้าวอย่างมีประสิทธิภาพ

การศึกษาสูตรโพลียเมอไรซ์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการล่อตัวแตรมะพร้าว พบว่า โพลียเมอไรซ์สูตรการตี 3 นาที่ Laurate และโพลียเมอไรซ์สูตรการตี 3 นาที่ Oleate ให้เปอร์เซ็นต์การดึงดูดตัวแตรมะพร้าวได้ดีที่สุดและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารอ้างอิง

- [1] สมาคมผู้ผลิตอาหารสำเร็จรูป โดยความร่วมมือจากกรมศุลกากร. (2567). รายงานการส่งออกผลิตภัณฑ์มะพร้าวและผลิตภัณฑ์เกี่ยวข้องของประเทศไทย ประจำปี 2567. กรุงเทพฯ: สมาคมผู้ผลิตอาหารสำเร็จรูป.
- [2] สถาบันอาหาร. (2565). รายงานสถานการณ์การเพาะปลูกมะพร้าวในประเทศไทย พ.ศ. 2565. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.
- [3] ลงทุนแมน. (2566). สถานการณ์ปาล์มน้ำมันของไทย ปี 2566. สืบค้นเมื่อ 18 เมษายน 2568, จาก <https://www.longtunman.com/>
- [4] Phillips, T. W. (1997). Semiochemicals of stored-product insects: Research and applications. *Journal of Stored Products Research*, 33(1), 17-30. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(96\)00039-2](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(96)00039-2)
- [5] Paudel, S., Rehman, J. U., Jung, J. K., Jung, C. W., & Kim, J. H. (2023). Advances in nanomatrix-based pheromone delivery systems for pest management. *Polymers*, 15(12), 2708. <https://doi.org/10.3390/polym15122708>
- [6] Che Man, S. H., Shahidan, M. A., Yusoff, M. Z. M., & Kamarulzaman, N. (2019). Effect of porous structure on chemical release rate in polymeric foam materials. *Journal of Material Science and Engineering*, 7(2), 1-9.
- [7] Mazlan, S. N., Zakaria, M. R., & Rahman, W. A. W. A. (2020). Control of porosity and its impact on biological active compound release from polymer composites. *International Journal of Polymer Science*, 2020, Article ID 6782031. <https://doi.org/10.1155/2020/6782031>
- [8] Bedford, G. O. (2013). Advances in the control of coconut rhinoceros beetle, *Oryctes rhinoceros* L. (Coleoptera: Scarabaeidae). *Annals of Applied Biology*, 162(1), 23-30. <https://doi.org/10.1111/aab.12000>
- [9] Elkinton, J. S., & Cardé, R. T. (2021). Behavior-modifying chemicals for insect management: Applications of pheromones and other attractants. In D. Pimentel & R. Peshin (Eds.), *Integrated pest management* (pp. 301-322). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823674-2.00016-3>