

ประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้จากกระท้อน มะขามเทศ มะม่วง และลิ้นจี่
ต่อการไล่แมลงสาบอเมริกัน (*Periplaneta americana* L.)

Repellent Efficiency of Santol, Manila tamarind, Mango and Lychee Wood Vinegars
to American cockroach (*Periplaneta americana* L.)

ทศพร คมกริช^{1*} และอัญชลี สวาสดิ์ธรรม²

Thodsaporn Komkrich^{1*} and Anchalee Sawatthum²

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้จากกระท้อน มะขามเทศ มะม่วง และลิ้นจี่ต่อการไล่แมลงสาบอเมริกัน (*Periplaneta americana* L.) ซึ่งได้ดำเนินการระหว่างเดือนธันวาคม 2553 ถึง พฤษภาคม 2555 ที่ห้องปฏิบัติการ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี โดยมีการทดลองทั้งหมด 6 ขั้นตอน ผลการทดลองในแต่ละขั้นตอนมีดังต่อไปนี้ การทดลองวงจรชีวิตของแมลงสาบอเมริกัน พบมีการเจริญเติบโต 3 ระยะ คือ ระยะไข่ ตัวอ่อน และตัวเต็มวัย โดยแต่ละระยะมีอายุระหว่าง 38.34 ± 6.19 , 176.50 ± 13.28 และ 149.50 ± 12.22 วัน ตามลำดับ ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ 5 ชนิด คือ น้ำส้มควันไม้จากกระท้อน มะขามเทศ มะม่วง ลิ้นจี่ และพีชหลายชนิดรวมกัน พบว่า น้ำส้มควันไม้แต่ละชนิดมีสีแตกต่างกัน ตั้งแต่สีน้ำตาลอ่อน ออกเหลืองจนถึงสีน้ำตาลเข้ม ค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าตั้งแต่ 2.86 ถึง 3.69 และมีค่าความถ่วงจำเพาะตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์น้ำส้มควันไม้ชุมชน คือ ไม่น้อยกว่า 1.005 และมีปริมาณกรดอะซิติก และฟีนอลแตกต่างกันในน้ำส้มควันไม้แต่ละชนิด โดยน้ำส้มควันไม้จากลิ้นจี่มีปริมาณของสารทั้ง 2 ชนิดสูงสุด คือ มีปริมาณอะซิติก และฟีนอล เท่ากับ 82.56 และ 6.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และน้ำส้มควันไม้จากมะขามเทศ มีปริมาณกรดอะซิติกต่ำสุด คือ 46.32 เปอร์เซ็นต์ น้ำส้มควันไม้จากกระท้อนมีค่าฟีนอลต่ำสุด คือ 2.16 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบประสิทธิภาพขององค์ประกอบต่างๆ ของน้ำส้มควันไม้ คือ น้ำมันเบนโซอิก น้ำส้มควันไม้ และน้ำมันทาร์ ในการไล่แมลงสาบ พบว่า เฉพาะส่วนของน้ำส้มควันไม้เท่านั้นสามารถไล่แมลงสาบได้ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพ

¹ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการบริหารศัตรูพืชอย่างยั่งยืน คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12110

² ผศ.ดร., คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12110

* Corresponding author : E-mail: thod18@hotmail.com Tel. 081-1467326

ของน้ำส้มควันไม้ 5 ชนิด คือ น้ำส้มควันไม้จากกระท้อน มะขามเทศ มะม่วง ลิ้นจี่ และพีชหลายชนิดรวมกัน ในการไล่แมลงสาบอเมริกัน ผลการทดลองพบว่า น้ำส้มควันไม้จากลิ้นจี่มีประสิทธิภาพในการไล่แมลงสาบอเมริกันสูงสุด การศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำส้มควันไม้จากลิ้นจี่ในการไล่แมลงสาบอเมริกัน โดยเปรียบเทียบความเข้มข้น 50, 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่า น้ำส้มควันไม้จากลิ้นจี่ที่ 100 เปอร์เซ็นต์ สามารถไล่แมลงสาบอเมริกันได้ 24 ชั่วโมง ในการทดสอบหารูปแบบการใช้ น้ำส้มควันไม้ในการไล่แมลงสาบอเมริกัน ในเชิงพาณิชย์โดยการผสมน้ำส้มควันไม้กับกลีเซอรอลในอัตราส่วนต่างๆ ระดับคือ 90 : 10, 80 : 20, 70 : 30 60 : 40 และ 50 : 50 โดยมีกลีเซอรอลผสมน้ำเป็นกรรมวิธีควบคุม ผลการทดลองพบว่า น้ำส้มควันไม้ และกลีเซอรอล ในอัตรา 90 : 10 สามารถไล่แมลงสาบอเมริกันได้นานถึง 24 ชั่วโมง

คำสำคัญ : น้ำส้มควันไม้ กระท้อน มะขามเทศ มะม่วง ลิ้นจี่ แมลงสาบอเมริกัน

Abstracts

This study was conducted to determine the repellent efficiency of santol, manila tamarind, mango and lychee wood vinegars to American cockroach (*Periplaneta americana* L.). The study operated during December 2010 to May 2012 at the Laboratory of Pathumthani Rice Research Center. This study composed of 6 experiments. The results areas follows :- Life cycle study of American cockroach showed three stages of growth :- egg, larva and adult. The stadium of all stages were 38.34 ± 6.19 , 176.50 ± 13.28 and 149.50 ± 12.22 days respectively. The physical properties and chemical composition of 5 wood vinegars from santol, manila tamarind, mango, lychee and mixes wood showed variation in colors of different wood vinegars from yellowish brown to dark brown. Vinegar acidity varied from 2.86 to 3.69 and a specific gravity of wood vinegar reached community standard product which were not less than 1.005. Lychee wood vinegar has the highest amount of acetic acid and phenol (82.56 and 6.56 percent respectively). Manila tamarind wood vinegar has the lowest amount of acetic acid (46.32 percent) and santol wood vinegar had the lowest phenol (2.16 percent). Repellent efficacy of wood vinegar components :- light oil, wood vinegar and wood tar were compared and the result showed that only wood vinegar could repel American cockroach. Repelling effect of five different wood vinegars (santol, manila tamarind, mango, lychee and mixed wood) were tested. The result showed that 50 percent of lychee wood vinegar has the highest repellent efficacy to American cockroach. The study of effective concentration of lychee wood vinegar wastested. The concentration of 100 percent lychee wood vinegar showed the highest effective repelling effect which can repel American cockroach up to 24 hours. The last experiment was using of wood vinegar for repelling American cockroach in commercial model. Lychee wood vinegar mixed with Glycerol in different ratios :- 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 and 50:50 and glycerol mixed with water as control were tested. The result revealed that lychee wood vinegar mixed with glycerol at ratio 90 :10 showed the longest effective time which can repel American cockroach for 24 hours.

Keywords : Wood Vinegar, Santol, Manila Tamarind, Mango, Lychee, American Cockroach

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 22 ปี 2555

บทนำ

การพัฒนาคุณภาพ และมาตรฐานของสินค้าเกษตรเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในด้าน สุขอนามัย ความปลอดภัยทางอาหาร และความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมเป็นมาตรการหนึ่ง que เพิ่มศักยภาพในการ แข่งขันทางเศรษฐกิจ ซึ่งปัจจุบันได้มีการกีดกันทางการค้าโดยอาศัยมาตรฐานสุขอนามัย และสิ่งแวดล้อมเป็นเกณฑ์ (สุพจน์ บุญแรง, 2552) [1] ประกอบกับการเปลี่ยนแปลงหลักเกณฑ์การส่งออกวัตถุดิบสมุนไพร และการเปิดเขต การค้าเสรีอาเซียนในปี พ.ศ. 2558 ซึ่งมีข้อกำหนดว่าประเทศผู้ส่งออกสมุนไพรจะต้องได้รับการรับรองมาตรฐาน ระบบเกษตรดีที่เหมาะสม (Good Agricultural Practice, GAP) และหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิต (Good Manufacturing Practice, GMP) รัฐบาลจึงได้กำหนดยุทธศาสตร์มาตรฐานความปลอดภัยสินค้าเกษตร และอาหาร พ.ศ. 2553 - 2556 ขึ้นเพื่อควบคุมการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ และแมลงพาหะภายในโรงเก็บวัตถุดิบสำหรับแปรรูป อาหารสัตว์ เครื่องเทศ และสมุนไพร (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2553) [2] โดยเฉพาะแมลงสาบสายพันธุ์ อเมริกัน ซึ่งการปนเปื้อนนั่นถูกจัดเป็นตัวชี้วัดคุณภาพ และมาตรฐานของกระบวนการผลิตตั้งแต่การเก็บรักษา ความสะอาด สุขอนามัย บุคลากร การบรรจุภัณฑ์ และการขนส่ง สำหรับแนวทางการควบคุมการปนเปื้อนจากแมลงสาบอเมริกัน ส่วนใหญ่เกษตรกรนิยมใช้สารเคมีในกลุ่มคาร์บาเมต ออร์แกโนฟอสเฟต หรือไพรีทรอยด์ ซึ่ง ก่อให้เกิดสารพิษตกค้างในผลผลิตได้ และทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการศึกษาพบว่า น้ำส้มควันไม้ มีคุณสมบัติในการขับไล่แมลง เช่น แมลงวันบ้าน (พวงชมพู ลุนจักร, 2549) [3] เสี้ยนดิน เพลี้ยไฟ เพลี้ยจักจั่น (สุบรรณ ทูมมา, 2551) [4] เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยแป้ง และปลวก (สุนันท์ วิทิตศิริ, 2551) [5] เป็นต้น เนื่องจาก กลิ่นของน้ำส้มควันไม้มีผลต่อระบบประสาท และก่อให้เกิดการระคายเคืองทำให้แมลงหนีไป นอกจากนี้การใช้น้ำ ส้มควันไม้ยังมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้ และไม่เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการใช้น้ำส้ม ควันไม้เป็นสารไล่แมลงสาบอเมริกัน เพื่อเป็นแนวทางในการลดการใช้สารเคมีในกระบวนการผลิตต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษาชีววิทยา และพฤติกรรมของแมลงสาบอเมริกัน

ดำเนินการเก็บรวบรวมแมลงสาบสายพันธุ์อเมริกันในเขตพื้นที่สามเสนใน กรุงเทพมหานคร มาเลี้ยง ภายใน ห้องปฏิบัติการศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี โดยได้ทำการคัดเลือกเฉพาะแมลงสาบตัวผู้ และตัวเมียที่มีความแข็งแรง มาเลี้ยงเพื่อขยายพันธุ์ จากนั้นนำแมลงสาบที่คัดเลือกไว้มาเลี้ยงภายในอุณหภูมิจากอาหารที่ให้ คือ รำละเอียด ที่ผ่านการอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เพื่อล่อแมลงสาบให้เข้ามากินอาหาร และกำจัดมอดที่ติดมากับรำ ทำการเก็บรวบรวมไข่ที่มีสภาพสมบูรณ์ออกมาฟัก โดยจะแยกตัวอ่อนที่ฟักออก จากไข่วันเดียวกันเพื่อจะได้แมลงสาบที่มีอายุเท่ากันสำหรับใช้ในการทดลอง สังเกต และบันทึกการเจริญเติบโต ทางกายภาพ และพฤติกรรมของแมลงสาบอเมริกันตั้งแต่ฟักออกจากไข่จนกระทั่งเป็นตัวเต็มวัย

2. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้

เตรียมน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการตกตะกอน 0 1 3 และ 6 เดือน ตามลำดับ โดยแยกเฉพาะส่วนที่เป็น น้ำส้มควันไม้โดยใช้ปิเปตขนาด 50 มิลลิลิตร คูคใส่บีกเกอร์ที่เตรียมไว้ จากนั้นนำมารองด้วยกระดาษกรอง เพื่อแยกส่วนที่เป็นตะกอน และสารแขวนลอยออก การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ทำได้โดย การสังเกตจากสีของน้ำส้มควันไม้หลังจากตั้งทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นนำมาวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดโดยใช้ เครื่องวัดค่าความเป็นกรด - ด่าง และวิเคราะห์ค่าความถ่วงจำเพาะโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ สำหรับการศึกษา

องค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้ทำการวิเคราะห์ปริมาณกรดอะซิติกโดยใช้เครื่องวิเคราะห์แก๊สโครมาโตกราฟี และวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลโดยใช้แก๊สโครมาโตกราฟี แมส สเปกโตรเมทรี

3. การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ต่อการไล่แมลงสาบอเมริกัน

3.1 การศึกษาองค์ประกอบของน้ำส้มควันไม้ต่อการไล่แมลงสาบอเมริกัน

ดำเนินการทดลองโดยทำการแยกส่วนประกอบของน้ำส้มควันไม้จากกระท้อนเป็น 3 ส่วน คือน้ำมันเบา น้ำส้มควันไม้ และน้ำมันทาร์ โดยใช้ปิเปตต์ขนาด 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำส่วนประกอบที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรองเพื่อแยกส่วนที่เป็นตะกอน และสารแขวนลอยออก ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที เมื่อครบกำหนดนำสารทั้ง 3 ส่วนไปปรับความเข้มข้นโดยใช้น้ำเปล่าในระดับความเข้มข้น 50 20 10 5 เปอร์เซ็นต์ และใช้น้ำเป็นกรรมวิธีควบคุม โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) 5 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 5 ตัว โดยหยคน้ำส้มควันไม้ความเข้มข้นต่างๆ ลงไปบนอาหารของแมลงสาบ 5 หยอด จากนั้นนำไปวางไว้ในกล่องเลี้ยงแมลงขนาด 19 x 28 x 10 เซนติเมตร ปล่อยแมลงสาบอเมริกันที่ทำการอดอาหาร 3 ชั่วโมง บันทึกผลโดยการนับจำนวนแมลงสาบที่เข้าไปกินอาหารภายในระยะเวลา 10 นาที

3.2 การทดสอบประสิทธิภาพในการไล่ของน้ำส้มควันไม้จากไม้แต่ละชนิด

เตรียมน้ำส้มควันไม้จากกระท้อน มะขามเทศ มะม่วง ลิ้นจี่ และน้ำส้มควันไม้จากพืชหลายชนิดรวมกัน โดยกรองส่วนที่เป็นน้ำส้มควันไม้ จากนั้นนำไปปรับความเข้มข้นที่ระดับความเข้มข้น 50 20 10 เปอร์เซ็นต์ และใช้น้ำเป็นกรรมวิธีควบคุม วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ 4 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 5 ตัว โดยหยคน้ำส้มควันไม้ความเข้มข้นต่างๆ ลงไปบนอาหารของแมลงสาบ 5 หยอด จากนั้นนำไปวางไว้ในกล่องเลี้ยงแมลงขนาด 19 x 28 x 10 เซนติเมตร ซึ่งภายในกล่องแบ่งออกเป็น 5 ช่อง ปล่อยแมลงสาบอเมริกันที่ทำการอดอาหาร 3 ชั่วโมง ลงไปในกล่องที่เตรียมไว้ช่องละ 1 ตัว ปิดฝากล่อง บันทึกผลโดยการนับจำนวนแมลงสาบที่เข้าไปกินอาหารภายในระยะเวลา 10 นาที จากนั้นนำแมลงสาบออก เมื่อครบ 2 ชั่วโมง นำแมลงสาบที่อดอาหารชุดใหม่เข้าไปกินอาหารในกล่องแทน 10 นาที เมื่อครบกำหนดจึงนำออกทำแบบเดียวกันนี้ในชั่วโมงที่ 4 และ 6

3.3 การศึกษาความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ที่เหมาะสม และระยะเวลาในการไล่

เลือกน้ำส้มควันไม้ที่มีประสิทธิภาพในการไล่สูงที่สุดมาทดลองหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม โดยปรับระดับความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ในระดับความเข้มข้น 50 80 100 เปอร์เซ็นต์ และใช้น้ำเป็นกรรมวิธีควบคุม วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ 4 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 5 ตัว ดำเนินการทดลองโดยหยคน้ำส้มควันไม้ความเข้มข้นต่างๆ ลงไปบนอาหารของแมลงสาบ 5 หยอด จากนั้นนำไปวางไว้ในกล่องเลี้ยงแมลง ซึ่งภายในกล่องแบ่งออกเป็น 5 ช่อง ปล่อยแมลงสาบอเมริกันที่ทำการอดอาหาร 3 ชั่วโมง ลงไปในกล่องที่เตรียมไว้ช่องละ 1 ตัว ปิดฝากล่อง บันทึกผลโดยการนับจำนวนแมลงสาบที่เข้าไปกินอาหารภายในระยะเวลา 10 นาที จากนั้นนำแมลงสาบออก เมื่อครบ 4 ชั่วโมงนำแมลงสาบที่อดอาหารชุดใหม่เข้าไปกินอาหารในกล่องแทน 10 นาที เมื่อครบกำหนดจึงนำออกทำแบบเดียวกันนี้ในชั่วโมงที่ 8 16 และ 24

4. การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ในเชิงพาณิชย์

การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ในเชิงพาณิชย์ ดำเนินการโดยนำน้ำส้มควันไม้ที่มีประสิทธิภาพในการไล่แมลงสาบอเมริกันได้ดีที่สุดมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปของเจลไล่แมลงสาบ ซึ่งขั้นตอนในการผลิตทำได้โดยใช้น้ำส้มควันไม้ความเข้มข้นที่ดีที่สุด ผสมกับกลีเซอรอลในอัตรา ส่วนที่แตกต่างกัน คือ 90 : 10 80 : 20 70 : 30 60 : 40 และ 50 : 50 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันแล้วใส่ในภาชนะที่เตรียมไว้ โดยใช้กลีเซอรอลผสมน้ำเป็นกรรมวิธี

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 22 ปี 2555

ควบคุม (อัตราส่วน 50 : 50) วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ 6 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 20 ตัว โดยวางผลิตภัณฑ์เจลิน้ำส้มควันไม้ไว้บริเวณอาหาร ซึ่งรอบๆ ทากับดักกาวเหนียวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร จากนั้นปล่อยแมลงสาบอเมริกันที่ทำการรอดอาหาร 3 ชั่วโมง ลงไปในกล่องขนาด 60 x 60 x 60 เซนติเมตร ซึ่งภายในมีสภาพรกทึบ บันทึกผลโดยการนับจำนวนแมลงสาบที่เข้ามาติดกับดักภายในระยะเวลา 20 นาที จากนั้นนำแมลงสาบออก และเปลี่ยนกับดักกาวเหนียว เมื่อครบ 12 ชั่วโมงนำแมลงสาบที่รอดอาหาร ชุดใหม่เข้าไปกินอาหารแทน เมื่อครบกำหนดจึงนำออกทำแบบเดียวกันนี้ในชั่วโมงที่ 24 36 และ 48

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ของผลการทดลอง และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference (LSD)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การศึกษาชีววิทยา และพฤติกรรมของแมลงสาบอเมริกัน

ผลการศึกษาชีววิทยาของแมลงสาบอเมริกัน พบการเจริญเติบโตซึ่งแบ่งได้ 3 ระยะ คือ ระยะไข่ ตัวอ่อน และตัวเต็มวัย โดยแต่ละระยะมีอายุระหว่าง 38.34 ± 6.19 , 176.50 ± 13.28 และ 149.50 ± 12.22 วัน ตามลำดับ ใกล้เคียงกับงานวิจัยของกอบชัย หลายประดิษฐ์ [6] สำหรับการศึกษาพฤติกรรม พบว่า แมลงสาบจะกินอาหารได้มากเมื่ออยู่รวมกันเป็นกลุ่ม โดยเฉพาะรำละเอียดที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะดึงดูดให้แมลงสาบเข้ามากินอาหาร เนื่องจากกลิ่นของพืชอบแห้ง นอกจากนี้ยังพบว่า การให้อาหารที่แห้งเกินไป และขาดน้ำจะทำให้ลำตัวของแมลงสาบแห้ง อุจจาระที่ขับถ่ายออกมาจะแข็ง

2. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้

ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ พบว่า สีของน้ำส้มควันไม้แต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันเนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต และอุณหภูมิในการเก็บน้ำส้มควันไม้ จากการสังเกตน้ำส้มควันไม้ทั้ง 5 ชนิด หลังจากตั้งทิ้งไว้ 30 นาที พบว่า สีของน้ำส้มควันไม้ไม่เปลี่ยนแปลงเป็นสีดำแสดงว่าน้ำส้มควันไม้ที่ได้นี้เกิดการควบแน่นที่สมบูรณ์ โดยสารประกอบในน้ำส้มควันไม้ไม่ทำปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไลเซชัน เกิดเป็นน้ำมันทาร์ สอดคล้องกับศรีวรรณ ศรีใส [7] และสุนันทา อภิรักษ์กุล [8] ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดของน้ำส้มควันไม้ พบว่า ระยะเวลาในการเก็บน้ำส้มควันไม้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพ โดยน้ำส้มควันไม้จากกระท้อน มะขามเทศ มะม่วง ลิ้นจี่ และน้ำส้มควันไม้จากพืชหลายชนิดรวมกัน มีค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 1) สอดคล้องกับบรรจง เกลิมแสน และสุชุมวัฒน์ พิระพันธ์ [9] ที่อธิบายว่า ระยะเวลาในการตก ตะกอนมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ขณะที่ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้ทั้ง 5 ชนิด พบว่า น้ำส้มควันไม้มีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน คือ ไม่น้อยกว่า 1.005 [10]

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดของน้ำส้มควันไม้ต่อระยะเวลาการตกตะกอน

| ประเภทของน้ำส้มควันไม้ | ค่าความเป็นกรดของน้ำส้มควันไม้ ต่อระยะเวลาการตกตะกอน (เดือน) | | | |
|-----------------------------------|---|------|------|------|
| | 0 | 1 | 3 | 6 |
| น้ำส้มควันไม้จากกระท้อน | 3.68 | 3.61 | 3.54 | 3.43 |
| น้ำส้มควันไม้จากมะขามเทศ | 3.69 | 3.63 | 3.52 | 3.47 |
| น้ำส้มควันไม้จากมะม่วง | 3.72 | 3.64 | 3.56 | 3.48 |
| น้ำส้มควันไม้จากลิ้นจี่ | 2.86 | 2.74 | 2.67 | 2.56 |
| น้ำส้มควันไม้จากพืชหลายชนิดรวมกัน | 3.64 | 3.58 | 3.48 | 3.42 |

สำหรับผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า น้ำส้มควันไม้มีปริมาณกรดอะซิติก และฟีนอล เป็นองค์ประกอบหลัก (ตารางที่ 2) สอดคล้องกับนิลบล นุ่มสกุล [11] โดยพบว่า น้ำส้มควันไม้จากลิ้นจี่มีปริมาณกรดอะซิติก และฟีนอลสูงสุด โดยสุชาดา อินทะศรี [12] ได้อธิบายว่า องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ จะมีความผันแปรไปตามชนิดของไม้ ระยะเวลาในการเก็บ และอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้

| ประเภทของน้ำส้มควันไม้ | ปริมาณองค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์) | |
|-----------------------------------|---------------------------------------|-------|
| | กรดอะซิติก | ฟีนอล |
| น้ำส้มควันไม้จากกระท้อน | 58.64 | 2.16 |
| น้ำส้มควันไม้จากมะขามเทศ | 46.32 | 2.24 |
| น้ำส้มควันไม้จากมะม่วง | 54.32 | 3.14 |
| น้ำส้มควันไม้จากลิ้นจี่ | 82.56 | 6.56 |
| น้ำส้มควันไม้จากพืชหลายชนิดรวมกัน | 46.32 | 3.42 |

3. การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ต่อการไล่แมลงสาบอเมริกัน

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ต่อการไล่แมลงสาบอเมริกัน โดยทำการศึกษาร้อยละของน้ำส้มควันไม้ที่ผสมผสานกับน้ำส้มควันไม้ที่ผสมผสานต่อการไล่แมลงสาบ พบว่า เฉพาะส่วนของน้ำส้มควันไม้เท่านั้นที่สามารถไล่แมลงสาบได้ (ตารางที่ 3) โดยน้ำส้มควันไม้จากลิ้นจี่ความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ สามารถไล่แมลงสาบไม่ให้เข้ามากินอาหารได้ผลดีที่สุด โดยลักษณะของแมลงสาบที่ได้รับกลิ่นน้ำส้มควันไม้จะมีพฤติกรรมหยุดนิ่งอยู่กับที่ หยุดกินอาหาร มีการตอบสนองช้าลง แต่เมื่อเวลาผ่านไปจะเริ่มคลานหนี และบางครั้งเดินกลับมาที่จุดวางสาร แต่เมื่อได้กลิ่นก็กลับออกไปอีก จากการศึกษาความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้จากลิ้นจี่

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 22 ปี 2555

ตารางที่ 3 จำนวนของแมลงสาบที่เข้ามากินอาหารที่หยดด้วยน้ำมันเบนซีน น้ำส้มควันไม้ และน้ำมันทาร์จากกระท้อน ภายหลังจากหยดสารที่แตกต่างกัน

| กรรมวิธี | จำนวนแมลงสาบอเมริกันที่เข้ามากินอาหารที่หยดด้วยสารต่างๆ (ตัว) | | |
|----------------------------|---|---------------------|------------|
| | น้ำมันเบน | น้ำส้มควันไม้ | น้ำมันทาร์ |
| ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ | 4.66 | 3.33 ^{b1/} | 5.00 |
| ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ | 4.66 | 1.33 ^c | 5.00 |
| ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ | 5.00 | 0.33 ^{cd} | 5.00 |
| ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ | 4.66 | 0.00 ^d | 5.00 |
| น้ำ (กรรมวิธีควบคุม) | 4.66 | 4.66 ^a | 4.66 |
| F - test | ns | ** | ns |
| CV (%) | 10.91 | 35.33 | 5.23 |

* **หมายเหตุ** 1/ ตัวอักษรที่ต่างกันแถวคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01 โดยวิธี LSD

ความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่า สามารถไล่แมลงสาบได้นาน 24 ชั่วโมง (ตารางที่ 4) ซึ่งสามารถนำไปใช้ทดแทนสารเคมีได้ระดับหนึ่งในลักษณะของสารขับไล่แมลง จึงได้ดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ในรูปของผลิตภัณฑ์เจลโดยนำน้ำส้มควันไม้ผสมกับกลีเซอรอลในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน โดยน้ำส้มควันไม้จากกลิ่นจืดกลีเซอรอลอัตราส่วน 90 : 10 มิลลิลิตร สามารถไล่แมลงสาบได้ 24 ชั่วโมง จากนั้นประสิทธิภาพเริ่มลดลงจนกระทั่งครบ 48 ชั่วโมง พบแมลงสาบเฉลี่ย 1.66 ตัว (ตารางที่ 5) เนื่องจากน้ำส้มควันไม้เริ่มสลายตัว จึงทำให้สามารถไล่แมลงสาบได้ดีในช่วงแรกๆ จากการศึกษาสารประกอบในน้ำส้มควันไม้ พบว่ามีสารที่มีคุณสมบัติในไล่แมลง คือ ฟอร์มัลดีไฮด์ ฟีนอล และกรดอะซิติก [10] สอดคล้องกับ

ตารางที่ 4 จำนวนแมลงสาบที่เข้ามาถึงอาหารที่หยดด้วยน้ำส้มควันไม้จากกลิ่นจืดที่ระยะเวลาภายหลังการหยดสารที่แตกต่างกัน

| กรรมวิธี | จำนวนแมลงสาบอเมริกัน (ตัว) | | | | |
|-----------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 0 ชม. | 4 ชม. | 8 ชม. | 16 ชม. | 24 ชม. |
| ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ | 0.00 ^{b1/} | 0.33 ^b | 1.33 ^b | 2.33 ^b | 2.66 ^b |
| ความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ | 0.00 ^b | 0.00 ^b | 0.00 ^c | 0.66 ^c | 1.33 ^c |
| ความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ | 0.00 ^b | 0.00 ^b | 0.00 ^c | 0.00 ^c | 0.00 ^d |
| น้ำ (กรรมวิธีควบคุม) | 4.66 ^a | 4.66 ^a | 4.33 ^a | 4.66 ^a | 5.00 ^a |
| F - test | ** | ** | ** | ** | ** |
| CV (%) | 24.74 | 32.66 | 28.82 | 36.89 | 18.14 |

* หมายเหตุ 1/ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ
ความเชื่อมั่น 0.01

ผลการวิจัยน้ำส้มควันไม้จากกลิ่นจี่มีปริมาณกรดอะซิติก และฟีนอล เท่ากับ 82.56 และ 6.56 เปอร์เซ็นต์ โดยสุบรรณ ทุมมา [4] ได้รายงานว่ น้ำส้มควันไม้มีผลทำให้จำนวนเพลี้ยจักจั่นลดลงเนื่องจากกลิ่นของ ฟีนอลและกรดอะซิติกในน้ำส้มควันไม้ซึ่งมีคุณสมบัติในการขับไล่โดยทำให้แมลงเกิดการระคายเคือง นอกจากนี้ ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ยังเป็นปัจจัยหนึ่งซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการไล่แมลงสาบอเมริกัน สอดคล้อง กับพวงชมพู ลุนทจักร [3] และสุนันท์ วิทิตสิริ [8] ที่สนับสนุนว่า ถ้าเพิ่มความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้จะทำให้ จำนวนปลวกลดลง นอกจากนี้สุริยา สาสนรักกิจ [13] ยังได้อธิบายเพิ่มเติมว่าสารสกัดจากพืชสามารถไล่แมลงสาบ ได้แต่จำเป็นต้องใช้ในปริมาณความเข้มข้นสูงเนื่องจากแมลงสาบมีความต้านทาน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลอง ประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ที่พบว่า ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้มีผลต่อการไล่แมลงสาบโดยถ้าความเข้มข้น ของน้ำส้มควันไม้ลดลงประสิทธิภาพในการไล่แมลงก็จะลดลง

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพในการไล่แมลงสาบของน้ำส้มควันไม้จากกลิ่นจี่ในรูปแบบของผลิตภัณฑ์เจล

| กรรมวิธี | จำนวนแมลงสาบอเมริกัน (ตัว) | | | | |
|--|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | 0 ชม. | 12 ชม. | 24 ชม. | 36 ชม. | 48 ชม. |
| น้ำส้มควันไม้ต่อกลีเซอรอลอัตราส่วน 90 : 10 | 0.00 ^{c1/} | 0.00 ^c | 0.00 ^d | 0.66 ^f | 1.66 ^f |
| น้ำส้มควันไม้ต่อกลีเซอรอลอัตราส่วน 80 : 20 | 0.00 ^c | 0.00 ^c | 1.00 ^d | 3.00 ^e | 4.66 ^c |
| น้ำส้มควันไม้ต่อกลีเซอรอลอัตราส่วน 70 : 30 | 0.33 ^c | 1.66 ^d | 3.66 ^c | 5.66 ^d | 7.66 ^d |
| น้ำส้มควันไม้ต่อกลีเซอรอลอัตราส่วน 60 : 40 | 1.66 ^b | 3.33 ^c | 5.66 ^c | 8.66 ^c | 12.00 ^c |
| น้ำส้มควันไม้ต่อกลีเซอรอลอัตราส่วน 50 : 50 | 2.66 ^b | 6.66 ^b | 10.00 ^b | 13.33 ^b | 15.00 ^b |
| น้ำต่อกลีเซอรอล (กรรมวิธีควบคุม) | 16.33 ^a | 16.66 ^a | 17.33 ^a | 18.00 ^a | 18.66 ^a |
| F - test | ** | ** | ** | ** | ** |
| CV (%) | 17.82 | 13.21 | 20.56 | 12.50 | 11.12 |

* หมายเหตุ 1/ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ
ความเชื่อมั่น 0.01

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 22 ปี 2555

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาชีววิทยา และพฤติกรรมของแมลงสาบอเมริกัน

แมลงสาบอเมริกันมีวงจรชีวิต 3 ระยะ คือ ระยะไข่ ตัวอ่อน และตัวเต็มวัย โดยระยะไข่ของแมลงสาบมีระยะเวลาเฉลี่ย 38.34 ± 6.19 วัน การฟักออกจากไข่นั้นตัวอ่อนจะค่อยๆ ดันตัวออกจากรอยตะเข็บข้างกระเปาะ ซึ่งระยะนี้ตัวอ่อนจะกัดกินอาหารในกระเปาะไข่ และรื้อละเอียดที่เตรียมไว้ หลังจากนั้นตัวอ่อนจะลอกคราบครั้งแรกเมื่ออายุประมาณ 30 - 35 วัน ขณะที่การลอกคราบครั้งต่อไปจนกระทั่งเป็นตัวเต็มวัย ช่วงระหว่างการลอกคราบจะไม่เท่ากัน โดยระยะตัวอ่อนจะมีอายุเฉลี่ย 176.50 ± 13.28 วัน ขณะที่ระยะตัวเต็มวัยมีอายุเฉลี่ย 149.50 ± 12.22 วัน สำหรับการสังเกตพฤติกรรมของแมลงสาบอเมริกัน พบว่า แมลงสาบจะกินอาหารได้มากขึ้นเมื่ออยู่รวมกันเป็นกลุ่ม

2. ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ 5 ชนิด คือ น้ำส้มควันไม้จากกระท้อน มะขามเทศ มะม่วง ลิ้นจี่ และน้ำส้มควันไม้จากพืชหลายชนิดรวมกัน พบว่า สีของน้ำส้มควันไม้แต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต และอุณหภูมิในการเก็บ โดยน้ำส้มควันไม้ทั้ง 5 ชนิด มีกลิ่นฉุนของควันที่เกิดจากการเผาไหม้เหมือนกัน ขณะที่การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดของน้ำส้มควันไม้ พบว่า ระยะเวลาในการเก็บน้ำส้มควันไม้ 6 เดือน มีค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้น สำหรับค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้ทั้ง 5 ชนิด พบว่า อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ พบว่า น้ำส้มควันไม้จากลิ้นจี่มีปริมาณกรดอะซิติก และฟีนอลมากที่สุด คือ 82.56 และ 6.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

3. ผลการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ต่อการไล่แมลงสาบอเมริกัน

3.1 ผลการศึกษายองค์ประกอบของน้ำส้มควันไม้จากกระท้อนต่อการไล่แมลงสาบอเมริกัน พบว่า การใช้ น้ำมัน เบบี และ น้ำมัน ทาร์ ในระดับความเข้มข้นต่างๆ ไม่พบความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ขณะที่การใช้น้ำส้มควันไม้จากกระท้อน พบว่า ระดับความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถไล่แมลงสาบได้ดีที่สุด รองลงมา คือ น้ำส้มควันไม้ความเข้มข้น 20 10 และ 5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01

3.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้จากกระท้อน มะขามเทศ มะม่วง ลิ้นจี่ และน้ำส้มควันไม้จากพืชหลายชนิดรวมกัน พบว่า ประสิทธิภาพในการไล่แมลงสาบของน้ำส้มควันไม้จากลิ้นจี่ที่ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการไล่แมลงสาบสูงสุด และมีความแตกต่างทางสถิติกับน้ำส้มควันไม้ความเข้มข้นอื่นๆ

3.3 ผลการศึกษาความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ที่เหมาะสม และระยะเวลาในการไล่ พบว่า น้ำส้มควันไม้ที่ความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการไล่สูงสุด เมื่อเวลาผ่านไปประสิทธิภาพในการไล่แมลงสาบเริ่มลดลงในทุกสิ่งทดลอง จนเมื่อเวลาผ่านไปครบ 24 ชั่วโมง พบว่า ประสิทธิภาพในการไล่แมลงสาบของน้ำส้มควันไม้จากลิ้นจี่ที่ความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการไล่แมลงสาบสูงสุด

4. ผลการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ในเชิงพาณิชย์

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้จากลิ้นจี่ในรูปของผลิตภัณฑ์เจล โดยการนำน้ำส้มควันไม้ผสมกับกลีเซอรอลในสัดส่วนที่ต่างกัน พบว่า น้ำส้มควันไม้ต่อกลีเซอรอล อัตราส่วน 90 : 10 มิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการไล่สูงสุด เมื่อเวลาผ่านไปประสิทธิภาพในการไล่แมลงสาบเริ่มลดลงในทุกสิ่งทดลอง จนเมื่อเวลาผ่านไปครบ 48 ชั่วโมง พบว่า ประสิทธิภาพในการไล่แมลงสาบของน้ำส้มควันไม้ต่อกลีเซอรอล อัตราส่วน 90 : 10 มิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการไล่แมลงสาบสูงสุด และมีความแตกต่างทางสถิติกับ

เจลน้ำส้มควันไม้อัตราส่วนอื่นๆ สำหรับการทดสอบในภาคสนาม พบว่า ผลผลิตก้นท์เจลน้ำส้มควันไม้ต่อ
กาลีเซอรอลอัตราส่วน 90 : 10 มิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการไล่แมลงสาบอเมริกันในพื้นที่ขนาด
2.50 x 2.50 เมตร ในเวลา 48 ชั่วโมง โดยพบจำนวนแมลงสาบอเมริกันที่เข้ามาติดกับดัก 5 ตัว

เอกสารอ้างอิง

- [1] สุพจน์ บุญแรง. (2552). **คุณภาพและความปลอดภัยทางอาหารของผักอินทรีย์สดพร้อมบริโภค**. เชียงใหม่: แสงศิลป์.
- [2] กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2553). **ยุทธศาสตร์มาตรฐานความปลอดภัยสินค้าเกษตรและอาหารปี 2553 - 2556**. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- [3] พวงชมพู ลุนจักร. (2549). **ผลการใช้น้ำส้มควันไม้ต่อการควบคุมไข่ ตัวอ่อน และดักแด้ของแมลง วันบ้าน. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ.
- [4] สุบรรณ ทุมมา. (2551). **อิทธิพลของน้ำส้มควันไม้ต่อปริมาณพลีจักษ์จันทาลายช่อดอก อัตราส่วนคาร์โบไฮเดรต ต่อไนโตรเจนในใบ และคุณภาพผลผลิตมะม่วงโชคอนันต์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [5] สุนันท์ วิทิตสิริ. (2551). “การผลิตน้ำส้มควันไม้จากกะลามะพร้าวและกะลามะพร้าวรวมกับวัสดุอื่น เพื่อการกำจัดปลวกและเพลี้ยแป้ง,” รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.
- [6] กอบชัย หลายประดิษฐ์. (2540). **ผลของแมลงเบียน (*Tetrastichus hagenowii* Ratz.) ต่อไข่แมลงสาบอเมริกัน (*Periplaneta americana* Linn.)**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [7] ศรีวรรณ ศรีใส. (2550). **ความเป็นไปได้ในการรักษาสภาพไม้ยางพาราด้วยน้ำส้มควันไม้**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [8] สุนันทา อภิรัชกาล. (2552). **สภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตและคุณลักษณะของน้ำส้มควันไม้ จากยางพารา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [9] ยรรยง เฉลิมแสน และสุขุมวัฒน์ พีระพันธุ์. (2549). “ประสิทธิภาพน้ำไม้ในการอารักขาพืช,” รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์ วิทยาเขตพิษณุโลก.
- [10] จิระพงษ์ คูหากาญจน์. (2552). **คู่มือการผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้ = Charcoal & Wood Vinegar**. กรุงเทพมหานคร: เกษตรกรรมธรรมชาติ.
- [11] นิลบล นุ่มสกุล. (2551). **การทำน้ำส้มควันไม้จากการเผาถ่านไม้ให้บริสุทธิ์โดยใช้วิธีการเติมอากาศถ่านกัมมันต์ร่วมกับการกรองด้วยเมมเบรนแบบนาโน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [12] สุชาดา อินทะศรี. (2549). **การศึกษาการใช้น้ำส้มควันไม้ในระบบเกษตรกรรมอินทรีย์**. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน : กระทรวงพลังงาน.
- [13] สุรียา สาสนรักกิจ. 2543. “สารสกัดจากสะเดาเพื่อใช้ป้องกันและกำจัดแมลงในบ้าน,” รายงานการวิจัย. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.