

การป้องกันกำจัดด้วงงั่วเขียวด้วยน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูล
Controlling *Callosobruchus maculatus* (F.) by Encapsulated
Syzygium aromaticum (L.) Oils

ดวงสมร สุทธิสุทธิ¹ วิมลวรรณ วัฒนวิจิตร¹ ศุภรา อัคระสาระกุล¹

ปิยรัตน์ รุจิณรงค์² จารุวรรณ รัตนสกุลธรรม¹ พณัญญา พบสุข¹ รัตนพร พงษ์มี¹

Duangsamorn Suthisut¹ Wimonwan Wattanawichit¹ Suppara Aukkasarakul¹

Piyarat Ruchinarong² Charuwan Rattanasakultham¹ Pananya Pobsuk¹ Rattanaphorn Pongmee¹

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลในการป้องกันกำจัดด้วงงั่วเขียว ดำเนินการที่ห้องปฏิบัติการและโรงเก็บจำลองของกลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ระหว่างเดือนตุลาคม 2560 ถึง กันยายน 2564 โดยศึกษาสารระเหยที่สำคัญในน้ำมันหอมระเหยกานพลู และน้ำมันหอมระเหยกานพลู เอนแคปซูลด้วยเครื่อง GC-MS ระยะเวลาเก็บรักษา 0 2 4 6 8 10 และ 12 เดือน พบว่า caryophyllene (49-93%) เป็นสารระเหยสำคัญในน้ำมันหอมระเหยกานพลู และ eugenol (65-88%) เป็นสารระเหยสำคัญในน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูล และผลทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมัน หอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลในการคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วงงั่วเขียวเพื่อป้องกันกำจัดด้วงงั่วเขียวในสภาพ ห้องปฏิบัติการ พบว่าน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูล มีค่า LC₅₀ และ LC₉₉ 1.45 และ 8.90 กรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ โดยน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูล ที่อัตรา 0.4 และ 0.8 กรัม/เมล็ด ด้วงงั่วเขียว 0.1 กิโลกรัม มีผลต่อการตายของด้วงงั่วเขียวและปริมาณไข่ของด้วงงั่วเขียวมากที่สุด และการ ใช้ น้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลทุกอัตรา (0.1-0.8 กรัม/เมล็ดด้วงงั่วเขียว 0.1 กิโลกรัม) สามารถ ป้องกันการเกิดของตัวเต็มวัยรุ่นลูกได้ 100% สำหรับการทดสอบในสภาพโรงเก็บจำลอง พบว่าการใช้ น้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลอัตรา 200 กรัม/เมล็ดด้วงงั่วเขียว 10 กิโลกรัม สามารถป้องกันการเข้า ทำลายของตัวเต็มวัยด้วงงั่วเขียวและป้องกันการเกิดตัวเต็มวัยรุ่นลูกได้เป็นอย่างดีเมื่อเปรียบเทียบกับ กรรมวิธีควบคุม นอกจากนี้การใช้น้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลที่อัตรา 100 และ 200 กรัม/ เมล็ดด้วงงั่วเขียว 10 กิโลกรัม เมล็ดพันธุ์ด้วงงั่วเขียวมีเปอร์เซ็นต์ความงอกมากกว่า 75% ตลอดระยะเวลาการ เก็บรักษา 10 เดือน ส่วนการวิเคราะห์สารระเหยสำคัญบนเมล็ดด้วงงั่วเขียวที่คลุกด้วยน้ำมันหอมระเหย กานพลูเอนแคปซูลด้วยเครื่อง GC-MS พบว่าสารระเหยสำคัญที่มีปริมาณมากที่สุดคือ eugenol

คำสำคัญ: ด้วงงั่วเขียว น้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูล การคลุกเมล็ดพันธุ์ eugenol

¹ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร 50 พหลโยธิน ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Postharvest and Processing Research and Development Division, 50 Phaholyothin, Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900

² กองวิจัยพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืช 50 พหลโยธิน ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

² Seed Research and Development Division, Phaholyothin Road, Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900

ABSTRACT

The efficiency of encapsulated *Syzygium aromaticum* oils in alginate beads was evaluated to control cowpea weevil (*Callosobruchus maculatus*) in the laboratory and the warehouse storage conditions at Postharvest Technology on Field Crops Research and Development Group, Postharvest and Processing Research and Development Division, from October 2017 to December 2021. Oils alone and encapsulated within the beads were analyzed for active ingredients by GC-MS after stored for 0, 2, 4, 6, 8, 10, and 12 months. The results concluded that the key compounds of *S. aromaticum* oils and the encapsulated oils in beads were caryophyllene (49-93%) and eugenol (65-88%), respectively. Insect-free mung bean was well mixed with the bead of encapsulated oils at various ratios of beads per mung bean before being monitored the number of *C. maculatus* adults in the laboratory condition. The doses required for 50% and 99% mortality (LC_{50} and LC_{99}) for using the encapsulated *S. aromaticum* oils in beads against cowpea weevil were 1.45 and 8.90 g/kg, respectively. The optimum ratio between encapsulated oil beads and mung bean to control mortality of *C. maculatus* and the number of eggs laid were at 0.4 and 0.8g per 0.1 kg, respectively. All concentrations of oils beads (0.1-0.8g/ 0.1kg mung bean) could completely prevent adults' progeny production (F1). At warehouse storage condition, the suggested ratio between the encapsulated oil in bead and mung bean was at 200g/ 10kg, which could be used as bio-insecticides to control *C. maculatus* adults and adults' progeny production (F1) during storage. Furthermore, seed germination of mung beans was determined under laboratory conditions. It was found that mung bean seeds mixed with encapsulated *S. aromaticum* oils at 100 and 200 g per 10 kg of mung beans maintained a germination percentage of more than 75 percent at all periods. The major volatile compound found in mung bean mixed with the oil beads was eugenol.

Keywords: *Callosobruchus maculatus*, encapsulated *Syzygium aromaticum* oils, seed protectant, eugenol

คำนำ

ถั่วเขียว (Mung bean; *Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ และเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญในอาหารมังสวิรัตินในเอเชียและแอฟริกา โดยเมล็ดถั่วเขียวมีการเปลี่ยนแปลงทั้งคุณภาพและปริมาณในระหว่างการเก็บรักษาเนื่องจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายกับเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในเขตอบอุ่นประมาณ 5-10 % และ 20-30 % ในเขตร้อน (Nakakita, 1998) นอกจากนี้ Caswell (1981) รายงานว่าถั่วเขียวที่เก็บรักษานาน 3-4 เดือน พบความสูญเสียจากการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus* (F.)) และด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis* (L.)) (Coleoptera: Bruchidae) สูงถึง 50% ซึ่งแมลงทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นแมลงกลุ่มแรกที่ทำลายเมล็ดถั่วเขียวในระหว่างการเก็บรักษา โดยระยะหนอนสร้างความเสียหายให้กับเมล็ดถั่วเขียวมากที่สุด ด้วงถั่วเขียวพบแพร่ระบาดทั่วประเทศไทย ในประเทศออสเตรเลียแนะนำให้ใช้สารรมฟอสฟิโนอตรา 3 เม็ด (tablets) ต่อ 2 ลูกบาศก์เมตร ระยะเวลา 10 วัน เพื่อป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรที่เข้าทำลายถั่วเขียว (Anonymous, 2020) แต่การใช้สารรมฟอสฟินมีอันตรายต่อผู้ใช้หากปฏิบัติไม่ถูกต้อง แมลงเกิดความต้านทาน นอกจากการใช้สารรมฟอสฟินแล้ว ยังมีน้ำมันหอมระเหยหลายชนิดที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว เช่น น้ำมันหอมระเหยลูกจันทร์เทศ (*Myristica fragrans* Houtt.) น้ำมันหอมระเหยขาลิง (*Alpinia conchigera* Griff.) (ดวงสมร และคณะ, 2558) น้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส (*Eucalytus* spp.) น้ำมันหอมระเหยกานพลู (*Syzygium aromaticum* (L.) (Mahfuz and Khalequzzaman, 2007) ซึ่งน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูนี้มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรหลายชนิด เช่น ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) (Regnault-Roger *et al.*, 2012) ด้วงงวงข้าว (*Sitophilus oryzae* L.) (Ileke *et al.*, 2014) มอดแป้ง (*Tribolium castaneum* (Herbt) (Mondal and Kkalequzzaman (2006) และด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*) เป็นต้น โดยสารสำคัญที่พบได้แก่ ยูจีนอล (eugenol) น้ำมันหอมระเหยกานพลูมีฤทธิ์เป็นสารรมและสารสัมผัสมีผลต่อประสาทของแมลง โดยไปยับยั้งเอนไซม์ acetylcholinesterase ซึ่งขัดขวางฟังก์ชันของ GABAergic และระบบ aminergic (Jankowska *et al.*, 2017) แต่การใช้น้ำมันหอมระเหยเพื่อป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร มีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ และสลายตัวอย่างรวดเร็ว (War *et al.*, 2017)

เทคนิคเอนแคปซูลเลชัน (encapsulation technique) เป็นเทคนิคที่ใช้ในกระบวนการผลิตอาหารและยาโดยที่สารหรือส่วนผสมของสารถูกเคลือบด้วยสารชนิดอื่น เพื่อป้องกันการสลายตัวของสารจากปัจจัยภายนอก เช่น อุณหภูมิ ความชื้น แสง และออกซิเจน สารที่นิยมนำมาผ่านกระบวนการเอนแคปซูลเลชันมักเป็นสารที่มีราคาแพง เช่น วิตามิน เอมไซม์ แร่ธาตุ และน้ำมันหอมระเหย โดยน้ำมันหอมระเหยที่ผ่านกระบวนการเอนแคปซูลเลชัน สามารถป้องกันการสลายตัว ควบคุมการปลดปล่อยสาร โดยเปลี่ยนรูปของน้ำมันหอมระเหยจากของเหลวเป็นของแข็งทำให้ใช้งานได้สะดวก และเพิ่มประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยได้ กระบวนการผลิตเอนแคปซูลเลชันแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ 1) กระบวนการทางกายภาพ เช่น การอบแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying) การทำเม็ดแบบการสั่นสะเทือน

(vibration nozzle) และสเปรย์ชิลลิ่งและคูลลิ่ง (spray chilling and cooling) 2) กระบวนการทางเคมี เช่น วิธีโคอาเซอร์เวชัน (coacervation) โค-คริสทไลเซชัน (co-crystallization) โมเลกุล่า อินคลูชัน (molecular inclusion) ไลโปโซม เอนเท็ปเมนต์ (liposome entrapment) และอินเตอร์ฟาเซียลพอลิเมอร์ไรเซชัน (interfacial polymerization) (ณัฐตา, 2561) โดยวิธีที่เหมาะสมในกระบวนการเอนแคปซูเลชันที่สามารถรักษาคุณสมบัติของน้ำมันหอมระเหยให้มีประสิทธิภาพ คือ วิธีโคอาเซอร์เวชัน อิมัลซิฟิเคชัน (emulsification) และ การอบแห้งแบบพ่นฝอย (Maes *et al.*, 2019)

Passino *et al.* (2004) ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยโรสแมรี่ (*Rosmarinus officinalis*) และน้ำมันหอมระเหยไทม์ (*Thymus vulgaris*) ในรูปแบบ microencapsulate โดยนำมาผสมกับอาหารเทียม พบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดหนอนผีเสื้อ *Plodia interpunctella* และ Negahban *et al.* (2012) ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหย *Artemisia sieberi* กับน้ำมันหอมระเหย *Artemisia sieberi* ที่ผ่านการทำ nano-encapsulation โดยทดสอบกับตัวเต็มวัยมอดแบ่งด้วยวิธีการทดสอบการเป็นสารรม พบว่าน้ำมันหอมระเหยของ *Artemisia sieberi* มีค่า LC_{50} 15.68 ppm ขณะที่น้ำมันหอมระเหย *Artemisia sieberi* ที่ผ่านการทำ nano-encapsulation มีค่า LC_{50} 11.24 ppm และเมื่อพิจารณาถึงช่วงเวลาครึ่งชีวิต (LT_{50}) ของน้ำมันหอมระเหย *Artemisia sieberi* ที่ได้ผ่านการทำ nano-encapsulation พบว่ามีค่าช่วงเวลาครึ่งชีวิต LT_{50} 28.73 วัน ซึ่งนานกว่าน้ำมันหอมระเหย *Artemisia sieberi* ที่มีค่า LT_{50} 4.27 วัน ดังนั้นการนำเทคนิคเอนแคปซูเลชันมาใช้ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพน้ำมันหอมระเหยได้ การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเอนแคปซูเลชันน้ำมันหอมระเหยจากพลาในการคลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวเพื่อป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเลี้ยงขยายพันธุ์ด้วงถั่วเขียว

ปล่อยตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียว อายุ 0-3 วัน จำนวน 100 ตัว ในขวดที่บรรจุเมล็ดถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 จำนวน 250 กรัม ปิดฝาขวดด้วยกระดาษซับทิ้งไว้ 1 วัน คัดตัวเต็มวัยออก และนำไปเก็บไว้ในที่อุณหภูมิห้อง 25 วัน โดยใช้ตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียวที่มีอายุ 0-3 วัน สำหรับการทดสอบ

2. การเอนแคปซูเลชันน้ำมันหอมระเหยในรูปแบบเม็ดปิดสัด้วยเครื่องห่อหุ้มตัวอย่าง

นำแอลจินेटจำนวน 4 กรัม ผสมน้ำ 200 มิลลิลิตร และน้ำมันหอมระเหยจากพลาและกลีเซอรอล อย่างละ 10 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลายแอลจินेटที่เตรียมไว้ ใส่ส่วนผสมทั้งหมดปั่นให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่น ultra turrax homogenizer ยี่ห้อ Ika รุ่น T25 digital และนำส่วนผสมดังกล่าวมาทำเม็ดปิดสัที่มีลักษณะทรงกลม เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.5 มิลลิเมตร ด้วยการใช้เครื่องห่อหุ้มตัวอย่าง (encapsulator) ยี่ห้อ Buchi รุ่น B 950 pro โดยให้ส่วนผสมที่เตรียมไว้หยดลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (แคลเซียมคลอไรด์ 20 กรัม ผสมน้ำ 500 มิลลิลิตร) จากนั้นนำเม็ดปิดสัไปทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง โดยนำเม็ดปิดสัใส่ตู้แช่แข็งอุณหภูมิต่ำ ยี่ห้อ New Brunswick Science รุ่น C340-86 เป็นเวลา 12-24 ชั่วโมง และนำมาใส่เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ยี่ห้อ Christ รุ่น Delta

2-24 LSC เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง นำเม็ดปิดส์ที่ได้บรรจุในขวดสีชา พันบริเวณฝาปิดด้วยพาราฟิล์ม และเก็บในตู้เย็นเพื่อใช้ในการทดลองในห้องปฏิบัติการ สำหรับการทดลองในโรงเก็บจำลองต้องใช้เม็ดปิดส์ปริมาณมาก เตรียมโดยนำน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูเลทในรูปแบบเม็ดปิดส์ไปทำแห้งโดยใส่ตู้แช่แข็งอุณหภูมิต่ำหือ New Brunswick Science รุ่น 570 และเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งรุ่น FD 50 ที่ศูนย์วิจัยและบริการเทคโนโลยีการหมักมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน เป็นเวลา 96 ชั่วโมง เมื่อครบตามระยะเวลาที่กำหนด นำเม็ดปิดส์ที่ได้เก็บใส่ถุงฟอยด์ จำนวนถุงละ 200 กรัม และเก็บไว้ในตู้เย็นเพื่อใช้ในการทดลองในโรงเก็บจำลอง

3. การศึกษาสารระเหยของน้ำมันหอมระเหยกานพลูและน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูเลท

นำน้ำมันหอมระเหยกานพลู จำนวน 500 ไมโครลิตร และน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูเลทในรูปแบบเม็ดปิดส์ จำนวน 0.5 กรัม บรรจุใส่ขวดสีชาขนาด 27 มิลลิลิตร พร้อมปิดฝาและพันพาราฟิล์มให้สนิท จำนวนอย่างละ 12 ขวด จากนั้นนำไปเก็บในตู้เย็น และสุ่มตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์สารระเหยเมื่อครบ 0 2 4 6 8 10 และ 12 เดือน โดยใช้ SPME-fiber (100 μ m, polydimethylsiloxane: PDMS) ดัดแปลงมาจากกรรมวิธีของ Yang *et al.* (2009) นำน้ำมันหอมระเหยกานพลูละลายด้วยเมทานอลให้มีความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร จากนั้นบีบใส่ในขวดแก้ว (vial; PerkinElmer) ขนาด 22 มิลลิลิตร ปริมาตร 100 ไมโครลิตร สำหรับน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูเลท นำมาชั่งใส่ขวดแก้วจำนวน 0.1 กรัม พร้อมกับใส่ magnetic bar ปิดฝาขวดให้สนิท กวนตลอดเวลาด้วย magnetic stirrer ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที หลังจากนั้นนำไฟเบอร์ SPME ชนิด PDMS ใส่ในขวดแก้ว เป็นเวลา 30 นาที เพื่อสกัดสารระเหย และวิเคราะห์สารระเหยที่สำคัญด้วยเครื่อง GC-MS

4. การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูเลทกับด้วงถั่วเขียวด้วยวิธีการสัมผัสโดยการคลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว (contact toxicity) ในสภาพห้องปฏิบัติการ

วางแผนแบบ CRD มี 5 กรรมวิธี 5 ซ้ำ โดยคลุกเมล็ดถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 ด้วยน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูเลทอัตรา 0 0.1 0.2 0.4 และ 0.8 กรัม/เมล็ดถั่วเขียว 0.1 กิโลกรัม จากนั้นปล่อยตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียว จำนวน 10 คู่ เมื่อครบ 24 ชั่วโมง ตรวจสอบอัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียว จากนั้นนำตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียวออกทั้งหมด นับจำนวนไข่ของด้วงถั่วเขียวที่พบบนเมล็ดถั่วเขียว และเก็บเมล็ดถั่วเขียวในห้องปฏิบัติการเมื่อครบ 1 เดือน ตรวจสอบจำนวนตัวเต็มวัยรุ่นลูกที่เกิดขึ้นใหม่

5. การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูเลทในการคลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวเพื่อป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียวในสภาพโรงเก็บจำลอง

5.1 ประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว

ทำการกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรที่อาจติดมากับเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 โดยรมด้วยสารรมฟอสฟีนอัตรา 2 เม็ด (tablets) ต่อเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว 1 ตัน ระยะเวลาในการรม 7 วัน จากนั้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวคลุกกับน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูเลท อัตรา 0 50 100 และ 200 กรัมต่อเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว 10 กิโลกรัม การวางแผนแบบ RCB มี 4 กรรมวิธี 5 ซ้ำ และบรรจุเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวในกระสอบปุ๋ย นำไปเก็บรักษาในโรงเก็บจำลอง และปล่อยตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียวในโรงเก็บ

จำลองครั้งละ 3,000 ตัว ทุก ๆ 2 สัปดาห์เพื่อสร้างการกระจายแบบ (Figure 1) จากนั้นสุ่มเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว จำนวน 250 กรัมต่อซ้ำ สุ่มตัวอย่างทุกเดือนเป็นเวลา 0-10 เดือน เพื่อนำมาตรวจสอบประสิทธิภาพของ น้ำมันหอมระเหยจากพืชน้ำมันในการป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว โดยบันทึกจำนวนตัวเต็มวัยของ ด้วงถั่วเขียวที่ตายและรอดชีวิต จากนั้นคัดแยกตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียวออกจากเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว และ นำเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวใส่ในขวดแก้ว ปิดฝาด้วยกระดาษขี้ผึ้ง นำไปเก็บในห้องเลี้ยงขยายพันธุ์แมลงเป็นเวลา 1 เดือน เมื่อครบกำหนดบันทึกจำนวนตัวเต็มวัยรุ่นลูก (F_1)

5.2 การตรวจสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว

สุ่มตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวจากข้อ 5.1 จำนวน 10 กรัมต่อซ้ำ สุ่มตัวอย่างทุกเดือนเป็นเวลา 10 เดือน เพื่อนำมาตรวจสอบความงอก โดยสุ่มเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่สมบูรณ์จำนวน 100 เมล็ดต่อซ้ำ นำมาเพาะระหว่างกระดาษหรือเพาะแบบบีพี (BP=between paper) (ISTA, 2021) ขนาดกว้าง 10 นิ้ว x ยาว 14 นิ้ว นำกระดาษเพาะจำนวน 5 แผ่นวางซ้อนกัน แขน้ำที่เตรียมไว้ให้กระดาษขึ้น หลังจาก นั้นยกกระดาษออก 2 แผ่น พักไว้ และวางเมล็ดจำนวน 100 เมล็ด เว้นให้มีระยะห่างระหว่างเมล็ด และนำ กระดาษ 2 แผ่นที่พับไว้มาปิดทับเมล็ด พับปลายด้านล่างของกระดาษขึ้น และเว้นจากขอบล่างของกระดาษ ประมาณ 1 นิ้ว ม้วนกระดาษจากขอบกระดาษด้านซ้ายไปขวาจนสุดความยาวของกระดาษ ไม่ให้ม้วนแน่น หรือหลวมเกินไป และนำไปวางลงในภาชนะที่ชื้นจนครบ เขียนหมายเลขตัวอย่างทุกม้วน นำม้วนกระดาษ วางในแนวตั้ง แล้วสวมทับด้วยถุงพลาสติกใส พร้อมทั้งรัดปากถุงด้วยยาง เก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิแบบ สลับ 20 $\leq$ 30 องศาเซลเซียส บันทึกลักษณะต้นอ่อนแบ่งเป็น 5 ลักษณะ คือ ต้นอ่อนปกติ ต้นอ่อน ผิดปกติ เมล็ดแข็ง เมล็ดสดไม่งอก และเมล็ดตาย นำข้อมูลต้นอ่อนปกติวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยวิธี analysis of variance และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธีโดยวิธี DMRT

5.3 การตรวจสอบปริมาณสารระเหยที่พบบนเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว

สุ่มตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวจากข้อ 5.1 จำนวน 10 กรัมต่อซ้ำ ทุกเดือนเป็นเวลา 10 เดือน วิเคราะห์สารระเหยสำคัญที่พบบนเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว โดยสุ่มเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวจำนวน 20 เมล็ดต่อซ้ำ ใส่ ในขวดแก้วขนาด 22 มิลลิลิตร เติมสารมาตรฐาน decanoic acid ethyl ester (internal standard) ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร จำนวน 10 ไมโครลิตร พร้อมกับใส่ magnetic bar ปิดฝาขวดให้สนิท และดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3 และนำเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวไปหาสารระเหยที่สำคัญที่พบบนเมล็ด ถั่วเขียวด้วยเครื่อง GC-MS



Figure 1 Application of encapsulated *Syzygium aromaticum* oils against *Callosobruchus maculatus* in stored mung bean at the warehouse storage condition (a) and the 1 month interval measurement to determine the effect of encapsulated *S. aromaticum* oils on *C. maculatus* for 10 months (b)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การศึกษาสารระเหยของน้ำมันหอมระเหยกานพลูและน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูล

น้ำมันหอมระเหยกานพลูและน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลพบสารระเหยสำคัญจำนวน 7 ชนิดได้แก่ eugenol, α -cubebene, caryophyllene, 10,10-Dimethyl-2,6-dimethylenebicyclo (7.2.0) undecane, humulene, acetyl eugenol และ cadina-1(10),4-diene

น้ำมันหอมระเหยกานพลู ในเดือนที่ 0 2 4 และ 6 พบปริมาณสารระเหยสำคัญเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ สาร caryophyllene พบมากที่สุด มี 91.89 93.51 93.94 และ 89.17% ของสารระเหยสำคัญที่พบในน้ำมันหอมระเหยกานพลู ตามลำดับ รองลงมา คือ humulene มี 5.27 4.56 3.91 และ 5.13% ตามลำดับ สาร α -cubebene มี 1.88 1.27 1.52 และ 5.03% ตามลำดับ และสาร cadina-1(10),4-diene มี 0.41 0.35 0.36 0.38% ตามลำดับ และ eugenol เป็นสารระเหยสำคัญที่มีปริมาณน้อยที่สุดโดยพบ 0.04 0.02 0.06 และ 0.06% ตามลำดับ ในขณะที่เดือนที่ 8 และ 10 สาร caryophyllene พบปริมาณมากที่สุด 37.62 และ 64.94% ตามลำดับ แต่สารระเหยสำคัญที่พบรองลงมา คือ eugenol โดยพบ 32.52 และ 31.14 % ตามลำดับ ในขณะที่เดือนที่ 12 สารระเหยสำคัญที่พบปริมาณมากที่สุด คือ humulene มี 50.10% สารที่พบรองลงมา คือ caryophyllene มี 49.37% และสาร α -cubebene มี 0.38% ตามลำดับ

น้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูล ปริมาณสารระเหยสำคัญที่พบแตกต่างจากน้ำมันหอมระเหยกานพลู โดยในเดือนที่ 0 2 4 6 8 10 และ 12 สารระเหยสำคัญที่พบมากที่สุด คือ eugenol โดยมี 65.65 72.19 67.37 88.39 86.94 83.03 และ 77.21% ตามลำดับ รองลงมาคือ caryophyllene มี 29.49 25.19 29.76 9.23 8.62 13.74 และ 19.37% ตามลำดับ และในเดือนที่ 0 2 4 6 และ 8 พบสาร acetyl eugenol มากเป็นลำดับที่ 3 โดยมี 2.53 1.84 1.63 1.83 และ 3.91% ตามลำดับ แต่เดือนที่ 10 และ 12 พบสาร cadina-1(10),4-diene มากเป็นลำดับที่ 3 โดยมี 1.76 และ 2.36% ตามลำดับ

เห็นได้ว่าน้ำมันหอมระเหยกานพลูและน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูล มีปริมาณสารระเหยสำคัญแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเฉพาะสาร eugenol พบในน้ำมันหอมระเหยกานพลูเพียงเล็กน้อยแต่ในน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลพบปริมาณมาก โดย eugenol เป็นสารสำคัญที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรหลายชนิด ดังนั้นการใช้เทคนิคเอนแคปซูลขึ้นเพื่อรักษาสารสำคัญที่มีฤทธิ์ในการกำจัดแมลง ทำให้น้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลมีประสิทธิภาพและระยะเวลาในการป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียวมากกว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยกานพลู

2. การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลกับด้วงถั่วเขียวด้วยวิธีการสัมผัสโดยการคลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ในสภาพห้องปฏิบัติการ

เมื่อคลุกเมล็ดถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 ด้วยน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลอัตรา 0 0.1 0.2 0.4 และ 0.8 กรัม/เมล็ดถั่วเขียว 0.1 กิโลกรัม พบเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียว 0 23.2 78.9 88.4 และ 96.8% ตามลำดับ โดยมีค่า LC_{50} และ LC_{99} 1.45 และ 8.90 กรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ และพบว่าน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการวางไข่ โดยในกรรมวิธีที่ใช้น้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลอัตรา 0.4 กรัม/เมล็ดถั่วเขียว 0.1 กิโลกรัม พบค่าเฉลี่ยของไข่เพียง 0.6 ฟอง และเมื่อพิจารณาจำนวนตัวเต็มวัยรุ่นลูกพบว่า น้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลในทุกกรรมวิธี สามารถยับยั้งการเกิดตัวเต็มวัยรุ่นลูกได้แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม (Table 1) Ilike *et al.* (2014) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยกานพลูมีผลต่อการสืบพันธุ์ และมีผลต่อเปลือกไข่ของแมลงทำให้ตัวอ่อนที่อยู่ภายในไม่สามารถหายใจได้ ทำให้ตัวอ่อนของแมลงตายในที่สุด การลดจำนวนลงของรุ่นลูกอาจเกิดจากการตายของรุ่นพ่อแม่ตั้งแต่เริ่มต้น รวมทั้งยับยั้งการพัฒนาของตัวอ่อน (Dike and Mbah, 1992) เห็นได้ว่าน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูล มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียวในการเป็นสารสัมผัสในห้องปฏิบัติการ

Table 1 Mortality of adults (%), number of eggs laid and adults' progeny production (F1) in *Callosobruchus maculatus* treated with encapsulated *Syzygium aromaticum* oils in beads at a rate between 0-0.8 g oil beads/ 0.1 kg mung bean

Rate of encapsulated <i>S. aromaticum</i> oil in beads (g)	Mortality of adult (%)	Eggs laid (number)	Adults' progeny production (adults)
0 (Control)	0 d	83.2 c	74.8 b
0.1	23.2 c	15.7 b	0 a
0.2	78.9 b	9.5 b	0 a
0.4	88.4 ab	0.6 a	0 a
0.8	96.8 a	0.5 a	0 a
CV (%)	13.8	29.4	64.5

* Mean in same column followed by the different letters are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$)

3. การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพลูเอนแคปซูเลทในการคลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว เพื่อป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียวในสภาพโรงเก็บจำลอง

3.1 ประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว

คลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวกับน้ำมันหอมระเหยจากพลูเอนแคปซูเลทอัตรา 0 50 100 และ 200 กรัม/เมล็ดถั่วเขียว 10 กิโลกรัม เก็บรักษาเป็นเวลา 10 เดือน พบว่าจากเดือนที่ 0 ที่ไม่พบด้วงถั่วเขียว และตัวเต็มวัยรุ่นลูกในทุกกรรมวิธี ในเดือนที่ 1 เริ่มพบด้วงถั่วเขียวเข้าทำลายเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวในแต่ละกรรมวิธี โดยกรรมวิธีที่ 1 พบด้วงถั่วเขียวมากกว่ากรรมวิธีที่คลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวด้วยน้ำมันหอมระเหยจากพลูเอนแคปซูเลทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในเดือนที่ 2 และ 3 พบว่ากรรมวิธีที่ 3 และกรรมวิธีที่ 4 ที่คลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวด้วยน้ำมันหอมระเหยจากพลูเอนแคปซูเลทอัตรา 100 และ 200 กรัม สามารถป้องกันการเข้าทำลายด้วงถั่วเขียวได้ดีที่สุด ส่วนกรรมวิธีที่ 2 คลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวด้วยน้ำมันหอมระเหยจากพลูเอนแคปซูเลทอัตรา 50 กรัม และกรรมวิธีที่ 1 (กรรมวิธีควบคุม) พบจำนวนด้วงถั่วเขียวเข้าทำลายเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวมากกว่ากรรมวิธีที่ 3 และ 4 ในเดือนที่ 4 และ 5 พบว่ากรรมวิธีที่ 2 3 และ 4 สามารถป้องกันการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียวได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ 1 สำหรับในเดือนที่ 6 และ 7 พบว่ากรรมวิธีที่ 3 และ 4 สามารถป้องกันการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียวได้อย่างมีความแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 1 และ 2 ส่วนในเดือน 8-10 พบว่ากรรมวิธีที่ 4 สามารถป้องกันการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียวได้มากที่สุด (Table 2) เห็นได้ว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยจากพลูเอนแคปซูเลทคลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวในทุกกรรมวิธี ไม่สามารถป้องกันการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียวได้ 100% เหมือนการใช้สารฆ่าแมลง แต่พบด้วงถั่วเขียวจำนวนน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างชัดเจน โดยกรรมวิธีควบคุมพบด้วงถั่วเขียวจำนวนมาก นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจำนวนตัวเต็มวัยรุ่นลูก (F_1) พบว่าในเดือนที่ 1 และ 2 กรรมวิธีที่ 2 3 และ 4 สามารถควบคุมการเกิดของตัวเต็มวัยรุ่นลูกได้ดีที่สุด และในเดือนที่ 3-10 กรรมวิธีที่ 3 และ 4 สามารถควบคุมการเกิดของตัวเต็มวัยรุ่นลูกได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ 1 และ 2 เห็นได้ว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยจากพลูเอนแคปซูเลทอัตรา 200 กรัม สามารถป้องกันการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียวและการเกิดของตัวเต็มวัยรุ่นลูกได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่นๆ ตลอดระยะเวลา 10 เดือนที่ทำการทดสอบ โดยค่าเฉลี่ยของตัวเต็มวัยที่พบในเดือนที่ 0-10 คือ 0.0 1.2 6.1 13.2 26.9 22.3 17.1 16.0 0.0 0.0 และ 0.3 ตัว ตามลำดับ (Table 2) และพบการเกิดตัวเต็มวัยรุ่นลูกเท่ากับ 0.0 0.0 0.0 0.1 3.4 0.6 2.3 0.3 0.4 0.6 และ 1.4 ตัว ตามลำดับ (Table 3) ดังนั้นการใช้น้ำมันหอมระเหยจากพลูเอนแคปซูเลทเพื่อป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียวโดยวิธีการคลุกเมล็ด เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูถั่วเขียวในเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวอินทรีย์สามารถลดอันตรายจากการใช้สารฆ่าแมลงและมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

Table 2 Mean number of *C. maculatus* adults after treated with encapsulated *S. aromaticum* oils in beads at a rate between 0-200 g oil beads/ 10 kg mung bean at 0-10 months storage

Rate of encapsulated oil in beads (g) /10 kg mung bean	Storage time (month)										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0.0	22.2 b	52.5 c	156.7 c	100.6 b	99.9 b	108.3 c	101.7 a	11.3 b	23.9 c	31.4 c
50	0.0	1.4 a	17.4 b	33.5 b	30.2 a	43.6 a	49.5 b	58.3 b	12.3 b	22.0 c	15.1 c
100	0.0	0.8 a	7.9 a	16.7 a	21.5 a	28.5 a	21.4 a	23.5 a	3.7 b	1.44 b	2.4 b
200	0.0	1.2 a	6.1 a	13.2 a	26.9 a	22.3 a	17.1 a	16.0 a	0.0 a	0.0 a	0.3 a
CV (%)	-	40.6	17.0	11.8	10.2	12.2	14.0	9.8	59.6	32.9	36.1

* Mean in same column followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$)

Table 3 Mean number of adult progeny of *C. maculatus* after treated with encapsulated *S. aromaticum* oils in beads at a rate between 0-200 g oil beads/ 10 kg mung bean at 0-10 months storage

Rater of encapsulated oil in beads (g)/10 kg mung bean	Storage time (month)										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0.0	860.8 b	814.3 b	1,225.6 c	429.9 c	351.6 c	12.5 ab	184.6 b	998.0 c	971.2 b	1,078.6 b
50	0.0	0.3 a	0.9 a	1.0 b	8.5 b	12.1 b	38.4 b	36.8 b	529.6 b	794.6 b	757.4 b
100	0.0	0.1 a	0.3 a	0.1 a	2.4 a	1.2 a	1.6 a	1.70 a	1.0 a	4.8 a	4.8 a
200	0.0	0.0 a	0.0 a	0.1 a	3.4 a	0.6 a	2.3 a	0.3 a	0.4 a	0.6 a	1.4 a
CV (%)	-	14.0	24	17.1	12.9	29.7	72.9	46.9	74.9	71.21	73.9

* Mean in same column followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$)

3.2 การตรวจสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว

ความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวในเดือนที่ 0 กรรมวิธีที่ 4 มีเปอร์เซ็นต์ความงอกน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ เนื่องจากพบการเข้าทำลายของเชื้อรา โดยมีความงอก 78.6% แต่ผลการทดลองในเดือนที่ 1-10 พบว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกัน กรรมวิธีควบคุมมีเปอร์เซ็นต์ความงอกน้อยกว่ากรรมวิธีที่คลุกด้วยน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลในทุกกรรมวิธี โดยเดือนที่ 1-10 มีความงอก 85.0 47.4 25.0 11.0 38.0 45.9 33.2 23.2 2.2 และ 6.4% ตามลำดับ เห็นได้ว่าตั้งแต่เดือนที่ 2 ความงอกในกรรมวิธีควบคุมต่ำกว่า 75% ทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดถั่วเขียวเกิดความเสียหายจากการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียว แต่การคลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวด้วยน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลในกรรมวิธีที่ 2 3 และ 4 ความงอกของถั่วเขียวสูงกว่า 75% ตลอดระยะเวลา 0-8 เดือนที่ทำการทดสอบ แต่ในเดือนที่ 9 และ 10 พบว่ามี

เฉพาะกรรมวิธีที่ 3 และ 4 ที่ใช้น้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลอัตรา 100 และ 200 กรัม ความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวสูงกว่า 75% (Table 4) แสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลอัตรา 100 และ 200 กรัม/เมล็ดถั่วเขียว 10 กิโลกรัม สามารถป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียวได้ และไม่มีผลต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว

Table 4 Mung beans seed germination (%) after treated with encapsulated *S. aromaticum* oils in beads at a rate between 0-200 g oil beads/ 10 kg mung bean at 0-10 months storage

Rate of encapsulated oil in beads (g)/10 kg mung bean	Storage time (month)											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	92.0 a	85.0 b	47.4 b	25.0 b	11.0 b	38.0 b	45.9 c	33.2 b	23.2 b	2.2 c	6.4 c	
50	93.0 a	88.2 ab	87.6 a	88.4 a	84.6 a	86.4 a	88. a	77.0 a	75 a	44.2 b	44.2 b	
100	83.2 ab	93.8 a	88.4 a	80.8 a	81.4 a	85.8 a	78.9 b	81.8 a	77.8 a	79.0 a	81.2 a	
200	78.6 b	89.4 ab	85.0 a	82.2 a	81.2 a	84.8 a	82.7 ab	78.8 a	76.8 a	76.2 a	82.6 a	
CV (%)	9.9	6.1	14.2	12.5	9.0	13.4	6.7	13.2	11.7	27.2	21.5	

* Mean in same column followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05)

3.3 การตรวจสอบปริมาณสารระเหยที่พบบนเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว

เมื่อเก็บรักษา 10 เดือน พบสารระเหยสำคัญบนเมล็ดถั่วเขียวที่คลุกด้วยน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลหลายชนิด โดยแต่ละเดือนพบชนิดและปริมาณของสารระเหยสำคัญแตกต่างกัน แต่ eugenol เป็นสารระเหยสำคัญที่พบปริมาณมากที่สุด โดยปริมาณของ eugenol ผันแปรไปในทิศทางเดียวกับจำนวนของน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลที่คลุกกับเมล็ดถั่วเขียวในแต่ละกรรมวิธี มีเพียงการทดลองในเดือนที่ 6 เท่านั้น ในกรรมวิธีที่ 4 มีปริมาณ eugenol น้อยกว่ากรรมวิธีที่ 3 (Figure 2) และเมื่อเปรียบเทียบผลกับการทดลองในข้อที่ 1 พบว่า มีความสอดคล้องกันโดยพบสารระเหยสำคัญ 7 ชนิด และชนิดที่พบมากที่สุดคือ eugenol เช่นเดียวกับสารระเหยสำคัญที่พบในเมล็ดถั่วเขียวที่คลุกด้วยน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูล โดยสารระเหยสำคัญ eugenol มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรได้หลายชนิด (Liska, 2011; Regnault-Roger *et al.*, 2012; Ilke *et al.*, 2014) และจากการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่าสารระเหยสำคัญ eugenol สามารถระเหยจากน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลมาอยู่บนเมล็ดถั่วเขียวทำให้สามารถป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียวและป้องกันการเกิดของตัวเต็มวัยรุ่นลูกได้ดี

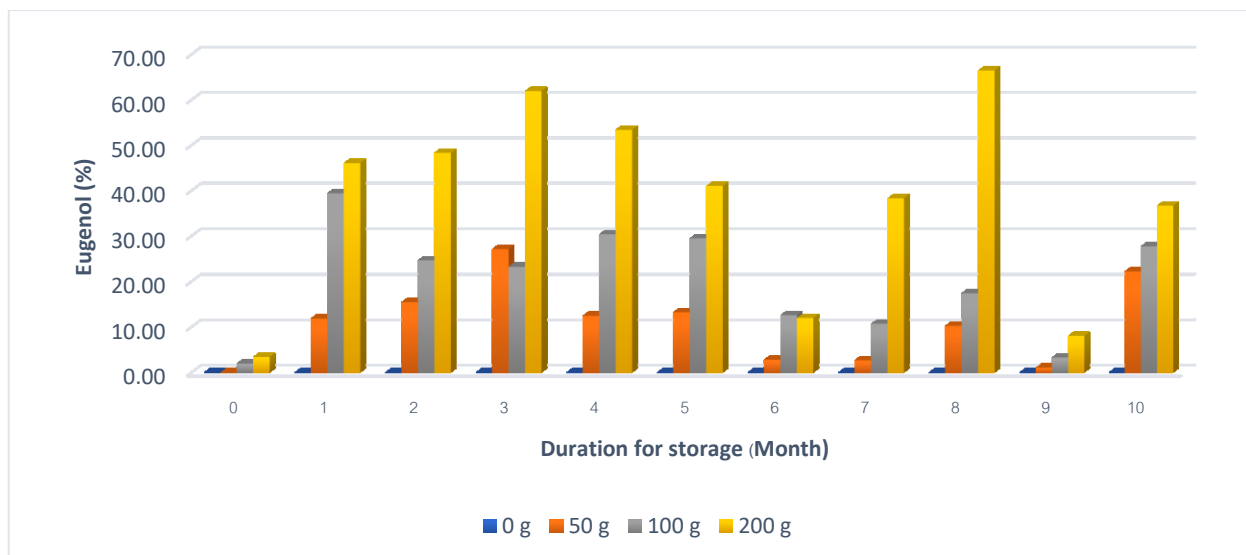


Figure 2 Eugenol content found in mung bean mixed with encapsulated *S. aromaticum* oils in beads at 0-10 months storage

สรุปผลการทดลอง

น้ำมันหอมระเหยกานพลูและน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลห่อประกอบด้วยสารระเหยสำคัญ 7 ชนิด โดยสารระเหยหลัก คือ caryophyllene และ eugenol การคลุกเมล็ดถั่วเขียวด้วยน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลเพื่อควบคุมด้วงถั่วเขียวระหว่างการเก็บรักษาในสภาพห้องปฏิบัติการ ที่อัตรา 0.8 กรัม ต่อเมล็ดถั่วเขียว 0.1 กิโลกรัม มีประสิทธิภาพดีในการกำจัดตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว สามารถป้องกันการวางไข่และการเกิดตัวเต็มวัยรุ่นลูกได้เป็นอย่างดี เมื่อนำไปทดลองในสภาพโรงเก็บจำลอง พบว่า น้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลที่อัตรา 200 กรัมต่อเมล็ดถั่วเขียว 10 กิโลกรัม สามารถป้องกันและกำจัดด้วงถั่วเขียวได้นาน 10 เดือน โดยน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ดถั่วเขียว และพบ eugenol เป็นสารสำคัญที่พบสูงสุดในเมล็ดถั่วเขียวที่คลุกกับน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูล

การนำไปใช้ประโยชน์

1. สามารถใช้น้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลคลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวอินทรีย์ เพื่อป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว
2. สามารถนำน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลไปทดสอบเพื่อป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรชนิดอื่นๆ โดยวิธีการคลุกเมล็ดพันธุ์
3. สามารถนำเทคนิคเอนแคปซูลขั้นไปพัฒนาใช้น้ำมันหอมระเหยชนิดอื่น ๆ เพื่อใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรชนิดอื่น เพื่อเป็นทางเลือกในการป้องกันกำจัดแมลงโดยไม่ใช้สารเคมี

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี กองวิจัยพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืช กรมวิชาการเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 จำนวน 250 กิโลกรัม และขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยและบริการเทคโนโลยีการหมัก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องแช่เยือกแข็ง รุ่น FD50 สำหรับการผลิตน้ำมันหอมระเหยจากพลูเอนแคปซูเลท สำหรับการทดลองในโรงเก็บจำลอง

เอกสารอ้างอิง

- ณัฐมา รอดขวัญ. 2561. เอนแคปซูเลชันสารให้กลิ่นรส. *วารสารอาหาร*. 48(3): 39-44.
- ดวงสมร สุทธิสุทธิ รังสีมา เก่งการพานิช ภาวิณี หนูชนะภัย พณัญญา พบสุข และปิยรัตน์ รุจิณรงค์. 2558 การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากจันทร์เทศและน้ำมันหอมระเหยข่าลิงในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูถั่วเขียว. หน้า 428.443. ในรายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2558. กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร.
- Anonymous. 2020. Storing mung bean planting seed. available at: <http://www.mungbean.org.au/mung-storage.html>. Accessed: November 3, 2020.
- Caswell, G.H. 1981. Damage to stored cowpea in the northern part of Nigeria. *Samaru. J. Agr. Res.* 1: 11-19.
- Dike, M.C. and O.I. Mbah. 1992. Evaluation of the lemon grass products in the control of *Callosobruchus maculatus* on stored cowpea. *Nigerian J. Crop Prot.* 14: 88-91.
- Ileke, K.D., O.C. Ogungbite and J.O. Olayinka-Olugunju. 2014. Powders and extracts of *Syzygium aromaticum* and *Anacardium occidentale* as entomocides against the infestation of *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: curculionidae) on stored sorghum grains. *Afr. Crop Sci. J.* 22(4): 267-273.
- ISTA. 2021. International rules for seed testing. International Seed Testing Association. Basesdorf, Switzerland. 300 p.
- Jankowska, M., J. Rogalska, J. Wyszowska and M. Stankiewicz. 2017. Molecular targets for components of essential oils in the insect nervous system-A review. *Molecules*. 23(34): 1-20.
- Liska, A. 2011. Insecticidal toxicity of 1,8-cineole, camphor and eugenol on *Tribolium castaneum* (Herbst). *Poljoprivreda*. 17(1): 80-81.
- Maes, C., S. Bouquillon and M.L. Fauconnier. 2019. Encapsulation of essential oils for development of biosourced pesticides with controlled release: a review. *Molecules*. 24(14): 1-15.

- Mahfuz, I. and M. Khalequzzaman. 2007. Contact and fumigation toxicity of essential oils against *Callosobruchus maculatus*. *Univ. j. zool. Rajshahi Univ.* 26: 63-66.
- Mondal, M. and M., Kkalequzzaman. 2006. Toxicity of essential oils against red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Bio-Sci.* 14: 43-48.
- Nakakita, H. 1998. Stored rice and stored product insects. pp. 49–65. *In: Rice Inspection Technology Manual*. A.C.E. Corporation, Tokyo, Japan.
- Negahban, M., S. Moharramipour, M. Zandi and S.A. Hashemi. 2012. Fumigant properties of nano-encapsulated essential oil from *Artemisia sieberi* on *Tribolium castaneum*. pp: 101-105. *In: Navarro S., H.J. Banks, D.S. Jayas, C.H. Bell, R.T. Noyes, A.G. Ferizli, M. Emekci, A.A. Isikber and K. Alagusundaram, [Eds.] Proc 9th. Int. Conf. on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products, Antalya, Turkey. 15 – 19 October 2012, ARBER Professional Congress Services, Turkey.*
- Passino, G.S., E. Bazooni and M.D.L. Moretti. 2004. Microencapsulated essential oils active against indian meal moth. *Bol. San. Veg. Plagas.* 30: 125-132.
- Regnault-Roger, C., C. Vincent and J.T. Arnason. 2012. Essential oils in insect control: Low-risk products in a high-stakes world. *Annu. Rev. of Entomol.* 57(1): 405–24.
- War, A.R., S. Murugesan, N.V. Boddepalli, R. Srinivasan and M.N. Ramakrishnan. 2017. Mechanism of Resistance in Mung bean [*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek var. *radiata*] to bruchids, *Callosobruchus* spp. (Coleoptera: Bruchidae). *Front. Plant Sci.* 8(1031): 1-11.
- Yang, Z., W. Yang, Q. Peng, Q. He, Y. Feng, S. Luo and Z. Yu. 2009. Volatile phytochemical composition of rhizome of ginger after extraction by headspace solid-phase microextraction, petroleum ether extraction and steam distillation extraction. *Bangladesh J. Pharmacol.* 4: 136-143.