

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

สำหรับผลิตภัณฑ์ไล่ยุงในท้องตลาด ชนิดสเปรย์ ที่ทำการศึกษารั้งนี้ทั้งหมด 16 ผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะมีสารสำคัญที่เป็นส่วนประกอบหลักได้แก่ DEET ในแต่ละความเข้มข้นที่แตกต่างกัน โดยแต่ละผลิตภัณฑ์มีการนำมาทดสอบฤทธิ์ไล่ยุงซึ่งทำการหาระยะเวลาในการป้องกันยุงกัดซึ่งยุงที่ทดสอบในครั้งนี้เป็นยุงลาย *Ae. aegypti* สายพันธุ์ที่ไวและดื้อต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ โดยผลิตภัณฑ์ไล่ยุงชนิดสเปรย์ที่มีระยะเวลาในการป้องกันยุงสูงสุดจะค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 6.5 (5.5 – 6.5) ชั่วโมงต่อยุงลาย *Ae. aegypti* สายพันธุ์ที่ไวต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ และ 6.0 (5.5 – 6.5) ชั่วโมง ต่อยุงลาย *Ae. aegypti* สายพันธุ์ที่ดื้อต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ ได้แก่ อินเซค บล็อก 95 ซึ่งมีสารเคมี DEET อยู่ที่ความเข้มข้น 95% สำหรับในสารละลาย DEET ที่เป็นสารไล่ยุงมาตรฐานนั้น ที่ความเข้มข้น 95% เช่นเดียวกันนั้นมีระยะเวลาในการป้องกันยุงกัดที่ค่าเฉลี่ย 7.0 (6.5-8.0) ชั่วโมงต่อยุงลาย *Ae. aegypti* สายพันธุ์ที่ไวต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ และ ค่าเฉลี่ย 6.0 (6.0-7.0) ชั่วโมงต่อยุงลาย *Ae. aegypti* สายพันธุ์ที่ดื้อต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ ผลิตภัณฑ์ที่มีระยะเวลาในการป้องกันยุงกัดน้อยที่สุดจะมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.5 (1.0-1.5) ชั่วโมงต่อยุงลาย *Ae. aegypti* สายพันธุ์ที่ไวต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ ได้แก่ Sketolene กลิ่น ตะไคร้หอม, รีเฟลลิน สเปรย์, รีเฟลลิน สเปรย์สูตรเย็น, Sketolene กลิ่นยูคาลิปตัส, เบลล์สเปรย์กันยุง , จังโก้-คิตส์ 15 โดยมีความเข้มข้นของสารเคมี DEET อยู่ที่ความเข้มข้น 12%, 15% และ 20% ของแต่ละผลิตภัณฑ์ และระยะเวลาป้องกันยุง 0.5 (0.5-1) ชั่วโมงต่อยุง *Ae. aegypti* สายพันธุ์ที่ดื้อต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ ในผลิตภัณฑ์ Sketolene กลิ่น ตะไคร้หอม, รีเฟลลิน สเปรย์, รีเฟลลิน สเปรย์สูตรเย็น โดยมีความเข้มข้นของสารเคมี DEET อยู่ที่ความเข้มข้น 20% และ *Eucalyptus Oil* 10% เป็นส่วนประกอบตามลำดับ สำหรับในสารละลาย DEET ที่เป็นสารไล่ยุงมาตรฐานนั้น ที่ความเข้มข้นระหว่าง 10%, 15% และ 20% เช่นเดียวกันนั้นมีระยะเวลาในการป้องกันยุงกัดที่ค่าเฉลี่ย 2.0 (2.0-2.0), 3.0 (3.0-3.5) และ 3.0 (3.0-3.5) ชั่วโมง ตามลำดับ ต่อยุงลาย *Ae. aegypti* สายพันธุ์ที่ไวต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ และ ระยะเวลาป้องกันยุงกัดที่ความเข้มข้นดังกล่าวต่อยุงลาย *Ae. aegypti* สายพันธุ์ที่ดื้อต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ มีค่าเฉลี่ย 1.5 (1.0-1.5), 2.0 (2.0-3.0) และ 2.5 (2.5-3.0) ชั่วโมง ตามลำดับ

สำหรับผลิตภัณฑ์ไล่ยุงในท้องตลาด ชนิดโลชั่น ที่ทำการศึกษารั้งนี้ทั้งหมด 14 ผลิตภัณฑ์ซึ่งจะมีสารสำคัญที่เป็นส่วนประกอบหลักได้แก่ DEET ในแต่ละความเข้มข้นที่แตกต่างกัน โดยแต่ละผลิตภัณฑ์มีการนำมาทดสอบฤทธิ์ไล่ยุงซึ่งทำการหาระยะเวลาในการป้องกันยุงกัดซึ่งยุงที่ทดสอบในครั้งนี้เป็นยุงลาย *Ae. aegypti* สายพันธุ์ที่ไวและดื้อต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ โดยผลิตภัณฑ์ไล่ยุงชนิดโลชั่นที่มีระยะเวลาในการป้องกันยุงสูงสุดจะค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.5 (4 – 4.5) ชั่วโมงต่อยุงลาย *Ae. aegypti* สายพันธุ์ที่ไวต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ และ 3 (3 – 4) ชั่วโมง ต่อยุงลาย *Ae. aegypti* สายพันธุ์ที่ดื้อต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ ได้แก่ REPEL Lotion by Boots ซึ่งมีสารเคมี DEET อยู่ที่

ความเข้มข้น 50% สำหรับในสารละลาย DEET ที่เป็นสารละลายมาตรฐานนั้น ที่ความเข้มข้นระหว่าง 50% เช่นเดียวกันนั้นมีระยะเวลาในการป้องกันยุงกัดที่ค่าเฉลี่ย 6.0 (5.0-6.0) ต่อยุงลาย *Ae.aegypti* สายพันธุ์ที่ไวต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ และ ระยะเวลาป้องกันยุงกัดที่ความเข้มข้นสารละลายดังกล่าวต่อยุงลาย *Ae. aegypti* สายพันธุ์ที่ไวต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ มีค่าเฉลี่ย 5.0(4.5-5.0) ชั่วโมง ตามลำดับ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีระยะเวลาในการป้องกันยุงกัดน้อยที่สุดจะมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1 (0.5-1) ชั่วโมงต่อยุงลาย *Ae. aegypti* สายพันธุ์ที่ไวต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ ได้แก่ เบลล์โลชั่นทาากันยุง โดยมีความเข้มข้นของสารเคมี DEET อยู่ที่ความเข้มข้น 12% และระยะเวลาป้องกันยุง 0.5 (0.5-1) ชั่วโมงต่อยุง *Ae. aegypti* สายพันธุ์ที่ไวต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ ในผลิตภัณฑ์ ได้แก่ Sketolene สูตรเย็น, Sketolene สูตรเซนซิทิฟ, เบลล์โลชั่นทาากันยุง และ OFF Kids โดยมีความเข้มข้นของสารเคมี DEET อยู่ที่ความเข้มข้น 12% และ 7.5% เป็นส่วนประกอบตามลำดับ สำหรับในสารละลาย DEET ที่เป็นสารละลายมาตรฐานนั้น ที่ความเข้มข้นระหว่าง 10-15% เช่นเดียวกันนั้นมีระยะเวลาในการป้องกันยุงกัดที่ค่าเฉลี่ย 2.0-3.0 (2.0-3.0-2.0-3.5) ชั่วโมง ตามลำดับ ต่อยุงลาย *Ae.aegypti* สายพันธุ์ที่ไวต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ และ ระยะเวลาป้องกันยุงกัดที่ความเข้มข้นดังกล่าวต่อยุงลาย *Ae. aegypti* สายพันธุ์ที่ไวต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ มีค่าเฉลี่ย 1.5-2.0 (1.0-2.0-1.5-3.0) ชั่วโมง ตามลำดับ

สำหรับสารละลาย DEET ที่เป็นสารละลายมาตรฐาน ในความเข้มข้นที่แตกต่างกันมีระยะเวลาในการป้องกันยุงกัดต่อยุงลาย *Ae. aegypti* สายพันธุ์ที่ไวและไวต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์และการเปรียบเทียบระยะเวลาในการป้องกันยุงในแต่ละความเข้มข้นของสารละลาย DEET ซึ่งสำหรับสารละลาย DEET ที่มีระยะเวลาในการป้องกันยุงกัดสูงสุดจะค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8. (6.5 – 8.5) ชั่วโมง ต่อยุงลาย *Ae. aegypti* สายพันธุ์ที่ไวต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์และ 7.0 (7.0 – 7.5) ชั่วโมง ต่อยุงลาย *Ae. aegypti* สายพันธุ์ที่ไวต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ ได้แก่ สารละลาย DEET ที่ความเข้มข้น 95% สำหรับระยะเวลาป้องกันยุงกัดที่น้อยที่สุดมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.0 (2.0 – 2.0) ชั่วโมง ต่อยุงลาย *Ae. aegypti* สายพันธุ์ที่ไวต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ และ 1.5 (1.0 – 1.5) ชั่วโมงต่อยุงลาย *Ae. aegypti* สายพันธุ์ที่ไวต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ ได้แก่ สารละลาย DEET ที่ความเข้มข้น 10% ต่อยุงลาย *Ae. aegypti* สายพันธุ์ที่ไวและไวต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ ตามลำดับ

อภิปรายผล

กลวิธีในการป้องกันและควบคุมโรคตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันจึงให้ความสำคัญไปที่การควบคุมและกำจัดยุงพาหะ ซึ่งนอกจากจะใช้วิธีการจัดการกับสภาพแวดล้อม (Environmental management) เพื่อป้องกันและยับยั้งการขยายพันธุ์ของประชากรยุงแล้ว การดำเนินมาตรการต่อยุงพาหะโดยตรงเพื่อกำจัดและลดจำนวนยุง ลดการแพร่กระจายของยุง และลดการสัมผัสกับยุง ก็สามารถทำได้หลากหลายวิธี ได้แก่ การควบคุมโดยกลวิธี (Mechanical control) เช่น การใช้กับดักแมลงหรือใช้เครื่องมือตักเก็บลูกน้ำยุงจากแหล่งเพาะพันธุ์น้ำทำลายทิ้ง, การควบคุมโดยชีววิธี (Biological control) เช่น การใช้สิ่งมีชีวิตอื่น ได้แก่ ลูกน้ำยุงยักษ์ ปลาหางนกยูง และตัวอ่อนแมลงปอมากินลูกน้ำยุงในแหล่งเพาะพันธุ์, การควบคุมโดยวิธีทางเคมีและฟิสิกส์ (Chemical and physical

control) เช่น การใช้ผลิตภัณฑ์เคมีฉีดพ่น ใช้สารเคลือบผิวน้ำและสารกำจัดลูกน้ำยุง เช่น ทรายอะเบทที่ใส่ลงในแหล่งเพาะพันธุ์, การควบคุมโดยวิธีทางพันธุศาสตร์ (Genetic control) เช่น การปล่อยยุงตัวผู้ที่ผ่านการดัดแปลงทางพันธุกรรมไปผสมกับยุงตัวเมียในธรรมชาติและถ่ายทอดยีนที่ถูกดัดแปลงจากรุ่นสู่รุ่น และการประยุกต์ใช้หลายๆ วิธีมาประกอบกัน (Integrated control) ซึ่งวิธีการเหล่านี้มีผลควบคุมยุงพาหะได้ทั้งระยะตัวเต็มวัยและลูกน้ำ และการใช้สารขับไล่ยุงชุบเสื้อผ้า มุ้ง หรือทาบริเวณแขน ขา หรือลำตัวเพื่อป้องกันยุงตัวเต็มวัยกัด การใช้สารขับไล่แมลง (repellents) เป็นอีกวิธีหนึ่งในการป้องกันยุงกัด สารกลุ่มนี้มีฤทธิ์ขับไล่แมลงและสัตว์ขาข้อต่างๆ ไม่ให้มารบกวนกัด ดูดเลือดหรือไต่ตอมคนและสัตว์เลี้ยง โดยสารขับไล่แมลงที่วางขายตามท้องตลาดส่วนใหญ่มีองค์ประกอบหลักที่สำคัญ คือ สารเคมีสังเคราะห์ N,N-diethyl-3-methylbenzamide หรือ DEET ที่มีการใช้มาตั้งแต่ปี 1957 จนถึงปัจจุบัน เป็นเวลายาวนาน จนอาจทำให้เกิดการดื้อของยุงพาหะต่อสารเคมีสังเคราะห์ชนิดนี้ขึ้นก็ได้ ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ทำให้ทราบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดในการออกฤทธิ์ไล่ยุงลาย *Ae. aegypti* สายพันธุ์ที่ดื้อและสายพันธุ์ที่ไวต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าจากผลการทดลองระยะเวลาในการป้องกันยุงกัดสำหรับผลิตภัณฑ์ไล่ยุงในท้องตลาดทั้งสเปรย์และโลชั่นนั้นมีระยะเวลาป้องกันที่น้อยกว่าที่ระบุในฉลาก โดยระยะเวลาป้องกันยุงนั้นมีปัจจัยที่มีผลกระทบเป็นอย่างมากไม่ว่าจะเป็น ชนิดของยุงที่เกิดการทดสอบ ในช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกัน, อาสาสมัครผู้ทดสอบทั้งชายและหญิงที่อาจส่งผลกระทบต่อการป้องกันยุง, ปริมาณเหงื่อของอาสาสมัครในช่วงระยะเวลาการทดสอบที่อาจเกิดผลกระทบต่อบริเวณที่ทดสอบ, ความเข้มข้นของสารไล่ยุงมาตรฐานที่มีความเข้มข้นที่แตกต่างกันซึ่งระยะเวลาป้องกันยุงก็ยังสามารถป้องกันได้น้อยไปมากตามความเข้มข้นของสารละลาย DEET จากน้อยไปหามากเช่นเดียวกัน สำหรับชนิดของยุงลาย *Ae. aegypti* สายพันธุ์ที่ไวและสายพันธุ์ที่ดื้อต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์นั้นระยะเวลาป้องกันยุงกัดในสารละลายมาตรฐาน DEET ในความเข้มข้นตั้งแต่ 10-95% ต่อยุงลาย *Ae. aegypti* สายพันธุ์ที่ไวต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ มีระยะเวลาป้องกันยุงที่น้อยกว่าระยะเวลาป้องกันยุงกัดที่ทดสอบต่อยุงลาย *Ae. aegypti* สายพันธุ์ที่ดื้อต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ รวมไปถึงการทดสอบระยะเวลาป้องกันยุงกัดในผลิตภัณฑ์ไล่ยุงจากท้องตลาดทั้งชนิดสเปรย์และโลชั่น ดังนั้นกลไกการต้านที่เกิดขึ้นในยุงพาหะนั้นที่เมื่อใช้สารเคมีฆ่าแมลงในขนาดหนึ่งที่สามารถฆ่ายุงได้ แต่ต่อมายุงสามารถมีชีวิตรอดได้เมื่อใช้สารฆ่าแมลงในขนาดเท่าเดิม หรือสามารถฆ่าได้ แต่ลดน้อยลง ซึ่งสามารถบ่งบอกได้ว่าการเกิดการต้านสารไล่ยุงมาตรฐาน DEET ที่มีการใช้ในปริมาณที่ความเข้มข้นเดียวกันต่อยุงพาหะทั้ง 2 สายพันธุ์ คือยุง *Ae. aegypti* สายพันธุ์ที่ไวและสายพันธุ์ที่ดื้อต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ ซึ่งระยะเวลาในการป้องกันยุงกัดลดลงอย่างชัดเจนทั้งในสารละลายมาตรฐาน DEET ในทุกความเข้มข้น รวมไปถึงผลิตภัณฑ์ไล่ยุงในท้องตลาดที่มีสารเคมี DEET เป็นส่วนประกอบหลักที่มีระยะเวลาป้องกันยุงลดลงในยุงลาย *Ae. aegypti* สายพันธุ์ที่ดื้อต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการป้องกันยุงกัดในยุงลาย *Ae. aegypti* สายพันธุ์ที่ดื้อต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ ดังนั้นรูปแบบการต้านทานต่อสารไล่ยุง DEET ที่เกิดขึ้นควรจะเป็นรูปแบบที่เป็นการต้านทานที่เกิดจากชีววิสัยของยุงพาหะไม่ว่าจะเกิดขึ้นตามธรรมชาติของยุงพาหะเอง หรือเกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนชีววิสัยที่เกิดขึ้นจากอิทธิพลของเคมีฆ่าแมลงที่ใช้ก็ตาม (อุษาวดี ถาวรระ, 2544) ทั้งนี้ยุงจะพยายามหลีกเลี่ยงที่จะสัมผัสกับเคมีฆ่าแมลง หรือสัมผัสแต่ในระยะเวลาเพียงสั้นๆ

ทำให้สามารถมีชีวิตรอดไปทำการแพร่เชื้อได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารเคมีฆ่ายุงที่ทำให้ยุงเกิดการต้านทานได้

โดยกลไกการดื้อสารฆ่าแมลงของยุงที่น่าจะสัมพันธ์กับสารไล่ยุงเริ่มจากกระบวนการทางชีวเคมีพบว่ากระบวนการ (mechanism) ที่ทำให้ยุงเกิดการต้านต่อสารเคมีนั้นอาจมีมากกว่าหนึ่งกระบวนการในเวลาเดียวกัน โดยเฉพาะการที่ยุงต้านทานต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ ดังรูปที่ 1 เช่น เกิดจาก metabolic detoxification โดยยุงมีการเพิ่มประสิทธิภาพของน้ำย่อยบางชนิดเช่นโมโนออกซิจีเนส (monooxygenase/cytochrome p450), เอสเตอเรส (esterase) และกลูต้าไธโอน-เอส-ทรานสเฟอเรส (glutathione-estransferase) หรือเกิดการต้านทานด้วยวิธี target site resistance (จุดที่สารเคมีจะทำปฏิกิริยาด้วย) เกิดการเปลี่ยนแปลง หรือไม่เหมาะสม หรือการผิดปกติของโครงสร้างโปรตีน (insensitivity) ทำให้สารเคมีไม่สามารถจับกับ receptor ได้ และ/หรือการต้านทานอาจเกิดจากกระบวนการ non-metabolic target site insensitivity จากการผ่าเหล่า (mutation) เช่น Achtycholinesterase หรือ voltage-gated sodium channels ซึ่งgene ที่เกี่ยวข้องคือ knock down resistance (kdr) (Pimsamarn et al 2009, Prapanthadara et al. 2002, Hemingway 1989) ที่สำคัญยุงลายในจังหวัดหรืออำเภอเดียวกันอาจมีระดับการต้านทานหรือระดับความไวต่อสารเคมีที่แตกต่างกันซึ่งในการทดลองนี้การต้านทานกับสารไล่ยุงมาตรฐาน DEET ที่ทดสอบกับยุงพาหะสามารถเกิดเป็นการต้านสารเคมีเฉพาะจุด (focal) ซึ่งการที่ยุงมีการพัฒนาการต้านทานต่อสารเคมีอาจมีปัจจัยหลายอย่างเป็นตัวเร่ง ดังกล่าวแล้วเบื้องต้น นอกจากนี้ความหลากหลายของการใช้สารเคมีการเกษตร และด้านสาธารณสุข แหล่งเพาะพันธุ์ยุงที่แตกต่างอาจทำให้ยุงมีการสัมผัสสารเคมีแตกต่างกันไป การเข้าใจธรรมชาติของยุงแต่ละชนิดในแต่ละพื้นที่ต่อสารเคมีกำจัดแมลงและ วิวัฒนาการต้านทานสารเคมีของยุงลายจะต้องมีการบริหารจัดการเรื่องการต้านทานสารเคมีของแมลง (Insecticide Resistance Management:IRM) อย่างจริงจังและต่อเนื่อง ก่อนที่ยุงที่มี resistance gene จะกระจายตัว ไปในบริเวณกว้างและกลายเป็นประชากรส่วนใหญ่ของยุงในท้องถิ่นนั้นๆ ซึ่งจะเป็นปัญหาที่แก้ไขยาก

ข้อเสนอแนะ

1. สามารถนำผลการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เป็นพื้นฐานในการวิจัยระดับชีวโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทสัมผัสกลิ่นของยุงต่อไป
2. การใช้สารเคมีไล่ยุงมาตรฐาน (DEET) ในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ไล่ยุงอย่างแพร่หลายนั้น ทำให้ความต้านทานสารไล่ยุงต่อสารเคมีสามารถเกิดขึ้นได้ เนื่องจากกลไกที่มีอยู่ในยุง โดยในปัจจุบันจึงมีแนวโน้มงานวิจัยในการคิดค้นหาสารไล่ยุงชนิดใหม่จากพืชสมุนไพรหลากหลายชนิดเพื่อให้สามารถนำมาทดแทนสารเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป