

## นิพนธ์ต้นฉบับ

## การพัฒนาเหี่ยวพิษจากมันสำปะหลังในการกำจัดแมลงสาบเยอรมัน

ประชุมพร เล่าห์ประเสริฐ<sup>(1)</sup> และอภิวิทย์ ธวัชสิน<sup>(2)</sup>

วันที่ได้รับต้นฉบับ: 28 เมษายน 2558

วันที่ตอบรับการตีพิมพ์: 25 สิงหาคม 2558

(1) ผู้รับผิดชอบบทความ: อาจารย์

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
(โทรศัพท์: 081-872 8762

E-mail: prachumporn.l@gmail.com)

(2) นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ชำนาญการพิเศษ

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

## บทคัดย่อ

ปัจจุบันการนำสารสกัดจากพืชมาใช้ในการกำจัดแมลงพาหะนำโรคเป็นวิธีที่นิยม เพราะสลายได้ทางชีวภาพและมีความปลอดภัยต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาความเป็นพิษของสารสกัดจากมันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz) ที่มีต่อแมลงสาบเยอรมันระยะตัวเต็มวัย (*Blattella germanica* (L.)) โดยวิเคราะห์ความเป็นพิษเฉียบพลันในรูปมัยฐานของระดับความเข้มข้น (LC<sub>50</sub>) โดยการกิน ในเวลา 24 ชั่วโมง (2) ศึกษาปริมาณสารไฮโดรเจนไซยาไนด์ที่พบจากลำต้น เปลือก เนื้อและใบของมันสำปะหลัง (3) ศึกษาความชอบอาหารของแมลงสาบเยอรมันที่มีต่อรูปแบบของเหยื่อล่อที่ผลิตจากมันสำปะหลัง โดยใช้ดัชนีชี้วัดของรอตเจอร์สในการบ่งชี้การเลือกชนิดอาหารของแมลงสาบ

ผลการวิจัยพบว่า (1) ความเป็นพิษเฉียบพลันในรูปมัยฐานของระดับความเข้มข้น (LC<sub>50</sub>) ของสารสกัดจากลำต้น เปลือก เนื้อและใบของมันสำปะหลังที่มีต่อแมลงสาบเยอรมันระยะตัวเต็มวัย ในเวลา 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 49.287 ppm 126.224 ppm 129.625 ppm และ 137.645 ppm (ตามลำดับ) (2) ปริมาณสารไฮโดรเจนไซยาไนด์ที่พบจากส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลังพบที่ลำต้นมีปริมาณสารไฮโดรเจนไซยาไนด์มากที่สุด คือ 305.34 mgHCN/L รองลงมาคือที่เปลือก เนื้อ และใบ (156.19, 110.94 และ 32.83 mgHCN/L ตามลำดับ) (3) เหยื่อล่อที่แมลงสาบเยอรมันเพศผู้และเพศเมียชอบมากที่สุดคือเหยื่อที่ประกอบด้วยมันสำปะหลังสุก 500 กรัม น้ำตาลทราย 125 กรัมและสารสกัดเนื้อมันสำปะหลัง 30 มิลลิลิตร (A4) รองลงมาคือ เหยื่อที่ประกอบด้วยมันสำปะหลังสุก 500 กรัม น้ำตาลทราย 125 กรัมและสารสกัดเปลือกมันสำปะหลัง 30 มิลลิลิตร (A3) แมลงสาบเพศผู้ชอบเหยื่อล่อทั้ง 2 ชนิดดังกล่าวมากกว่าชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p\text{-value} < 0.05$  แมลงสาบเพศเมียชอบเหยื่อล่อ A4 มากกว่าชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.05$  นอกจากนี้พบว่าแมลงสาบเพศผู้ชอบเหยื่อล่อ A3 มากกว่าเพศเมีย ในทางตรงกันข้ามแมลงสาบเพศเมียชอบเหยื่อที่ประกอบด้วยมันสำปะหลังสุก 500 กรัม สารสกัดจากเนื้อวุ้น 125 กรัมและสารสกัดเนื้อมันสำปะหลัง 30 มิลลิลิตร (B4) มากกว่าเพศผู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p\text{-value} < 0.05$

โดยสรุป ความเป็นพิษเฉียบพลันในรูปมัยฐานของระดับความเข้มข้น (LC<sub>50</sub>) ของสารสกัดจากลำต้นมันสำปะหลังมีความเป็นพิษสูงที่สุดต่อแมลงสาบเยอรมัน ปริมาณสารไฮโดรเจนไซยาไนด์พบที่ลำต้นมากที่สุด ซึ่งสารสกัดจากมันสำปะหลังออกฤทธิ์ต่อแมลงสาบในลักษณะกินตาย (stomach poison) และเหยื่อล่อที่ใช้ทดลองความชอบอาหารของแมลงสาบสามารถดึงดูดให้แมลงสาบมากินได้ จึงมีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาสารสกัดจากมันสำปะหลังในการใช้เป็นเหยื่อล่อเพื่อกำจัดแมลงสาบต่อไป

**คำสำคัญ:** แมลงสาบเยอรมัน สารสกัดจากมันสำปะหลัง ค่าความเป็นพิษเฉียบพลัน ความชอบอาหาร ดัชนีชี้วัดของรอตเจอร์ส

## Original Article

## Cassava Poison Bait Development to Control German Cockroach

Prachumporn Lauprasert<sup>(1)</sup> and Apiwat Tawatsin<sup>(2)</sup>

Received Date: April 28, 2015

Accepted Date: August 25, 2015

## Abstract

Recently, the application of plant extracts has drawn much attention as effective alternatives to synthetic insecticides. These plant extracts are more biodegradable and safe for humans and the environment than chemical insecticides. This experiment's research objectives were to (1) determine the acute toxicity of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) extract against adult German cockroach (*Blattella germanica* (L.)) (in terms of 24 hour-Median Lethal Concentration, oral 24 hr-LC<sub>50</sub>), (2) determine the hydrogen cyanide (HCN) concentration from four parts of cassava (stem, peel (periderm and cortex), starchy flesh (parenchyma), and leaf), and (3) evaluate the food preference of German cockroach on cassava bait formulations using Rodgers's index.

The results showed that (1) in the oral toxicity tests, the LC<sub>50</sub> values of the extracts of the stem, peel (periderm and cortex), starchy flesh (parenchyma), and leaf of cassava, 24 hr after the test, were 49.287, 126.224, 129.625 and 137.645 ppm, respectively. (2) The hydrogen cyanide values of the extracts of the stem, peel (periderm and cortex), starchy flesh (parenchyma), and leaf of cassava were 305.34, 156.19, 110.94, and 32.83 mgHCN/L, respectively. (3) Both sexes of German cockroach preferred the A4 cassava bait formulation composed of 500 grams of ripe cassava, 125 grams of granulated sugar, and 30 ml of cassava's starchy flesh extract following by the A3 cassava bait formulation composed of 500 grams of ripe cassava, 125 grams of granulated sugar, and 30 ml of cassava's peel extract. Moreover, the male German cockroaches significantly preferred the A4 and A3 formulations more than other formulations (p-value<0.05). Female German cockroaches significantly preferred the A4 formulation more than the other formulations (p-value<0.05). Male German cockroaches significantly preferred the A4 formulation more than the females did (p-value<0.05); on the other hand, female German cockroaches significantly preferred the B4 cassava bait formulation composed of 500 grams of ripe cassava, 125 grams of beef extract powder, and 30 ml of cassava's starchy flesh extract more than the males did (p-value<0.05).

The results suggest that the highest toxicity and highest HCN values of the cassava extracts were found in the stem and acted as a stomach poison for cockroaches. Cassava bait attracted both sexes of German cockroach; therefore, cassava may prove to be a candidate ingredient for the development of a safer bioinsecticide to control German cockroaches as an environmental friendly method.

**Keywords:** German cockroach, cassava extracts, LC<sub>50</sub>, food preference, Rodgers's index

(1) **Corresponding author:** Lecturer,

Faculty of Public Health,

Maharakham University

(Tel.: 081-872 8762

E-mail: prachumporn.l@gmail.com)

(2) Medical Scientist (Senior Professional Level),

Department of Medical Sciences,

Ministry of Public Health

## บทนำ

แมลงสาบจัดเป็นแมลงทางการแพทย์ที่สำคัญชนิดหนึ่ง นอกจากจะเป็นแมลงที่คนส่วนใหญ่กลัวและรังเกียจแล้ว แมลงสาบยังเป็นพาหะนำเชื้อจุลินทรีย์หลายชนิดที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ (Cloarec et al., 1992) รวมทั้งยังเป็นสาเหตุของโรคภูมิแพ้ในคนจากคราบและมูลของแมลงสาบเองด้วย (Helm et al., 1990) ในประเทศไทยมีรายงานพบแมลงสาบอยู่มากกว่า 10 ชนิด (Tawatsin et al., 2001; Lauprasert et al., 2006) แต่มีเพียงบางชนิดเท่านั้นที่มีความสำคัญทางการแพทย์เกี่ยวข้องกับการนำโรคในคน ในจำนวนนี้แมลงสาบอเมริกัน (American cockroach, *Periplaneta americana* (L.)) และแมลงสาบเยอรมัน (German cockroach, *Blattella germanica* (L.)) นับเป็นแมลงสาบทางการแพทย์ที่สำคัญ มีจำนวนชุมชุมพบอาศัยอยู่ตามบ้านเรือนและเขตสังคมเมือง โดยเฉพาะอย่างยิ่งห้องครัว ร้านอาหาร และภัตตาคารต่างๆ (Lee, L. C. & Lee, C. Y., 2004) แมลงสาบเยอรมันเป็นแมลงซึ่งพบทั่วไปตามบ้านเรือนหรือแหล่งที่มีอาหารชุก เช่น ร้านค้า ภัตตาคาร มีความสำคัญต่อชีวิตมนุษย์เป็นอย่างยิ่งชนิดหนึ่ง เนื่องจากเป็นพาหะนำเชื้อโรคต่างๆที่อาจติดมากับหนวดหรือปลายขา รวมทั้งมาพร้อมมูลที่ขับถ่ายออกมา และในขณะที่แมลงชนิดนี้เดินผ่านอาหาร เชื้อโรคเหล่านั้นอาจติดไปกับอาหารทำให้บูดเน่า เสียหายหรือเป็นทางให้เชื้อโรคเข้าสู่ร่างกายของมนุษย์ได้ นอกจากนี้แมลงสาบมีขนาดเล็ก มีการขยายพันธุ์ได้รวดเร็วและได้ปริมาณมากโดยเฉพาะในสภาวะแวดล้อมที่อุดมสมบูรณ์และอุณหภูมิที่พอเหมาะ (Lauprasert, 2006)

วิธีการควบคุมแมลงสาบมีหลายวิธี โดยที่การใช้สารเคมีชนิดฉีดพ่น เช่น Propoxur, Permethrin, Diazinon ฯลฯ ผลตามมาก็คือแมลงสาบปรับตัวให้มีความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงได้ทีละน้อย ทำให้มนุษย์ต้องเพิ่มขนาดของสารเคมีมากขึ้น (กอบชัย หลายประดิษฐ์, 2540) ในอดีตพบว่าแมลงสาบเยอรมันมีความต้านทานต่อ BHC (Lindane) และพวกในกลุ่ม Chlorinated hydrocarbon โดยเฉพาะ DDT และ Chlordane (Collins, 1973) ดังนั้นการใช้สารเคมีกำจัดแมลงอาจทำอันตรายกับสิ่งมีชีวิตนอกเป้าหมายได้มากกว่า (Atkinson et al., 1991; Reiersen, 1995; Lee et al., 1996) ส่วนการวางกับดักและการใช้เหยื่อล่อแมลงสาบมีอันตรายน้อยกว่าการใช้สารเคมีจำพวกฉีดพ่นที่มีฤทธิ์ตกค้าง (Lauprasert et al., 2010) แต่การที่จะนำสารสกัดจากพืชมาใช้ในการกำจัดแมลงพาหะนำโรค เช่น แมลงสาบเยอรมัน เป็นอีกวิธีหนึ่งที่กำลังได้รับความนิยมและยังคงมีงานวิจัยอย่างต่อเนื่อง เพราะสารสกัดจากพืชสามารถสลายได้ทางชีวภาพ (biodegradable) และมีความปลอดภัยต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันได้มีการศึกษาประสิทธิภาพของสารที่สกัดได้จากธรรมชาติในการไล่และฆ่าแมลงสาบ เช่น สารสกัดจากมันสำปะหลัง ในมันสำปะหลังมีปริมาณไฮโดรไซยานิกในทุกส่วนของต้น เช่น ส่วนหัว ใบ และลำต้น ในมันสำปะหลังจะมี

ของเหลวสีขาวข้นอยู่ใต้เปลือก เมื่อหัวมันโดนสับ ตัด หรือหั่น จะพบน้ำยางสีขาวไหลออกมา (อุทัย คันธ, & สุภัญญา จิตตพรพงษ์, 2548) ในน้ำยางนี้มีสารกลุ่ม Cyanogenic Glycoside อยู่ (Hall & Rumack, 1986) ส่วนที่พบสารไซยาไนด์มากที่สุดได้แก่ ส่วนเปลือกของมันสำปะหลัง (สุรินทร์ ตั้งมันคงถาวร, 2544) ส่วนใบและยอดอ่อนพบรองลงมา (บัณฑิต ยวงสร้อย และคณะ, 2549) สารสกัดจากมันสำปะหลังสามารถใช้ในการกำจัดหอนกระทุ้ม (Theskeyan, 2006) และกำจัดแมลงสาบอเมริกันได้โดยสารสกัดจากเปลือกมันสำปะหลังในการกำจัดตัวอ่อนแมลงสาบอเมริกันมีค่า  $LC_{50}$  เท่ากับ 38.87 ppm (สุภาวิณี จันทิชัย, & ลัดดาวรรณ เคียงกลาง, 2556) ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาความเป็นพิษของสารสกัดจากมันสำปะหลังที่มีต่อแมลงสาบเยอรมัน ศึกษาปริมาณสารไซยาไนด์ที่พบจากส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลังและศึกษาความชอบอาหาร (food preference) ของแมลงสาบเยอรมัน ที่มีต่อรูปแบบของเหยื่อล่อที่ผลิตจากมันสำปะหลังโดยใช้ดัชนีชี้วัดของรอดเจอร์ส (Rodgers's index) ในการบ่งชี้การเลือกชนิดอาหารของแมลงสาบ ทั้งนี้เพื่อจะนำผลการวิจัยไปใช้ในการพัฒนามันสำปะหลังที่เป็นพืชเศรษฐกิจของจังหวัดมหาสารคาม ในการนำไปใช้กำจัดแมลงสาบ ซึ่งจะเป็นการลดการใช้สารเคมีกำจัดแมลงเพื่อความปลอดภัยต่อสุขภาพมนุษย์และไม่ตกค้างในสิ่งแวดล้อม

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเป็นพิษของสารสกัดจากมันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz) ที่มีต่อแมลงสาบเยอรมัน (*Blattella germanica* (L.)) โดยวิเคราะห์ความเป็นพิษเฉียบพลันในรูปมัธยฐานของระดับความเข้มข้น (Median Lethal Concentration,  $LC_{50}$ ) ในเวลา 24 ชั่วโมง
2. เพื่อศึกษาปริมาณสารไซยาไนด์ที่พบจากส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลัง
3. เพื่อศึกษาความชอบอาหาร (food preference) ของแมลงสาบเยอรมันที่มีต่อรูปแบบของเหยื่อล่อที่ผลิตจากมันสำปะหลังโดยใช้ดัชนีชี้วัดของรอดเจอร์ส (Rodgers's index) ในการบ่งชี้การเลือกชนิดอาหารของแมลงสาบ

## วิธีดำเนินการวิจัย

## • รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ในห้องปฏิบัติการ แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ (1) ศึกษาความเป็นพิษของสารสกัดจากมันสำปะหลังที่มีต่อแมลงสาบเยอรมันระยะตัวเต็มวัย โดยวิเคราะห์ความเป็นพิษเฉียบพลันในรูปมัธยฐานของระดับความเข้มข้น ( $LC_{50}$ ) ในเวลา 24 ชั่วโมง (2) การศึกษาปริมาณสารไซยาไนด์ที่พบจากส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลัง (3) การศึกษาความชอบอาหาร (food preference) ของแมลงสาบเยอรมันที่มีต่อรูปแบบของเหยื่อล่อที่ผลิตจากมันสำปะหลังโดยใช้ดัชนีชี้วัดของรอดเจอร์ส (Rodgers's index)

ในการบ่งชี้การเลือกชนิดอาหารของแมลงสาบ

- ขั้นตอนการทดลอง แบ่งเป็น 4 ขั้นตอน คือ

### 1. การเพาะเลี้ยงแมลงสาบเยอรมัน

ใช้กับดักชนิด modified jar trap (Lauprasert, 2006) ออกวางดักแมลงสาบเยอรมันระยะตัวเต็มวัยทั้งเพศผู้และเพศเมียตามสถานที่ต่างๆ ในจังหวัดมหาสารคาม จากนั้นนำแมลงสาบที่จับได้มาเลี้ยงในภาชนะ (โหลแก้ว) ในห้องปฏิบัติการให้อาหารเม็ดสำหรับสุนัข (เพียวรีน่าอัลโป® ประเทศไทย) และน้ำดื่มทุกวัน ควบคุมอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการอยู่ระหว่าง  $27 \pm 1$  องศาเซลเซียส และความชื้นอยู่ระหว่าง  $60 \pm 1\%RH$  (Kaakeh et al., 1997) เมื่อแมลงสาบมีการผสมพันธุ์และพบว่ามีการออกลูกตัวอ่อนระยะที่ 6 ( $6^{th}$  instars) ทำการแยกตัวอ่อนระยะที่ 6 ออกมาเลี้ยงในภาชนะใบใหม่ และเมื่อพบว่ามีการลอกคราบครั้งสุดท้ายเป็นตัวเต็มวัยจึงแยกแมลงสาบเพศผู้และเพศเมียให้อยู่คนละภาชนะ เพื่อรอนำมาใช้ในการทดลองต่อไป ระยะเวลาในการเลี้ยงแมลงสาบเยอรมันจากตัวอ่อนระยะที่ 1 ถึงตัวเต็มวัยใช้เวลาประมาณ 60 วัน

### 2. การศึกษาความเป็นพิษของสารสกัดจาก

#### มันสำปะหลังต่อแมลงสาบเยอรมัน

2.1 เตรียมสารสกัดจากมันสำปะหลัง เริ่มจากนำมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (KU50) อายุปลูก 90 วันมาล้างให้สะอาด ผึ่งให้แห้ง จากนั้นตัดแยกเป็นส่วนต่างๆ ได้แก่ ใบ ลำต้น เปลือก (ได้แก่ periderm และ cortex) และส่วนเนื้อมัน (ได้แก่ parenchyma) นำมาหั่นให้มีขนาดไม่เกิน 1 เซนติเมตร จากนั้นนำไปแช่น้ำหนักและผสมกับเอทิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ ในอัตราส่วน 1:4 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ปิดทับด้วยสาลี่และกระดาษอะลูมิเนียมฟอยล์ นาน 7 วัน ใช้เครื่องเขย่า orbital shaking incubator ตลอดเวลา เมื่อครบ 7 วัน นำออกจาก orbital shaking incubator กรองสารสกัดที่ได้ด้วยกรวยกรองบุชเนอร์และกระดาษกรอง Whatman (เบอร์ 4) นำไประเหยด้วยเครื่องระเหย (evaporator) จากนั้นนำสารสกัดหยาบของมันสำปะหลังแต่ละส่วนที่ได้ ไปชั่งเพื่อนำไปใช้ในการทดลองขั้นตอนต่อไป

2.2 การทดสอบขั้นต้น (preliminary test) เป็นการทดสอบหาช่วงความเข้มข้นของสารสกัดจากมันสำปะหลังในแต่ละส่วน (ใบ ลำต้น เปลือก เนื้อ) ที่ทำให้แมลงสาบเยอรมันระยะตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียตายร้อยละ 5-90 ในเวลา 24 ชั่วโมง (โดยการกิน) แล้วจึงนำช่วงความเข้มข้นที่ได้มาแบ่งละเอียดเป็น 5 ความเข้มข้น เพื่อใช้ในการทดสอบต่อไป

2.3 oral toxicity-Petri dish bioassay ทดสอบโดยใช้ขนมปังปอนด์ขนาด  $1 \times 1$  เซนติเมตร น้ำหนัก 3 กรัม หยอดด้วยสารสกัดจากมันสำปะหลัง (ใบ ลำต้น เปลือก เนื้อ) ในความเข้มข้นที่ได้จากข้อ 2.2 ทดลองความเข้มข้นละ 4 ซ้ำ (WHO, 1981) โดยที่ในแต่ละความเข้มข้นจะต้องมีกลุ่มควบคุมที่เติมเฉพาะเอทิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ในปริมาณที่เท่ากับการเติมสารสกัดจากมันสำปะหลังของแต่ละความเข้มข้น จากนั้นนำ

อาหารทดลองที่เตรียมได้วางบน Petri dish ที่รองด้วยกระดาษกรอง และเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมงก่อนนำมาทดลอง

การทดสอบจริง (Final test) ใช้แมลงสาบเยอรมันระยะตัวเต็มวัยอายุ 1-2 สัปดาห์ (ก่อนการทดลอง ให้แมลงสาบอดอาหารนาน 24 ชั่วโมง) กลุ่มทดลองละ 10 ตัว (ทำ 4 ซ้ำ รวม 40 ตัว/ความเข้มข้น/ส่วนของมันสำปะหลัง) ในกลุ่มควบคุมก็ทำเช่นเดียวกัน จากนั้นนำ Petri dish ที่มีอาหารทดลองไปวางไว้ในกล่องพลาสติก ( $19 \times 13 \times 10$  เซนติเมตร) แล้วปล่อยแมลงสาบในแต่ละชุดทดลองลงไป จากนั้นบันทึกจำนวนการตายหลังจากครบ 24 ชั่วโมง นับจำนวนแมลงสาบเยอรมันที่ตายในแต่ละความเข้มข้นของชุดทดลอง นำไปหาค่าร้อยละของการตาย (% mortality) ที่ถูกต้อง (หากอัตราการตายในกลุ่มควบคุมมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 5 ให้ใช้อัตราตายจริง หากมีค่าสูงกว่าร้อยละ 20 ให้ทดลองใหม่ และหากอัตราการตายในกลุ่มทดลองมีค่าระหว่าง 5-20 ต้องปรับค่าร้อยละของการตายที่ถูกต้องโดยใช้สูตรของแอบบอทท์ (Abbott's Formula) (Abbott, 1925) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าความเป็นพิษเฉียบพลันในรูปมัธยฐานของระดับความเข้มข้น (Median Lethal Concentration,  $LC_{50}$ ) ของสารสกัดจากมันสำปะหลังต่อแมลงสาบเยอรมัน โดยใช้ Probit Analysis ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

### 3. การศึกษาปริมาณสารไซยาไนด์ที่พบจากส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลัง

วิเคราะห์หาปริมาณของสารออกฤทธิ์ (สารไซยาไนด์ในรูปของไฮโดรเจนไซยาไนด์) ในสารสกัดหยาบของมันสำปะหลังแต่ละส่วนด้วยวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณไซยาไนด์ในแป้ง (O'Brien et al., 1991)

### 4. การศึกษาความชอบอาหาร (food preference) ของแมลงสาบเยอรมันที่มีต่อรูปแบบของเหยื่อล่อที่ผลิตจากมันสำปะหลัง

ก่อนการทดลองให้แมลงสาบเยอรมันเพศผู้และเพศเมีย อดอาหารนาน 48 ชั่วโมง ทำการทดลองในช่วงเวลา 19.00-22.00 น. เพราะพฤติกรรมการออกหาอาหารของแมลงสาบเยอรมัน เกิดขึ้นในเวลากลางคืน (Lauprasert et al., 2006) นำแมลงสาบเยอรมันเพศผู้ ( $N=150$ ) และเพศเมีย ( $N=150$ ) มาทดสอบใน modified eight-chamber-olfactometers (ภาพที่ 1) กับเหยื่อล่อทั้ง 8 รูปแบบๆ ละ 0.2 กรัม ที่วางแบบสุ่มอย่างง่าย ได้แก่ เหยื่อล่อสูตร A1, A2, A3, A4 (เหยื่อล่อสูตร A=มันสำปะหลังสุก 500 กรัม + น้ำตาลทราย 125 กรัม+ สารสกัดจากมันสำปะหลัง (1=ใบ 2=ลำต้น 3=เปลือก 4=เนื้อ) 30 มิลลิลิตร) และเหยื่อล่อสูตร B1, B2, B3, B4 (เหยื่อล่อสูตร B=มันสำปะหลังสุก 500 กรัม + สารสกัดจากเนื้อวัว (beef extract powder) 125 กรัม + สารสกัดจากมันสำปะหลัง (1=ใบ 2=ลำต้น 3=เปลือก 4=เนื้อ) 30 มิลลิลิตร)

เริ่มทดลองให้นำแมลงสาบแต่ละเพศ จำนวนเพศละ 15 ตัว/ ซ้ำ (ทดลอง 10 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้แมลงสาบชุดใหม่) ไปวาง

ไว้ตรงกลางของ modified eight-chamber-olfactometers โดยการทดลองนี้ จะต้องทำในห้องทดลองภายใต้แสงสีแดงและปราศจากเสียงรบกวน แมลงสาบจะมองไม่เห็นแสงสีแดง แต่จะเห็นเพียงความมืด (Carrel & Tanner, 2002) ซึ่งน้ำหนักของอาหารที่แมลงสาบกินใน 0, 4, 8, 12, 16, 20, และ 24 ชั่วโมง เพื่อวัดปริมาณอาหารที่แมลงสาบกินไปแล้ว (Lauprasert et al., 2006) การวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้ดัชนีชี้วัดของรอตเจอร์สหรือ Rodgers's index (Krebs, 1999) ในการบ่งชี้การเลือกชนิดอาหารของแมลงสาบดังนี้

$$\text{The Rodgers's index (Ri)} \quad Ri = \frac{A_i}{\max(A_i)}$$

เมื่อ  $Ri$  = Rodgers's index ดัชนีชี้วัดความชอบอาหารสำหรับอาหารประเภท  $i$

$A_i$  = พื้นที่ใต้กราฟ cumulative proportion eaten\* สำหรับอาหารประเภท  $i$

$\max A_i$  = ค่าที่มากที่สุดของ  $A_i$

\* ในการบันทึกผลนั้น ปริมาณการกินอาหาร (ในแต่ละชนิดของอาหารที่ทดลอง) บันทึกในรูปของสัดส่วนการกิน (the proportion eaten) (ในการทดลองนี้ ค่าสัดส่วนการกินเท่ากับ  $X / 0.2$  กรัม) และการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างอาหารและระหว่างเพศของแมลงสาบ ใช้สถิติ *Mann-Whitney U-test*

## ผลการวิจัย

### 1. การศึกษาความเป็นพิษของสารสกัดจากมันสำปะหลังต่อแมลงสาบเยอรมัน

ผลการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันในรูปมัตฐานของระดับความเข้มข้น ( $LC_{50}$ ) ของสารสกัดจากลำต้นเปลือก เนื้อและใบของมันสำปะหลังที่มีต่อแมลงสาบเยอรมันระยะตัวเต็มวัย ในเวลา 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 49.287 ppm 126.224 ppm 129.625 ppm และ 137.645 ppm (ตามลำดับ) แสดงรายละเอียดในตารางที่ 1

### 2. การศึกษาปริมาณสารไซยาไนด์ที่พบจากส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลัง

ผลการศึกษาปริมาณสารไซยาไนด์ที่พบจากส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลัง พบว่าที่ลำต้นมีปริมาณสารไซยาไนด์มากที่สุด คือ 305.34 mgHCN/L รองลงมาคือที่เปลือก เนื้อและใบ (156.19, 110.94 และ 32.83 mgHCN/L ตามลำดับ) แสดงรายละเอียดในตารางที่ 1

### 3. การศึกษาความชอบอาหาร (food preference) ของแมลงสาบเยอรมันที่มีต่อรูปแบบของเหยื่อล่อที่ผลิตจากมันสำปะหลัง

แมลงสาบเยอรมันเพศผู้และเพศเมียมีความชอบต่อเหยื่อล่อที่แตกต่างกัน ผลการทดลองนำเสนอในรูปของค่าเฉลี่ยของสัดส่วนการกินเหยื่อล่อแต่ละชนิดของแมลงสาบเยอรมันทั้งสองเพศดังภาพที่ 2 และจากการทดสอบทางสถิติที่

ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยสถิติ *Mann-Whitney U-test* พบว่าเหยื่อล่อที่แมลงสาบเยอรมันเพศผู้ชอบมากที่สุดคือ A4 รองลงมาคือ A3 ตามลำดับ แมลงสาบเพศผู้ชอบเหยื่อล่อทั้ง 2 ชนิดดังกล่าวมากกว่าชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p\text{-value} < 0.05$  (แสดงดังตารางที่ 2 และภาพที่ 3) ส่วนเหยื่อล่อที่แมลงสาบเพศเมียชอบมากที่สุดคือ A4 รองลงมาคือ A3 ตามลำดับ แมลงสาบเพศเมียชอบเหยื่อล่อ A4 มากกว่าชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p\text{-value} < 0.05$  (แสดงดังตารางที่ 2 และภาพที่ 3) นอกจากนี้ผลการทดลองพบว่าแมลงสาบเพศผู้ชอบเหยื่อล่อ A3 มากกว่าเพศเมีย ในทางตรงกันข้ามแมลงสาบเพศเมียชอบเหยื่อล่อ B4 มากกว่าเพศผู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (แสดงดังตารางที่ 2 และภาพที่ 3)

## บทสรุปและอภิปรายผล

1. ความเป็นพิษเฉียบพลันในรูปมัตฐานของระดับความเข้มข้น ( $LC_{50}$ ) ในเวลา 24 ชั่วโมงของสารสกัดจากมันสำปะหลัง (ลำต้น เปลือก เนื้อและใบ) ที่มีต่อแมลงสาบเยอรมันระยะตัวเต็มวัยมีค่าเท่ากับ 49.287 ppm 126.224 ppm 129.625 ppm และ 137.645 ppm (ตามลำดับ) ผลการทดลองมีความสอดคล้องกับค่า  $LC_{50}$  ของสารสกัดจากเปลือกมันสำปะหลังในการกำจัดตัวอ่อนระยะที่ 3 ของแมลงสาบอเมริกัน ( $LC_{50}$  เท่ากับ 38.87 ppm) (สุภาวิณี จันทิชัย, & ลัดดาวรรณ เคียงกลาง, 2556) ซึ่งผลจากการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่ามันสำปะหลังสามารถใช้ในการกำจัดแมลงสาบเยอรมันได้โดยออกฤทธิ์ต่อแมลงสาบในลักษณะกินตาย สารสกัดที่ได้มีสารกลุ่ม Cyanogenic glycoside คือ Linamarin (มากกว่า 90% ของไซยาไนด์ทั้งหมด) และ Lotaustralin (น้อยกว่า 10% ของไซยาไนด์ทั้งหมด) (White et al., 1998) โดย Linamarin จะออกฤทธิ์บริเวณทางเดินอาหารส่วนกลาง (midgut หรือ mesenteron) ของแมลงสาบ โดยจะถูกเอ็นไซม์ในทางเดินอาหารส่วนกลางย่อยแล้วเกิดเป็นก๊าซไฮโดรเจนไซยาไนด์ เมื่อเกิดการย่อยอาหาร ก๊าซไฮโดรเจนไซยาไนด์จะออกฤทธิ์ในส่วนของไมโทคอนเดรีย (mitochondria) ของเซลล์แมลงสาบ ทำให้เกิดสภาวะออกซิเจนในเนื้อเยื่อต่ำ (anoxia) มีผลต่อสมองและระบบประสาท ทำให้แมลงสาบมีอาการชักและตายในที่สุด (Hall & Rumack, 1986) แมลงสาบตายแบบหงายท้องเพราะระบบประสาทและกล้ามเนื้อทำงานไม่ประสานกัน (Ross & Mullins, 1995) นอกจากนี้ผลการทดลองมีความสอดคล้องกับการศึกษาศักยภาพของสารสกัดไซยาไนด์จากมันสำปะหลังในการกำจัดหอนกระทุ้ม โดยใช้เปลือก หัวและใบของมันสำปะหลังสายพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 พบว่าหอนกระทุ้มมีอัตราการตายอยู่ระหว่าง 36.7-63.3% ที่ 48 ชั่วโมง (Theskeyan, 2006) และสอดคล้องกับการศึกษาความเป็นพิษของสารสกัดไซยาไนด์จากมันสำปะหลังต่อสิ่งแวดล้อมโดยใช้ปลาเป็นตัวแทนสิ่งมีชีวิต โดยเปรียบเทียบอัตราการตายของปลาที่ได้รับสารสกัดไซยาไนด์กับอัตราการตายของปลาที่ได้รับสารโพแทสเซียม

ไซยาไนด์ พบว่าปลาที่ได้รับสารโพแทสเซียมไซยาไนด์มีอัตราการตาย 100% ภายใน 15 นาที ในขณะที่สารสกัดไซยาไนด์มีอัตราการตายของปลาดำกว่าและใช้เวลานานกว่า (Theskeyan, 2006) และยังสอดคล้องกับการศึกษาความเป็นพิษของไซยาไนด์จากการรับประทานมันสำปะหลังดิบ เนื่องจากไซยาไนด์ในมันสำปะหลังดิบจะอยู่ในรูป Linamarin cyanogenic glycoside ซึ่งจะต้องถูกเอ็นไซม์ในลำไส้ย่อย จึงจะปลดปล่อยไซยาไนด์ออกมา ไซยาไนด์จะยับยั้งกระบวนการลูกโซ่ของการขนส่งอิเล็กตรอน (electron transport chain) ในไมโทคอนเดรียของเซลล์ ทำให้เกิดภาวะที่มีออกซิเจนในเนื้อเยื่อต่ำกว่าปกติ (histotoxic anoxia) สมองซึ่งไม่ทนกับภาวะที่ร่างกายได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอ (hypoxia) จึงทำให้มีอาการทางสมองให้เห็นตั้งแต่ระยะแรก (Hall & Rumack, 1986) นอกจากนี้ไซยาไนด์ยังมีผลต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด ทำให้ความดันโลหิตลดลง และมีผลต่อศูนย์ควบคุมการหายใจ ทำให้หยุดหายใจ ผู้ได้รับพิษของไซยาไนด์จึงมีอาการชัก หหมดสติ ความดันโลหิตต่ำและมีการหายใจช้าจนถึงหยุดหายใจ (Osuntokun, 1981)

2. ปริมาณสารไซยาไนด์ที่พบจากส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลัง พบว่าที่ลำต้นมีปริมาณสารไซยาไนด์มากที่สุด คือ 305.34 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือที่เปลือก เนื้อ และใบ (156.19 มิลลิกรัมต่อลิตร, 110.94 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 32.83 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในส่วนที่ 1 ที่พบว่าค่าความเป็นพิษเฉียบพลันในรูปมัยฐานของระดับความเข้มข้น ( $LC_{50}$ ) ในเวลา 24 ชั่วโมงของสารสกัดจากมันสำปะหลัง (ลำต้น เปลือก เนื้อและใบ) ที่มีต่อแมลงสาบเยอรมันระยะตัวเต็มวัยมีค่าเท่ากับ 49.287 ppm 126.224 ppm 129.625 ppm และ 137.645 ppm (ตามลำดับ) ทั้งนี้ผลการวิจัยครั้งนี้ไม่สอดคล้องกับรายงานของสาโรช คำเจริญ & เยาวมาลย์ คำเจริญ (2531) ที่พบว่าปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกพบสูงสุดในเปลือกหัว รองลงมาในเปลือกลำต้น และยอดอ่อน ตามลำดับ อาจเป็นเพราะปริมาณสารไซยาไนด์แตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อม พันธุ์ วิธีการวิเคราะห์ หรือแม้แต่ในพันธุ์เดียวกันและต้นเดียวกันหรือหัวเดียวกัน ก็ยังมีความแปรปรวนได้ (สุรินทร์ ตั้งมันคงวรกุล, 2544)

3. ความชอบอาหารของแมลงสาบเยอรมันที่มีต่อรูปแบบของเหยื่อล่อที่ผลิตจากมันสำปะหลัง ในการทดลองครั้งนี้เหยื่อล่อสูตร A และสูตร B มีความแตกต่างคือปริมาณโปรตีนที่อยู่ในเหยื่อล่อทั้ง 2 สูตร โดยสูตร A ไม่มีโปรตีน ส่วนสูตร B มีโปรตีน จากผลการวิจัยพบว่าแมลงสาบเพศเมียมีความชอบในเหยื่อล่อชนิด B (มีโปรตีน) มากกว่าเพศผู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เป็นเพราะแมลงสาบเยอรมันชอบอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง (Ross & Mullins, 1995) แต่ในสภาวะที่ขาดอาหารแมลงสาบจะกินอาหารที่ใกล้ที่สุดที่พบก่อน (Reiersen, 1995) ซึ่งการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยให้แมลงสาบอดอาหารก่อนการทดลอง 48 ชั่วโมง จากการสังเกตเมื่อนำแมลงสาบมาวางไว้ในจุดศูนย์กลางของ modified-eight-chamber-olfactometer แมลงสาบได้

เดินตรงไปยังเหยื่อล่อที่ใกล้ที่สุดและกินทันทีโดยยังไม่เลือกชนิดของอาหาร แต่เมื่อกินอาหารไปประมาณ 30-45 นาที แมลงสาบจึงเริ่มเดินสำรวจโดยใช้หนวดเป็นตัวรับสัมผัส และได้เดินเข้าทุกช่องของ modified-eight-chamber-olfactometer จากนั้นแมลงสาบจึงเริ่มกินอาหารที่เลือกอีกครั้งหนึ่ง

เหยื่อล่อที่แมลงสาบเยอรมันเพศผู้และเพศเมียชอบมากที่สุดคือ A4 (ประกอบด้วยมันสำปะหลังสุก 500 กรัม น้ำตาลทราย 125 กรัมและสารสกัดเนื้อมันสำปะหลัง 30 มิลลิตร) รองลงมาคือ A3 (ประกอบด้วยมันสำปะหลังสุก 500 กรัม น้ำตาลทราย 125 กรัมและสารสกัดเปลือกมันสำปะหลัง 30 มิลลิตร) ตามลำดับ แมลงสาบเพศผู้ชอบเหยื่อล่อทั้ง 2 ชนิดดังกล่าวมากกว่าชนิดอื่น เป็นเพราะเหยื่อล่อทั้ง 2 ชนิดนี้มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงและมีกลิ่นของคาร์โบไฮเดรตที่แรงกว่าเหยื่อล่อชนิดอื่น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Ross & Mullins (1995) ที่พบว่าแมลงสาบเยอรมันชอบอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง นอกจากนี้พบว่าแมลงสาบเพศเมียชอบเหยื่อล่อ B4 (ประกอบด้วยมันสำปะหลังสุก 500 กรัม สารสกัดจากเนื้อวุ้น 125 กรัมและสารสกัดเนื้อมันสำปะหลัง 30 มิลลิตร) มากกว่าเพศผู้ ซึ่งการทดลองครั้งนี้เหยื่อล่อสูตร B เป็นเหยื่อล่อที่มีโปรตีนจากสารสกัดจากเนื้อวุ้นเป็นส่วนประกอบ จึงสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Lauprasert et al. (2006) ที่รายงานว่าแมลงสาบเพศเมียมีความชอบอาหารประเภทโปรตีนมากกว่าเพศผู้ เพราะแมลงสาบเพศเมียต้องสร้างรังไข่ (oothecae) ที่มีขนาดใหญ่แตกต่างจากแมลงสาบเพศผู้ที่ผลิตถุงเก็บอสุจิ (spermatophores) ที่มีขนาดเล็ก (Leibensperger et al., 1985) นอกจากนี้จำนวนลูกของแมลงสาบที่สามารถพัฒนาเป็นตัวอ่อนได้ในรังไข่ ขึ้นอยู่กับการบริโภคอาหารประเภทโปรตีนเพราะมีความจำเป็นสำหรับการพัฒนาไข่ (Reiersen, 1995) ดังนั้นแมลงสาบเพศเมียจึงต้องการอาหารที่มีโปรตีนมากกว่าแมลงสาบเพศผู้ (Clarebrough et al., 2000) นอกจากนี้เหยื่อล่อที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากลำต้นมันสำปะหลังที่มีปริมาณสารไซยาไนด์สูงที่สุด อาจมีผลทำให้แมลงสาบรับรู้ความเป็นพิษได้ จึงทำให้แมลงสาบเลือกกินเหยื่อล่อชนิดนี้ในปริมาณน้อย

### ข้อเสนอแนะหรือการนำไปใช้ประโยชน์

ผลการวิจัยพบว่าความเป็นพิษเฉียบพลันในรูปมัยฐานของระดับความเข้มข้น ( $LC_{50}$ ) ของสารสกัดจากลำต้นมันสำปะหลังที่มีต่อแมลงสาบเยอรมันระยะตัวเต็มวัย ในเวลา 24 ชั่วโมงมีค่า 49.287 ppm ประกอบกับปริมาณสารไซยาไนด์ที่พบจากลำต้นมีปริมาณสารไซยาไนด์มากที่สุด โดยสารดังกล่าวออกฤทธิ์ต่อแมลงสาบเยอรมันในลักษณะกินตาย นอกจากนี้ในการทดลองความชอบอาหารของแมลงสาบพบว่าเหยื่อล่อที่แมลงสาบเยอรมันเพศผู้และเพศเมียชอบมากที่สุดคือ A4 (ประกอบด้วยมันสำปะหลังสุก 500 กรัม น้ำตาลทราย 125 กรัมและสารสกัดเนื้อมันสำปะหลัง 30 มิลลิตร) และแมลงสาบไม่มีท่าทีจะหลบเลี่ยงเหยื่อล่อดังกล่าวแต่กลับเดินตรงเข้าไปกินเหยื่อล่อ A4

อย่างรวดเร็ว จึงทำให้สามารถที่จะนำผลการวิจัยนี้ไปพัฒนาเหยื่อล่อสูตร A4 และเพิ่มปริมาณสารสกัดจากลำต้นมันสำปะหลังที่มีพิษสูงสุดเข้าไป น่าจะสามารถนำไปใช้เป็นเหยื่อล่อในการกำจัดแมลงสาบเยอรมันและสัตว์พาหะนำโรคอื่นๆ ในทางสาธารณสุขได้

#### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณรายได้ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ประจำปี 2556

#### เอกสารอ้างอิง

- กอบชัย หลายประดิษฐ์. (2540). ผลของแมลงเบียน *Tetrastichus hagenowii* (Ratz.) ต่อไข่แมลงสาบอเมริกัน *Periplaneta americana* (L.). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- บัณฑิต ยวงสร้อย, อรพินท์ จินตสถาพร, นนทวิทย์ อาริษย์, & อรุณี อิงคากุล. (2549). การเปลี่ยนแปลงคาร์บอนไดออกไซด์และสารพิษในวัตถุดิบพื้นบ้าน: ใบชา ใบหม่อน และใบมันสำปะหลัง. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44 สาขาประมง, 30 มกราคม-2 กุมภาพันธ์ 2549 (หน้า 525-534). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา, กระทรวงศึกษาธิการ.
- สาโรช คำเจริญ, & ยาวมาลย์ คำเจริญ. (2531). อาหารและการให้อาหารสัตว์ปีก (ตอน 3) อุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ปีกในประเทศไทย. สัตว์เศรษฐกิจ, 6(121), 70-74.
- สุภาวีนี จันทิชัย, & ลัดดาวรรณ เคียงกลาง. (2555). ประสิทธิภาพของสารสกัดจากหัวมันสำปะหลัง เมล็ดมันแกว เมล็ดมะกอกดำ และเทียนหยดในการกำจัดแมลงสาบอเมริกัน. มหาสารคาม: สาขาวิชานานมัยสิ่งแวดล้อมและอาชีวอนามัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สุรินทร์ ตั้งมั่นคงวรกุล. (2544). การศึกษาการสลายตัวของสารไซยาไนด์จากหัวมันสำปะหลังด้วยเอนไซม์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- อุทัย คันโธ, & สุภิญญา จิตตพรพงษ์. (2548). การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสุกรและสัตว์ปีก. สัตว์บก, 12(143), 146-149.
- Abbott, W. S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18, 265-267.
- Atkinson, T. H., Wadleigh, R. W., Koehler, P. G., & Patterson, R. S. (1991). Pyrethroid resistance and synergism in a field strain of the German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae). *Journal of Economic Entomology*, 84, 1247-1250.
- Carrel, J. & Tanner, E. (2002). Sex-specific food preferences in the Madagascar hissing cockroach *Gromphadorhina portentosa*. *Journal of Insect Behavior*, 15(5), 707-714.
- Clarebrough, C., Mira, A., & Raubenheimer, D. (2000). Sex-specific differences in nitrogen intake and investment by feral and laboratory-cultured cockroaches. *Journal of Insect Physiology*, 46(5), 677-684.
- Cloarec, A., Rivault, C., & Le Guyader, A. (1992). Cockroaches as carriers of Bacteria in multi-family dwellings. *Epidemiology and Infection*, 109, 483-490.
- Collins, W. J. (1973). German cockroach resistance, resistance to diazinon includes cross-resistance to DDT, pyrethrins, & propoxur in a laboratory colony. *Journal of Economic Entomology*, 66, 44-47.
- Hall, A. H., & Rumack, B. H. (1986). Clinical toxicology of cyanide. *Annals of Emergency Medicine*, 15(9), 1067-1074.
- Helm, R. M., Squillace, D. L., Jones, R. T., & Brenner, R. J. (1990). Share Allergic activity in Asian (*Blattella asahinai*), German cockroach (*Blattella germanica*), American (*Periplaneta americana*), and Oriental (*Blatta orientalis*) cockroach species. *International Archives of Allergy and Applied Immunology*, 92, 154-161.
- Kaakeh, W., Reid, B., & Bennett, G. (1997). Toxicity of fipronil to German and American cockroaches. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 84, 229-237.
- Krebs, C. J. (1999). *Ecological Methodology*. 2<sup>nd</sup> ed. CA: Addison-Wesley Educational Publishers.
- Lauprasert, P. (2006). Food preference, population dynamics and bacterial harborage of the German cockroach *blattella germanica* (L.) in Bangkok Markets. Ph.D. Dissertation, Biological Sciences Program, Graduate School, Chulalongkorn University.
- Lauprasert, P., Sitthicharoenchai, D., Thirakhupt, K., & Pradatsundarasar, A. (2006). Food Preference and Feeding Behavior of the German cockroach, *blattella germanica* (L.). *Journal of Scientific Research Chulalongkorn University*, 31(2), 121-126.
- Lauprasert, P., Wibuloutai, J., & Lauprasert, K. (2010). Control of the American cockroach *Periplaneta americana* (L.) and German cockroach *Blattella germanica* (L.) in Canteens with Hydramethylnon gel bait. *Research Journal of Biological Sciences*, 5(4), 318-322.
- Lee, L. C. & Lee, C. Y. (2004). Insecticide resistance profiles and possible underlying mechanisms in German cockroaches, *Blattella germanica* (L.) (Dictyoptera: Blattellidae) from Peninsular Malaysia. *Medical Entomology and Zoology (Japan)*, 55, 77-93.
- Lee, C. Y., Yap, H. H., & Chong, N. L. (1996). Insecticide resistance and synergism in field-collected German cockroaches (Dictyoptera: Blattellidae) from Peninsular Malaysia. *Bulletin of Entomological Research*, 86, 675-682.
- Leibensperger, L. B., Traniello, J. F. A., & Fraser, J. M. (1985). Olfactory cues used by female (Dictyoptera: Blaberidae) during mate choice. *Annals of the Entomological Society of America*, 78, 629-634.
- O'Brien, G. M., Taylor, A. J., & Poulter, N. H. (1991). Improved enzymatic assay for cyanogens in fresh and processed cassava. *Journal of the Science of Food & Agriculture*, 56, 277-289.

- Osuntokun, B. O. (1981). Cassava diet, chronic cyanide intoxication and neuropathy in the Nigerian Africans. *World Review of Nutrition and Dietetics*, 36, 141-173.
- Reierson, D. A. (1995). Baits and baiting. In M. K. Rust, J. M. Owens, & A. D. Reierson (Eds.), *Understanding and controlling the german cockroach* (pp. 231-266). New York: Oxford University Press.
- Ross, M. H., & Mullins, E. D. (1995). Biology. In M. K. Rust, J. M. Owens, & A. D. Reierson (Eds.), *Understanding and Controlling the German Cockroach* (pp. 21-48). New York: Oxford University Press.
- Tawatsin, A., Thavara, U., Chompoosri, J., Kong-ngamsuk, W., Chansang, C., & Paosriwong, S. (2001). Cockroach surveys in 14 provinces of Thailand. *Journal of Vector Ecology*, 26(2), 232-238.
- Theskeyan, N. (2006). *The study of potential elimination of a common cutworm (Spodoptera litura.F.) by cyanide extracted from cassava*. Master of Science thesis, Appropriate Technology for Resources and Environmental Development, Graduate School, Mahidol University.
- White, W. L. B., Arias-Garzon, D. I., McMahon, J. M., & Sayre, R. T. (1998). Cyanogenesis in Cassava: The role of hydroxynitrile lyase in root cyanide production. *Plant Physiology*, 116(4), 1219-1225.
- World Health Organization [WHO]. (1981). *Criteria and meaning of tests for determining the susceptibility or resistance in insects to insecticides*. Geneva, World Health Organization.

ตารางที่ 1 ความเป็นพิษของสารสกัดจากมันสำปะหลังต่อแมลงสาบเยอรมันและปริมาณสารไซยาไนด์ที่พบ

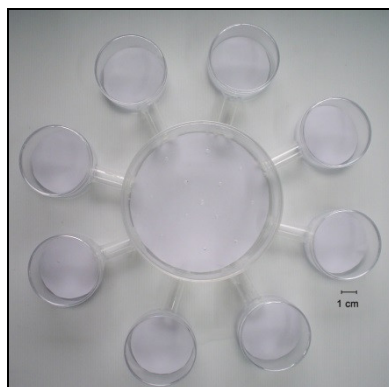
| มันสำปะหลัง | 24h-LC <sub>50</sub> (ppm) <sup>1/</sup> | 95% CI (ppm) <sup>1/</sup> | สมการเส้นตรงแสดงความเป็นพิษ <sup>1/</sup> | ปริมาณสารไซยาไนด์ (mgHCN/L) <sup>2/</sup> |
|-------------|------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| ลำต้น       | 49.287                                   | 43.958 – 54.881            | Y = 7.351+4.343X                          | 305.34                                    |
| เปลือก      | 126.224                                  | 114.706 – 164.114          | Y = 22.210+10.513X                        | 156.19                                    |
| เนื้อ       | 129.625                                  | 118.346 – 135.265          | Y = 14.453+6.879X                         | 110.94                                    |
| ใบ          | 137.645                                  | 109.314 – 168.607          | Y = 14.258+6.667X                         | 32.83                                     |

<sup>1/</sup> คำนวณโดยใช้โปรแกรม Probit analysis

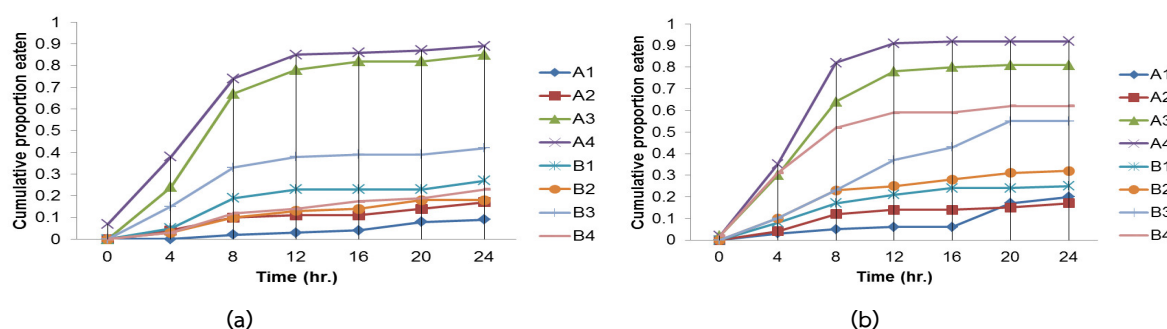
<sup>2/</sup> วิเคราะห์ตามวิธีของ O'Brien et al. (1991)

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ย<sup>1/</sup> ( $\pm$ SE) ของดัชนีรูดเจอร์ส (Rodgers's index)<sup>2/</sup> ของแมลงสาบเยอรมันเพศผู้และเพศเมียที่มีต่อเหยื่อล่อทั้ง 8 ชนิด

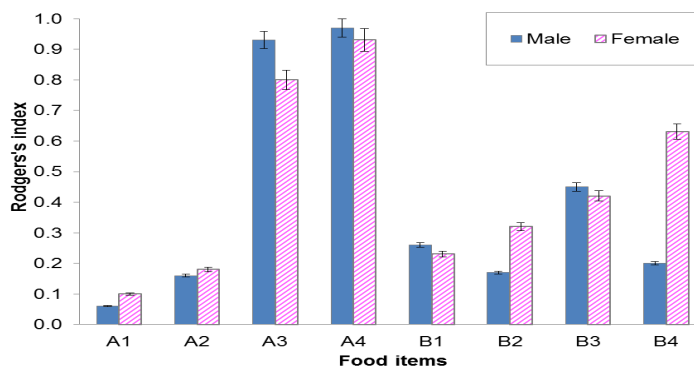
| เหยื่อล่อ <sup>3/</sup> | Rodgers's index (Ri) <sup>2/</sup> |                               |
|-------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
|                         | แมลงสาบเพศผู้                      | แมลงสาบเพศเมีย                |
| A1                      | 0.06 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>       | 0.10 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>  |
| A2                      | 0.16 $\pm$ 0.05 <sup>ab</sup>      | 0.18 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>  |
| A3                      | 0.93 $\pm$ 0.02 <sup>c</sup>       | 0.80 $\pm$ 0.04 <sup>d</sup>  |
| A4                      | 0.97 $\pm$ 0.01 <sup>c</sup>       | 0.93 $\pm$ 0.04 <sup>c</sup>  |
| B1                      | 0.26 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup>       | 0.23 $\pm$ 0.05 <sup>ab</sup> |
| B2                      | 0.17 $\pm$ 0.04 <sup>b</sup>       | 0.32 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>  |
| B3                      | 0.45 $\pm$ 0.09 <sup>b</sup>       | 0.42 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>  |
| B4                      | 0.20 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>       | 0.63 $\pm$ 0.07 <sup>d</sup>  |

<sup>1/</sup> Means with the different letters are significantly different at  $p < 0.05$ , Mann-Whitney U-test.<sup>2/</sup> ดัชนีรูดเจอร์ส มีค่า 0-1; 0 หมายถึงไม่ชอบ; 1 หมายถึงชอบ<sup>3/</sup> เหยื่อล่อสูตร A = มันสำปะหลังสุก 500 กรัม + น้ำตาลทราย 125 กรัม + สารสกัดจากมันสำปะหลัง 30 มิลลิกรัม และเหยื่อล่อสูตร B = มันสำปะหลังสุก 500 กรัม + สารสกัดจากเนื้อวัว 125 กรัม + สารสกัดจากมันสำปะหลัง 30 มิลลิกรัม (เมื่อ 1= ใบ 2=ลำต้น 3=เปลือก 4=เนื้อ)

ภาพที่ 1 modified eight-chamber-olfactometer (Reiersen, 1995) โดยที่แมลงสาบจะถูกวางไว้ตรงกลางของกล่องพลาสติกอันใหญ่ ส่วนเหยื่อล่อทั้ง 8 รูปแบบจะถูกใส่ในกล่องพลาสติกอันเล็ก



ภาพที่ 2 ค่าเฉลี่ยของสัดส่วนการกินเหยื่อล่อแต่ละชนิดของแมลงสาบเยอรมันเพศผู้ (a) และเพศเมีย (b)

ภาพที่ 3 ค่าเฉลี่ย ( $\pm$ SE) ของดัชนีรูดเจอร์สของแมลงสาบเยอรมันเพศผู้และเพศเมียที่มีต่อเหยื่อล่อทั้ง 8 ชนิด (ดัชนีรูดเจอร์สมีค่า 0-1; 0 หมายถึงไม่ชอบ; 1 หมายถึงชอบ)