การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารอาหารในหนอนแมลงวันผลไม้ที่เลี้ยงในพืชอาศัยที่แตกต่างกัน

Comparative Study of Nutritional Composition of Tephritid Fruit Fly Larvae Reared on Different Host Fruits

พรปวีณ์ มากสาคร[1] รัตนาวดี เทียนโพธิ์[1]
ศุภรดา เจริญศรี[1] และดวงตา จุลศิริกุล[1*]
Pornpawee Maksakorn[1], Rattanawadee Tienpo[1],
Supharada Charoensri[1] and Duangta Julsirikul[1*]

บทคัดย่อ

แมลงวันผลไม้ (tephritid fruit fly) เป็นแมลงศัตรูพืชที่สำคัญของผลไม้ และพืชผักหลายชนิดในประเทศไทย ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตทางการเกษตรอย่างมาก ส่งผลกระทบทางเศรษฐกิจ และความมั่นคงทางอาหาร ดังนั้น การนำแมลงศัตรูพืชมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยการนำมาเป็นอาหารทางเลือกเพื่อทดแทนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ จึงเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถนำไปใช้ในการควบคุมประชากรของศัตรูพืชได้ การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารอาหารในหนอนแมลงวันผลไม้ *Bactrocera correcta Bactrocera dorsalis* และ *Zeugodacus cucurbitae* ที่เลี้ยงในพืชอาศัยต่างชนิดกัน พบว่ามีปริมาณสารอาหารประเภทต่าง ๆ แตกต่างกัน โดย หนอนแมลงวันผลไม้ *Z. cucurbitae* มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งมากที่สุด ในขณะที่ *B. correcta* มีค่าเฉลี่ยปริมาณโปรตีนสูงที่สุด และ *B. dorsalis* มีค่าเฉลี่ยปริมาณไขมันสูงที่สุด ส่วนปริมาณน้ำตาลเฉลี่ยที่พบในหนอนแมลงวันผลไม้ทั้งสามชนิดไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ ยังพบว่าหนอนแมลงวันผลไม้ *B. correcta* และ *B. dorsalis* ที่เลี้ยงในกล้วยน้ำว้ามีปริมาณสารอาหารทุกประเภทสูงกว่าหนอนที่เลี้ยงในฝรั่ง เช่นเดียวกับหนอนแมลงวันผลไม้ *Z. cucurbitae* ที่เลี้ยงในฟักทองมีปริมาณสารอาหารทุกประเภทสูงกว่าหนอนที่เลี้ยงในแตงร้าน แสดงให้เห็นว่าปริมาณสารอาหารในพืชอาศัยส่งผลต่อปริมาณสารอาหารที่สะสมในหนอนแมลงวันผลไม้ ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาสูตรอาหารที่เหมาะสมในการเลี้ยงเพิ่มปริมาณหนอนให้ได้จำนวนมาก และมีคุณค่าทางอาหารสูงต่อไป

คำสำคัญ: หนอนแมลงวันผลไม้ พืชอาศัย ปริมาณสารอาหาร อาหารโปรตีนทางเลือก

Received: 8 July 2022; Accepted: 24 October 2022

[1] ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131

[1] Department of Biology, Faculty of Science, Burapha University. Chonburi. 20131

* Corresponding author: duangta@buu.ac.th

Abstract

The tephritid fruit fly is an importance pest of several fruits and vegetables in Thailand. It causes a huge damage to agricultural products, has an impact on the economy and food security. Therefore, the use of insect pest as a source of alternative protein food, in a replacement of the meat meal, is another method that can be used to control pest population. The comparative study of nutritional composition in the larvae of *Bactrocera correcta*, *Bactrocera dorsalis* and *Zeugodacus cucurbitae* reared on different host fruits showed that *Z. cucurbitae* had the highest average dry weight, while *B. correcta* had the highest protein content and *B. dorsalis* had the highest lipid content. However, there was no significant different in the average sugar content from the three fruit fly larvae. In addition, the larvae of *B. correcta* and *B. dorsalis* reared on banana showed higher nutritional composition than the larvae fed on guava. As well as *Z. cucurbitae*, the larvae that reared on pumpkin had higher nutritional composition than that fed on cucumber. This demonstrated the influence of the host plants on the nutrient content of the fruit fly larvae that can be used as an information to develop a suitable diet for large scale mass-rearing of high nutritional value fruit fly larvae.

Keywords: Tephritid fruit fly larvae, Host fruits, Nutritional composition, Alternative protein food

บทนำ

แมลง เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่มีจำนวนและความหลากหลายของชนิดพันธุ์มากที่สุดในโลก นอกจากนี้ ยังสามารถพบแมลงได้ในถิ่นที่อยู่อาศัยเกือบทุกรูปแบบ (van Huis et al., 2013) โดยพบว่า แมลงได้ถูกนำมาใช้เป็นอาหารของมนุษย์ตั้งแต่ประมาณ 7 พันปีที่แล้ว (Ramos-Elorduy, 2009) ปัจจุบันแมลงหลากหลายชนิดถูกนำมาใช้ประโยชน์เป็นอาหารของทั้งมนุษย์ และสัตว์ในหลายประเทศทั่วโลก ทั้งในทวีปแอฟริกา ลาตินอเมริกา เอเชีย รวมถึงประเทศไทย เนื่องจากแมลงมีปริมาณโปรตีนต่อน้ำหนักสูงกว่าสัตว์และพืชชนิดอื่น ๆ เฉลี่ยประมาณ 40 - 75% (van Huis et al., 2013; Tang et al., 2019; Papastavropoulou et al., 2022) สำหรับประเทศไทย แมลงจัดเป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกสำหรับเป็นอาหารเพื่อทดแทนโปรตีนหลักเช่น เนื้อสัตว์ ไข่ และนม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ชนบทของภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยพบว่า แมลงที่นิยมนำมารับประทานได้แก่ ตั๊กแตน จิ้งหรีด แมลงดา ไข่มดแดง หนอนไม้ไผ่ ดักแด้ไหม เป็นต้น (Yhoung-aree, 2010) ซึ่งนอกจากแมลงที่กินได้ ที่นำมาใช้เป็นอาหารเหล่านี้แล้ว แมลงยังมีประโยชน์ในด้านอื่น ๆ อีกด้วย เช่น เป็นผู้ย่อยสลาย และผู้ผสมเกสรที่สำคัญในระบบนิเวศ อย่างไรก็ตาม แมลงไม่ได้มีแต่ประโยชน์ด้านเดียว ยังมีแมลงหลายชนิดโดยเฉพาะอย่างยิ่งแมลงศัตรูพืชที่สำคัญ ที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อพืชทางการเกษตร และพืชเศรษฐกิจ รวมถึงแมลงที่ก่อให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์ และสัตว์ได้อีกด้วย เช่น แมลงวันลาย แมลงวันบ้าน แมลงวันผลไม้ ที่ตามปกติแล้วไม่นำมาใช้เป็นอาหารมนุษย์ แต่อาจมีศักยภาพในการนำมาใช้ประโยชน์ด้านการเป็นโปรตีนทดแทนในอาหารสัตว์ได้

แมลงวันผลไม้ (tephritid fruit fly) เป็นแมลงศัตรูพืชที่สำคัญของผลไม้ และพืชผักหลายชนิดในประเทศไทย (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2550) จัดอยู่ในอันดับ Diptera วงศ์ Tephritidae ซึ่งแมลงศัตรูพืชในวงศ์นี้ ส่วนใหญ่จะลงทำลายพืช ผัก ผลไม้ โดยการวางไข่ลงในส่วนผลของพืชที่มีเปลือกบาง ทำให้ผลผลิตเกิดความเสียหาย (White and Elson-Harris, 1992) โดยพบว่า แมลงวัน

ผลไม้ชนิด *Bactrocera correcta* (Bezzi) และ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) เป็นศัตรูที่สำคัญของผลไม้ทางเศรษฐกิจหลายชนิด เช่น ฝรั่ง มะม่วง กล้วย ชมพู่ มะละกอ ฯลฯ ส่วน *Zeugodacus cucurbitae* (Coquillett) เป็นศัตรูที่สำคัญของพืชตระกูลแตง (Allwood et al., 1999; Clarke et al., 2001) ทำให้เกิดความเสียหายต่อพืชผัก ผลไม้ทางการเกษตรของประเทศไทยเป็นอย่างมาก เนื่องจากแมลงวันผลไม้เหล่านี้มีวงชีวิตสั้น สามารถวางไข่ได้หลายครั้งในรอบปี และพบแพร่กระจายอยู่ทั่วทุกภูมิภาค (Clarke et al., 2001; White and Elson-Harris, 1992) มีรายงานว่า เฉพาะ *B. dorsalis* ชนิดเดียวสามารถสร้างความเสียหายด้านการส่งออกผลไม้ของประเทศไทย เป็นมูลค่าหลายล้านเหรียญสหรัฐต่อปี เนื่องจากแมลงวันผลไม้ทำให้ผลผลิตลดลง และเกิดปัญหาด้านการกักกันพืช (Orankanok et al., 2007) จึงเห็นได้ว่า ปัญหาแมลงวันผลไม้ส่งผลกระทบทางเศรษฐกิจของประเทศไทย รวมถึงส่งผลกระทบต่อความมั่นคงทางอาหารสำหรับประชากรมนุษย์อีกด้วย

ในปัจจุบันพบว่าประชากรมนุษย์มีการเจริญเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว โดยมีการคาดการณ์ว่าประชากรมนุษย์จะเพิ่มจำนวนเป็น 9,800 ล้านคน ในช่วงปี ค.ศ. 2050 ทำให้ความต้องการอาหารจะเพิ่มขึ้นจากปัจจุบันอีกประมาณ 60% (Orkusz, 2021) ซึ่งในการเพิ่มปริมาณอาหารย่อมเกี่ยวข้องกับการเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกทั้งสำหรับเป็นอาหารสำหรับมนุษย์ และเป็นอาหารสำหรับปศุสัตว์ Vane-Wright (1991) รายงานว่าปัจจุบันปัญหาเรื่องพื้นที่ในการปลูกอาหารสำหรับปศุสัตว์ ที่เพิ่มขยายมากขึ้นกำลังส่งผลกระทบต่อพื้นที่ป่าในระบบนิเวศ ดังนั้น การหาแหล่งอาหารทางเลือกที่มีการใช้พื้นที่ในการผลิตน้อยกว่า เช่น แมลง (Papastavropoulou et al., 2022) จึงเป็นทางเลือกที่ดี และการที่สามารถนำแมลงที่เป็นศัตรูพืชที่พบการระบาด และมีประชากรจำนวนมากมาใช้เป็นแหล่งอาหารโปรตีนได้ อาจเป็นอีกวิธีหนึ่งที่นำมาใช้ในควบคุมแมลงศัตรูพืช เพื่อลดการใช้สารกำจัดแมลง และอาจช่วยให้พื้นที่ปลูกอาหารสำหรับปศุสัตว์ถูกเปลี่ยนกลับเป็นพื้นที่ป่าได้ เป็นการช่วยฟื้นฟูระบบนิเวศของโลกได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารอาหาร ได้แก่ โปรตีน ไขมัน และน้ำตาล ในแมลงวันผลไม้ 3 ชนิด ได้แก่ *B. correcta B. dorsalis* และ *Z. cucurbitae* ที่เลี้ยงในพืชอาศัยต่างชนิดกัน ซึ่งชนิดของแมลง และพืชอาศัยอาจมีผลต่อปริมาณสารอาหารที่แตกต่างกันได้ โดยผลการศึกษาที่ได้อาจเป็นแนวทางหนึ่งในการพิจารณานำแมลงวันผลไม้ ซึ่งเป็นศัตรูพืชที่สำคัญในประเทศไทย มาใช้ให้เป็นประโยชน์ เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ดีคือ สามารถเลี้ยงเพิ่มปริมาณได้ง่ายและรวดเร็ว รวมถึงสามารถพัฒนาอาหารที่ใช้เลี้ยงให้มีความสะอาดปลอดภัยต่อสุขภาพได้ โดยอาจนำไปใช้เป็นโปรตีนทางเลือกเพื่อทดแทนในอาหารสัตว์ หรืออาจนำไปพัฒนาเพื่อเป็นแหล่งอาหารโปรตีนทั้งในเชิงคุณภาพ และปริมาณสำหรับมนุษย์ได้ในอนาคต

วิธีการทดลอง

แมลงวันผลไม้

แมลงวันผลไม้ชนิด *B. correcta B. dorsalis* และ *Z. cucurbitae* ถูกเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ ณ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี โดยเลี้ยงตัวเต็มวัยในกระป๋องพลาสติกกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 24.5 เซนติเมตร สูง 29.5 เซนติเมตร ที่ดัดแปลงให้สามารถระบายอากาศได้ ให้สารละลายน้ำผึ้ง 10% และ ยีสต์ผงสกัด (Yeast Extract Powder: HiMedia®) เป็นอาหาร ที่อุณหภูมิ 25 ± 2 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 65 ± 10% การเลี้ยงเพิ่มปริมาณเพื่อให้ได้หนอนของแมลงวันผลไม้ระยะที่สาม (third instar larva) สำหรับทำการทดลองวิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร ทำโดยให้แมลงวันผลไม้วางไข่ในพืชอาศัยที่แตกต่างกัน 2 ชนิด เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เนื่องจากแมลงวันผลไม้แต่ละกลุ่ม มีความจำเพาะต่อพืชอาหารที่แตกต่างกัน ดังนั้น *B. correcta* และ *B. dorsalis* ซึ่งเป็นแมลงวันผลไม้ที่วางไข่ในผลไม้ทั่วไปที่มีเปลือกบาง ให้วางไข่ใน กล้วยน้ำว้า และฝรั่ง ส่วน *Z. cucurbitae* ซึ่งเป็นแมลงวันผลไม้ที่วางไข่เฉพาะในพืชตระกูลแตง จึงให้วางไข่ใน แตงร้าน และฟักทอง จากนั้นเก็บพืชอาศัยแต่ละชนิดห่อด้วยกระดาษฟาง แยกใส่กล่องพลาสติกขนาด 18 x 30 x 12 เซนติเมตร ที่ดัดแปลงให้ระบายอากาศได้ โดยเขียนระบุชนิดของแมลงวันผลไม้และชนิดพืชอาศัยไว้บริเวณข้างกล่องสังเกต และเติมพืชอาศัยแต่ละชนิดให้มีปริมาณมากเพียงพอเพื่อเป็นอาหารแก่หนอน จนหนอนเจริญเข้าสู่ระยะที่สามจะดีดตัวออกจากพืชอาศัย เก็บหนอนแมลงวันผลไม้แต่ละชนิด ทำความสะอาดด้วยน้ำประปา ซับน้ำให้แห้ง และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -4 °C จนกว่าจะนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร

การวิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร

การวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารใช้วิธีวิเคราะห์โดยประมาณ (proximate analysis) ตามวิธีการของ AOAC (1990) การวิเคราะห์ความชื้นโดยการอบตัวอย่างในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 130 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง การ

วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดโดยวิธี Kjeldalh และคำนวณหาปริมาณโปรตีนโดยคูณด้วยค่า 6.25 (protein factor) การวิเคราะห์ไขมันโดยวิธี Soxhlet extraction และหาปริมาณน้ำตาลโดยการวัดจากเครื่อง Refractometer โดยทุกการวิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร ทำซ้ำตัวอย่างละ 3 ครั้ง จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยนำค่าที่ได้มาหาเป็นค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation: SD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) เพื่อเปรียบ เทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของปริมาณสารอาหารแต่ละชนิดในหนอนแมลงวันผลไม้ 3 ชนิดที่เจริญในพืชอาศัยที่แตกต่างกัน โดยใช้โปรแกรม SPSS version 23 (IBM Corporation)

ผลการทดลอง และวิจารณ์

แมลงวันผลไม้วงศ์ Tephritidae เป็นแมลงศัตรูพืช มีระยะที่ลงทำลายพืชผักผลไม้คือระยะตัวหนอน โดยพบว่าสำหรับแมลงทั่วไปที่มีรูปแบบการเจริญพัฒนาแบบสมบูรณ์ (holometabolous) ระยะตัวหนอนจะเป็นระยะที่มีการกินเพื่อการเจริญเติบโตและพัฒนา โดยจะสะสมอาหารมากที่สุดในช่วงตัวหนอนระยะสุดท้าย (final instar larval stage) (Kaleka et al., 2019; Scriber and Slansky, 1981) ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเลือกใช้หนอนแมลงวันผลไม้ ระยะที่สามซึ่งเป็นระยะสุดท้ายก่อนเข้าสู่ระยะดักแด้ (White and Elson-Harris, 1992) เพื่อที่จะได้มีปริมาณสารอาหารแต่ละประเภทสะสมอยู่ในตัวหนอนสูงที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณสารอาหารในพืชอาศัยมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารอาหารที่พบในหนอนแมลงศัตรูพืชในอันดับ Diptera (Gou et al., 2020) ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้ จึงได้ทดลองเปรียบเทียบปริมาณสารอาหารที่พบในหนอนแมลงวันผลไม้ที่เจริญในพืชอาศัยที่แตกต่างกัน โดยเลือกพืชอาศัยชนิดที่มีการปลูกมาก สามารถพบได้ทั่วทุกภูมิภาคในประเทศไทย และประชาชนนิยมรับประทาน รวมถึงพิจารณาแล้วว่าเป็นพืชอาศัยที่เหมาะสมสำหรับแมลงวันผลไม้แต่ละชนิดด้วย (Jaleel et al., 2018; Jaleel et al., 2021; Wu et al., 2011; Jayanthi and Verghese, 2002)

จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณสารอาหารประเภทต่าง ๆ ในหนอนแมลงวันผลไม้ 3 ชนิด ได้แก่ *B. correcta*, *B. dorsalis* และ *Z. cucurbitae* พบว่า ปริมาณความชื้น และน้ำหนักแห้งในหนอนแมลงวันผลไม้ทั้งสามชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (F = 7.073, P = 0.007) โดยหนอนแมลงวันผลไม้ *B. correcta* มีค่าเฉลี่ยความชื้นสูงที่สุด (79.34 ± 2.87%) รองลงมาได้แก่ *B. dorsalis* (75.86 ± 1.41%) ในขณะที่ *Z. cucurbitae* มีความชื้นน้อยที่สุด (74.12 ± 2.78%) ดังนั้น *Z. cucurbitae* จึงมีน้ำหนักแห้งมากที่สุด และ *B. correcta* น้ำหนักแห้งน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับขนาดตัว ที่พบว่าหนอนแมลงวันผลไม้ *Z. cucurbitae* มีขนาดตัวใหญ่ที่สุด (F = 68.481, P = 0.000) ในส่วนของโปรตีนพบว่า หนอนแมลงวันผลไม้ *B. correcta* มีปริมาณโปรตีนเฉลี่ย (48.61 ± 2.99%) สูงกว่า *B. dorsalis* (43.09 ± 2.20%) และ *Z. cucurbitae* (40.60 ± 2.65%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F = 14.507, P = 0.000) ในขณะที่ปริมาณไขมันเฉลี่ยในหนอนแมลงวันผลไม้ *B. correcta* (6.74 ± 2.73%) และ *B. dorsalis* (8.95 ± 5.16%) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่สูงกว่าในหนอนแมลงวันผลไม้ *Z. cucurbitae* (1.56 ± 0.72%) (F = 7.462, P = 0.006) และพบว่า ปริมาณน้ำตาลเฉลี่ยที่พบในหนอนแมลงวันผลไม้ทั้งสามชนิด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F = 1.028, P = 0.382)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณสารอาหารเฉลี่ยแต่ละประเภทในหนอนแมลงวันผลไม้ที่เลี้ยงในพืชอาศัยที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 1) พบว่า หนอนแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ที่เลี้ยงในกล้วย มีขนาดตัวใหญ่กว่าหนอนที่เลี้ยงด้วยฝรั่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารก็พบว่า เมื่อเลี้ยงหนอนแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในกล้วยจะมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้ง ปริมาณโปรตีน สูงกว่าอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบว่ามีค่าเฉลี่ยปริมาณไขมัน และน้ำตาลสูงกว่าเมื่อเลี้ยงในฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วนของหนอนแมลงวันผลไม้ *B. correcta* พบว่าเมื่อเลี้ยงหนอนแมลงวันผลไม้ *B. correcta* ในกล้วยจะมีค่าเฉลี่ยความชื้นต่ำ ให้ขนาดตัวใหญ่กว่า น้ำหนักแห้งสูงกว่า และมีค่าเฉลี่ยปริมาณสารอาหารทุกประเภทสูงกว่าเมื่อเลี้ยงในฝรั่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และหนอนแมลงวันผลไม้ *Z. cucurbitae* เมื่อเลี้ยงในฟักทองจะมีขนาดตัว ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้ง และปริมาณสารอาหารทุกประเภทสูงกว่าที่เลี้ยงในแตงร้านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นค่าเฉลี่ยปริมาณไขมันที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าแต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งผลการวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารในหนอนแมลงวันผลไม้ทั้ง 3 ชนิดในงานวิจัยนี้สอดคล้องกับ Gou et al. (2020) นั่นคือ ปริมาณสารอาหารในพืชอาศัยจะส่งผลต่อปริมาณสารอาหารที่สะสมในหนอนแมลงวันผลไม้

ตารางที่ 1 ปริมาณสารอาหารโดยประมาณ (proximate composition) ของหนอนแมลงวันผลไม้ 3 ชนิดที่เลี้ยงในพืชอาศัยต่างชนิดกัน

	B. dorsalis		*B. correcta*		*Z. cucurbitae*	
	กล้วย	ฝรั่ง	กล้วย	ฝรั่ง	แตงร้าน	ฟักทอง
จำนวนตัว/หนอน 1 กรัม	120.33±0.47[a]	140.33±0.47[b]	125.33±0.41[a]	128.67±0.47[b]	90.67±0.94[a]	78.00±0.81[b]
ความชื้น (%)	74.94±1.21[a]	76.78±1.00[a]	77.19±1.33[a]	81.50±2.21[b]	76.41±0.77[a]	71.83±1.72[b]
น้ำหนักแห้ง (%)	25.06±1.21[a]	23.22±1.00[a]	22.81±1.33[a]	18.50±2.21[b]	23.59±0.77[a]	28.17±1.72[b]
โปรตีน (%)	44.71±1.89[a]	41.48±0.86[a]	51.31±0.70[a]	45.92±0.28[b]	38.22±0.50[a]	42.99±0.54[b]
ไขมัน (%)	13.48±2.06[a]	4.41±0.87[b]	8.87±1.85[a]	4.61±1.27[b]	1.12±0.68[a]	2.00±0.52[a]
น้ำตาล (%)	2.14±0.03[a]	1.20±0.30[b]	1.90±0.32[a]	1.03±0.01[b]	0.94±0.05[a]	1.60±0.08[b]
พลังงาน (kcal/100 กรัม)	308.72	210.41	292.67	229.29	166.72	196.36
ต้นทุน/หนอน 1 กรัม (บาท)	2.03	2.59	1.73	2.56	3.81	3.07

*จำนวนหนอน และปริมาณสารอาหารโดยประมาณแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย±SD

**ค่าเฉลี่ยของปริมาณสารอาหารแต่ละประเภทในพืชอาศัยต่างชนิดกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P = 0.05)

พืชอาศัยที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ กล้วยน้ำว้า เป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าฝรั่ง ในทำนองเดียวกัน ฟักทองก็เป็นพืชผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าแตงร้าน ทั้งในด้านโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต (สำนักโภชนาการ กรมอนามัย, 2561) ดังนั้น จึงสังเกตเห็นได้ว่า หนอนแมลงวันผลไม้ทั้งชนิด *B. correcta* และ *B. dorsalis* ที่เลี้ยงในกล้วยมีขนาดใหญ่กว่า และมีค่าเฉลี่ยปริมาณสารอาหารทุกประเภทสูงกว่าหนอนแมลงวันผลไม้ที่เลี้ยงในฝรั่ง เช่นเดียวกับหนอนแมลงวันผลไม้ *Z. cucurbitae* ที่เลี้ยงในฟักทองมีขนาดใหญ่กว่า และมีค่าเฉลี่ยปริมาณสารอาหารทุกประเภทสูงกว่าหนอนแมลงวันผลไม้ที่เลี้ยงในแตงร้าน เนื่องจากองค์ประกอบทางสารอาหารในพืชอาศัยส่งผลโดยตรงต่อการเจริญและพัฒนาของตัวหนอนแมลงวันผลไม้นั่นเอง (Castilho et al., 2019; Hafsi et al., 2016) โดยพบว่า สารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงาน ส่วนโปรตีนเป็นแหล่งกรดอะมิโนที่จำเป็น ส่งผลต่อพฤติกรรมการกินอาหาร การเจริญเติบโต และพัฒนาของระยะหนอนของแมลง (Gou et al., 2020) โดย Hou et al. (2020) และ Panduranga et al. (2018) รายงานว่า หนอนแมลงวันผลไม้ชนิด *B. dorsalis* และ *Z. cucurbitae* ที่ได้กินอาหารที่มีโปรตีนสูง จะทำให้ระยะเวลาในการเจริญพัฒนาจากระยะไข่ถึงระยะตัวเต็มวัยสั้นลง และเมื่อพิจารณาจากสัดส่วนปริมาณสารอาหารในหนอนแมลงวันผลไม้ และคำนวณเป็นพลังงาน พบว่า หนอนแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ที่เลี้ยงด้วยกล้วยให้พลังงานสูงสุด และหนอนแมลงวันผลไม้ *Z. cucurbitae* ที่เลี้ยงด้วยแตงร้านให้พลังงานต่ำที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่ากล้วยเป็นพืชอาหารที่มีต้นทุนต่ำที่สุด ดังนั้นการเลือกพืชอาหารที่เหมาะสมในการเลี้ยงหนอนแมลงจะทำให้สามารถเลี้ยงเพิ่มปริมาณหนอนได้อย่าง คุ้มค่ารวดเร็ว และมีคุณค่าทางอาหารสูงที่สุด

จากรายงานการศึกษาคุณค่าทางอาหารในแมลง พบว่า แมลงเป็นสัตว์ที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูง โดยเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 40 - 75% (Tang et al., 2019) สอดคล้องกับผลการศึกษานี้ ซึ่งพบว่า หนอนแมลงวันผลไม้ทั้งสามชนิดที่เลี้ยงในพืชอาศัยชนิดต่าง ๆ มีปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูง (38.22 - 51.31%) ใกล้เคียงกับหนอนแมลงชนิดอื่น ๆ เช่น หนอนแมลงวันลาย (44.82 - 49%) หนอนแมลงวันบ้าน (54 - 61%) (Anankware et al., 2021; Tang et al., 2019) หนอนนก (48 - 57.8%) (Papastavropoulou et al., 2022; Tang et al., 2019) หนอนไหม (54.19 - 68.97%) (อุไรวรรณ และชนะ, 2550) และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับปริมาณโปรตีนที่พบในเนื้อสัตว์ประเภทต่าง ๆ ด้วยน้ำหนักที่เท่ากัน ก็พบว่า แมลง และเนื้อสัตว์มีคุณค่าทางอาหารด้านโปรตีนใกล้เคียงกัน สามารถใช้ทดแทนกันได้ (Orkusz, 2021) ในส่วนขององค์ประกอบด้านไขมัน พบว่า หนอนแมลงวันผลไม้ทั้งสองชนิดที่เลี้ยงในกล้วยและฝรั่ง มีปริมาณไขมันค่อนข้างต่ำ (4.4 - 13.48%) เมื่อเทียบกับหนอนแมลงชนิดอื่นที่พบปริมาณไขมันสูง เช่น หนอนไม้ไผ่ (60.3%) (Grabowski et al., 2021) โดยจากการศึกษาพบว่า

ไขมันที่พบในแมลงเป็นไขมันดี แบบไขมันไม่อิ่มตัวทั้งเชิงเดี่ยวและเชิงซ้อน (Raksakantong et al., 2010; Tang et al., 2019; Orkusz, 2021; Oonincx and Finke, 2021) โดยจากการศึกษาของ Pongsirisak and Kitthawee (2019) แสดงให้เห็นว่า หนอนของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* และ *Z. cucurbitae* มีไขมันไม่อิ่มเป็นองค์ประกอบถึง 49.78 - 53.95% ของปริมาณไขมันทั้งหมด และยังประกอบด้วยกรดไขมันชนิด โอเมกา-3 และ โอเมกา-6 ที่มีประโยชน์ทำให้ลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด และมีบทบาทช่วยในการทำงานและการพัฒนาของสมอง (Djuricic and Calder, 2021) นอกจากนี้ ยังพบว่าหนอนแมลงวันผลไม้ทั้งสองชนิดมีปริมาณน้ำตาลต่ำ สอดคล้องกับผลการศึกษาในงานวิจัยนี้ ดังนั้น เมื่อพิจารณาคุณค่าทางอาหารของหนอนแมลงวันผลไม้ทั้ง 3 ชนิดแล้ว การนำมาใช้ประโยชน์ด้านอาหารจึงมีความน่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง และเมื่อประเมินจากคุณค่าทางอาหารทุกประเภท และต้นทุนด้านพืชอาหารในการศึกษาครั้งนี้ หนอนแมลงวันผลไม้ *B. correcta* ที่เลี้ยงในกล้วยมีศักยภาพดีที่สุดในการนำไปใช้ประโยชน์ด้านการใช้เป็นอาหารทดแทน อย่างไรก็ตาม สำหรับหนอนแมลงวันผลไม้ยังไม่ปรากฏว่ามีการนำมาใช้เป็นอาหารสำหรับมนุษย์โดยตรงเหมือนแมลงที่กินได้อื่น ๆ เช่น หนอนไม้ไผ่ ดักแด้ไหม หรือตัวอ่อนด้วง แต่พบว่ามีการนำหนอนของแมลงวันผลไม้เมดิเตอร์เรเนียนมาทำเป็นโปรตีนผง โดยบริษัทผลิตอาหารในประเทศอิสราเอล สำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหาร และเครื่องสำอางสำหรับมนุษย์และสัตว์ (https://www.flyingspark.com/) ซึ่งส่วนใหญ่แล้ว หนอนแมลงที่มีขนาดเล็กมักถูกนำไปใช้เป็นโปรตีนทดแทนในอาหารสัตว์ เช่น การใช้หนอนแมลงวันผลไม้เป็นโปรตีนทดแทนถั่วเหลืองในอาหารเลี้ยงนกกระทา (Sayed et al., 2019) หรือ การใช้หนอนแมลงวันบ้านเป็นอาหารเสริมเพื่อเลี้ยงไก่เนื้อ (Hwangbo et al., 2009) สำหรับในประเทศไทย มีรายงานการใช้หนอนแมลงวันบ้าน และ หนอนแมลงวันลายเพื่อทดแทนโปรตีนในอาหารไก่ และ สุกร (จักรพัทธ และคณะ, 2563; วิโรจน์ และมาลิน, 2549) นอกจากนี้ กระทรวงสาธารณสุขของประเทศไทย ยังได้ส่งเสริมให้แมลงเป็นอาหารเสริมพื้นบ้านที่มีโปรตีนสูงสำหรับเด็กวัยก่อนเข้าโรงเรียนที่มีภาวะขาดสารอาหาร และองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ก็สนับสนุนให้แมลงเป็นอาหารโปรตีนสูงในอนาคตสำหรับมนุษย์และสัตว์เช่นกัน (van Huis et al., 2013) ทั้งนี้ เนื่องจากแมลงมีคุณค่าทางอาหารสูง และการเลี้ยงแมลงเพื่อให้ได้ปริมาณมาก ยังประหยัดเนื้อที่ ใช้เวลาสั้น และผลิตก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่าการทำปศุสัตว์ (Oonincx and de Boer, 2012; van Huis et al., 2013) ทั้งยังสามารถใช้การเสริมสารอาหารเพิ่มเติม เช่น วิตามิน หรือกรดไขมันจำเป็น ลงในอาหารเลี้ยงแมลง เพื่อทำให้คุณค่าทางอาหารของแมลงสูงขึ้นได้อีกด้วย (Finke, 2015)

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาปริมาณสารอาหารในหนอนแมลงวันผลไม้ 3 ชนิด ได้แก่ *B. correcta B. dorsalis* และ *Z. cucurbitae* พบว่ามีศักยภาพเพียงพอที่จะนำมาผลิตเป็นโปรตีนทดแทนในอาหารได้ โดยพืชอาหารมีอิทธิพลทำให้หนอนแมลงวันผลไม้มีปริมาณสารอาหารแตกต่างกัน และหนอนแมลงวันผลไม้ *B. correcta* ที่เลี้ยงในกล้วยมีศักยภาพดีที่สุดในการนำไปใช้ประโยชน์ด้านการใช้เป็นโปรตีนทดแทน เนื่องจากให้โปรตีนสูงที่สุดและใช้ต้นทุนด้านพืชอาหารต่ำที่สุด ซึ่งสามารถนำผลการศึกษาที่ได้ไปใช้ในการพัฒนาสูตรอาหารที่เหมาะสมในการเลี้ยงเพิ่มปริมาณหนอนให้ได้จำนวนมากในระยะเวลาสั้น สะอาดปลอดภัย และมีคุณค่าทางอาหารสูงต่อไป นอกจากนี้ การใช้ประโยชน์จากแมลงศัตรูพืชในด้านการนำมาเป็นแหล่งอาหาร เป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยควบคุมประชากรแมลงที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อพืชทางเศรษฐกิจ อีกทั้งยังสามารถนำผักผลไม้ที่เหลือจากการบริโภคมาใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงหนอนแมลงวันผลไม้ ซึ่งเป็นการการลดปริมาณขยะ และช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของประเทศไทยได้อีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาชีววิทยา และภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ และเครื่องมือในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2550. แมลงวันผลไม้และการควบคุม. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จักรพัทร มาลามณีรัตน บัวเรียม มณีวรรณ์ กฤดา ชูเกียรติศิริ และ จุฬากร ปานะถึก. 2563. การใช้ผงหนอนแมลงวันลายที่เลี้ยงด้วยกากเต้าหู้ใน

อาหารไก้เนื้อต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต องค์ประกอบซาก และคุณภาพเนื้อ. วารสารแก่นเกษตร. 48(5), 942-953.

วิโรจน์ วนาสิทธิชัยวัฒน์ และมาลิน เลสกุล. 2549. หนอนแมลงวัน แหล่งโปรตีนราคาถูกสาหรับเลี้ยงสุกร. สัตว์เศรษฐกิจ. 24(537), 66–68.

สำนักโภชนาการ กรมอนามัย 2561. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. กรุงเทพฯ: สำนักงานกิจการโรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.

อุไรวรรณ นิลเพ็ชร และ ชนะ สร้อยศรี. 2550. การศึกษาปริมาณโปรตีนและไขมันของหนอนไหมวัย 5. วิทยาสารกำแพงแสน. 5(1), 16-19.

Allwood, A.J., A. Chinajariyawong, S. Kritsaneepaiboon, R.A.I. Drew, E.L. Hamacek, D.L. Hancock, C. Hengsawad, J.C. Jipanin, M. Jirasurat, and C.K. Krong. 1999. Host plant records for fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Southeast Asia. Raffles Bulletin of Zoology. 47(Supplement 7), 1–92.

Anankware, J.P., B.J. Roberts, X. Cheseto, I. Osuga, V. Savolainen, and C.M. Collins. 2021. The Nutritional Profiles of Five Important Edible Insect Species From West Africa—An Analytical and Literature Synthesis. Frontiers in Nutrition. 8(792941), 1-19.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis: Association of Official Analytical Chemists. 15th Edition. Arlington: AOAC.

Castilho, A.P., J. Pasinato, J.E.V. dos Santos, A. Costa, D.E. Nava, C.R. de Jesus, and R. Adaime. 2020. Biology of *Bactrocera carambolae* (Diptera: Tephritidae) on four hosts. Revista Brasileira de Entomologia. 63(4), 302–307.

Clarke, A.R., A. Allwood, A. Chinajariyawong, R.A.I. Drew, C. Hengsawad, M. Jirasurat, C.K. Krong, S. Kritsaneepaiboon, and S. Vijaysegaran. 2001. Seasonal abundance and host use patterns of seven *Bactrocera* Macquart species (Diptera: Tephritidae) in Thailand and Peninsular Malaysia. Raffles Bulletin of Zoology. 49(2), 207–220.

Djuricic, I., and P.C. Calder. 2021. Beneficial outcomes of omega-6 and omega-3 polyunsaturated fatty acids on human health: An update for 2021. Nutrients. 13(7), 2421.

Finke, M. D. 2015. Complete nutrient content of four species of commercially available feeder insects fed enhanced diets during growth. Zoo Biology, 34(6): 554–564.

Gou, Y., P. Quandahor, Y. Zhang, J.A. Coulter, and C. Liu. 2020. Host plant nutrient contents influence nutrient contents in *Bradysia cellarum* and *Bradysia impatiens*. Plos One. 15(4), e0226471.

Grabowski, N.T., T. Chhay, S. Keo, R. Lertpatarakomol, J. Kajaysri, K. Kang, P. Miech, M. Plötz, and J. Mitchaothai. 2021. Proximate Composition of Thai and Cambodian Ready-to-Eat Insects. Journal of Food Quality. 2021(9731464), 1-6.

Hafsi, A., B. Facon, V. Ravigné, F. Chiroleu, S. Quilici, B. Chermiti, and P. Duyck. 2016. Host plant range of a fruit fly community (Diptera: Tephritidae): does fruit composition influence larval performance? BMC ecology. 16(1), 1–12.

Hwangbo, J., E.C. Hong, A. Jang, H.K. Kang, J.S. Oh, B.W. Kim, and B.S. Park. 2009. Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. Journal of Environmental Biology. 30(4), 609–614.

Jaleel, W., L. Lu, and Y. He. 2018. Biology, taxonomy, and IPM strategies of Bactrocera tau Walker and complex species (Diptera; Tephritidae) in Asia: a comprehensive review. Environmental Science and Pollution Research. 25(20), 19346–19361.

Jaleel, W., R. Saeed, M.Z. Shabbir, R. Azad, S. Ali, M.U. Sial, D.M. Aljedani, H.A. Ghramh, K.A. Khan, and D. Wang. 2021. Olfactory

response of two different Bactrocera fruit flies (Diptera: Tephritidae) on banana, guava, and mango fruits. Journal of King Saud University-Science. 33(5), 101455.

Jayanthi, P.K., and A. Verghese. 2002. A simple and cost-effective mass rearing technique for the tephritid fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel). Current Science. 82(3), 266–268.

Kaleka, A.S., N. Kaur and G.K. Bali. 2019. Larval development and molting. In: Mikkola, H. (Ed). Edible Insects. London: IntechOpen.

Oonincx, D. G. A. B., and I. J. M. de Boer. 2012. Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans - a life cycle assessment. PLoS ONE, 7(12): e51145.

Oonincx, D. G. A. B., and M.D. Finke. 2021. Nutritional value of insects and ways to manipulate their composition. Journal of Insects as Food and Feed. 7(5), 639–659.

Orankanok, W., S. Chinvinijkul, S. Thanaphum, P. Sitilob, and W.R. Enkerlin. 2007. Area-wide integrated control of oriental fruit fly *Bactrocera dorsalis* and guava fruit fly *Bactrocera correcta* in Thailand. *In*: Vreysen, M.J.B., A. S. Robinson and J. Hendrichs (Eds). Area-Wide Control of Insect Pests. Dordrecht, The Netherlands.: Springer.

Orkusz, A. 2021. Edible insects versus meat-nutritional comparison: Knowledge of their composition is the key to good health. Nutrients. 13(4), 1207.

Papastavropoulou, K., A. Koupa, E. Kritikou, M. Kostakis, and C. Proestos. 2021. Edible Insects: Benefits and Potential Risk for Consumers and the Food Industry. Biointerface Research in Applied Chemistry. 12(4), 5131-5149.

Pongsirisak, S. and S. Kitthawee 2019. Amino acid and fatty acid compositions of some fruit fly species in Thailand. *In*: the 11th Proceedings of Science Research Conference 23-34 May 2019. Srinakharinwirot University. Bangkok, Thailand.

Raksakantong, P., N. Meeso, J. Kubola, and S. Siriamornpun. 2010. Fatty acids and proximate composition of eight Thai edible terricolous insects. Food Research International. 43(1), 350–355.

Ramos-Elorduy, J. 2009. Anthropo-entomophagy: Cultures, evolution and sustainability. Entomological Research. 39(5), 271–288.

Sayed, W.A., N.S. Ibrahim, M.H. Hatab, F. Zhu, and B.A. Rumpold. 2019. Comparative study of the use of insect meal from *Spodoptera littoralis* and *Bactrocera zonata* for feeding Japanese quail chicks. Animals. 9(4), 136.

Scriber, J.M., and F. Slansky Jr. 1981. The nutritional ecology of immature insects. Annual Review of Entomology. 26(1), 183–211.

Tang, C., D. Yang, H. Liao, H. Sun, C. Liu, L. Wei, and F. Li. 2019. Edible insects as a food source: a review. Food Production, Processing and Nutrition. 1(1), 1–13.

Van Huis, A., J. Van Itterbeeck, H. Klunder, E. Mertens, A. Halloran, G. Muir, and P. Vantomme. 2013. Edible insects: future prospects for food and feed security. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Vane-Wright, R.I. 1991. Why not eat insects? Bulletin of Entomological Research. 81(1), 1–4.

White, I.M., and M.M. Elson-Harris. 1992. Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics. Wallingford: CABI International.