วารสารแก่นเกษตร THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj

ผลของการเสริมอาหารเกสรเทียมต่อการผลิตผึ้งพันธุ์และโภชนาการของตัวอ่อนผึ้งพันธุ์ (*Apis mellifera* L.)

Effects of artificial pollen diet supplementation on the production and nutrition of honey bee (*Apis mellifera* L.) larvae

ขรรค์ชัย ดั้นเมฆ[1]*, โชค โสรัจกุล[1], ศุภคม คล้ายโตนด[2], ชัยณรงค์ วงศ์สรรศรี[3], พิเชษฐ์ ประภาวิลัย[4], กนกวรรณ ไกลถิ่น[2] และ บาจรีย์ ฉัตรทอง[2]

Khanchai Danmek[1]*, Supakhom Klaitanoad[2], Chainarong Wongsansree[3], Pichet Praphawilai[4], Kanokwan Klaithin[2] and Bajaree Chuttong[2]

[1] *คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา 19 ต. แม่กา อ. เมือง จ. พะเยา 56000*
[1] *School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, 19, Maeka, Muang, Phayao, 56000*
[2] *คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 239 ต. สุเทพ อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50200*
[2] *Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, 239, Suthep, Muang, Chiangmai, 50200*
[3] *ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เชียงราย ต.บ้านดู่ อ.เมือง จ.เชียงราย 57100*
[3] *Chaing Rai Animal Nutrition Research and Development Center, Ban Du, Mueang, Chaiang Rai, 57000*
[4] *สำนักงานบริหารงานวิจัยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 239 ต. สุเทพ อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50200*
[4] *Office of Research and Administration, Chinag Mai University, Chiang Mai University, 239, Suthep, Muang, Chiangmai, 50200*

บทคัดย่อ: การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการให้อาหารเกสรเทียมต่อประสิทธิภาพการผลิตตัวอ่อนผึ้งพันธุ์ (*Apis mellifera* L.) เพื่อใช้บริโภคเป็นอาหารโปรตีนทางเลือก อาหารเกสรเทียมมีส่วนประกอบของวัตถุดิบโปรตีนหลัก 4 ชนิด ได้แก่ หางนมยีสต์ แป้งถั่วเหลือง และ ไข่ เพื่อผสมกับน้ำตาล 30.0% แร่ธาตุ และ วิตามินเพื่อให้มีค่าโภชนาการของโปรตีน 16.0% อาหารดังกล่าวนี้ (T2) ใช้เสริมเลี้ยงให้แก่ผึ้งพันธุ์อย่างต่อเนื่องในรังผึ้งมาตรฐานขนาด 8 คอน ที่มีจำนวนผึ้งพันธุ์ตัวเต็มวัยเฉลี่ย 4,000 ตัว เป็นระยะเวลา 30 วัน เปรียบเทียบกับรังผึ้งพันธุ์ควบคุมที่ไม่ได้รับอาหารเสริม (T1) และ รังผึ้งพันธุ์ที่ได้รับอาหารเชิงทางการค้า (T3) ผลการทดลองพบว่าผึ้งพันธุ์ที่ได้รับอาหารเกสรเทียม (T2) มีค่าเฉลี่ยของจำนวนประชากรผึ้งงานเพิ่มขึ้น 7.89±1.52% ในขณะที่ชุดควบคุมที่ไม่ได้ให้อาหารเสริม (T1) และ ผึ้งพันธุ์ที่ได้รับอาหารเสริมสูตรทางการค้า (T3) มีค่าเฉลี่ยของประชากรผึ้งงานลดลงเป็น 15.77±3.89 และ 22.45±6.41% ตามลำดับ การวิเคราะห์โภชนาการตัวอ่อนผึ้งพันธุ์พบว่ามีสัดส่วนที่บริโภคได้มากกว่า 90% โปรตีนเฉลี่ย 40% โดยมีกรดอะมิโนจำเป็นชนิดทรีโอนีน (1.27±0.01%) วารีน (1.67±0.01%) ฟีนิลอะลานีน (1.05±0.01%) และ Arginine (0.31±0.01%) ค่อนข้างสูง ในขณะที่กรดแอสปาร์ติก (0.58±0.01%) ไอโซลูซีน (0.85±0.01%) และ อาร์จินีน (0.31±0.01%) ค่อนข้างต่ำ นอกจากนี้ตัวอ่อนผึ้งมีไขมันค่อนข้างสูงเฉลี่ย 29.83% ดังนั้นการเลี้ยงผึ้งโดยการให้อาหารเสริมที่เหมาะสมจึงสามารถนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเลี้ยงตัวอ่อนผึ้งได้ โดยเฉพาะในพื้นที่หรือฤดูกาลที่ขาดแคลนอาหารผึ้งได้

คำสำคัญ: ผึ้งพันธุ์; ตัวอ่อนผึ้ง; การเลี้ยงผึ้ง; อาหารเสริมเกสรเทียม; โภชนาการ

ABSTRACT: The purpose of this experiment was to study the effect of artificial pollen diet supplementation on bee larvae production efficiency as alternative protein food. The dietary supplement contains 4 main protein ingredients including skim milk, yeast cell, soy flour, egg and then together mixed with 30.0% sugar, minerals, and vitamins to provide the nutrition value of 16.0% protein. This diet (T2) was supplemented continuously for

* Corresponding author: Khanchai.da@up.ac.th

Received: date; January 16, 2024 Revised: date; April 17, 2024

Accepted: date; April 29, 2024 Published: date;

honeybees in a standard 8-frame hive with an average number of 4,000 bees for 30 days compared with the control that did not receive supplementation (T1) and commercial diet (T3). The results of the experiment found that the bee was fed with an artificial pollen diet (T2) had an average of 7.89±1.52% increase in the worker bee population while the control group (T1) and the commercial diet supplement (T3) had the mean worker bee population decreased to 15.77±3.89 and 22.45±6.41%, respectively. Nutritional analysis of honey bee larvae revealed that the proportion consumed was more than 90%, with an average protein content of 40%. Essential amino acids such as Threonine (1.27±0.01%), Valine (1.67±0.01%), Phenylalanine (1.05±0.01%) and Arginine (0.31±0.01%) were relatively high, while Aspartic acid (0.58±0.01%), Isoleucine (0.85±0.01%) and Arginine (0.31±0.01%) were relatively low. In addition, bee larvae have a relatively high fat content, averaging 29.83%. Therefore, beekeeping by providing appropriate nutritional supplements can be used to increase the efficiency of raising bee larvae, especially in areas or seasons where there is a shortage of honey bee feed.
Keywords: *Apis melifera*, bee larvae, beekeeping, artificial pollen diet, bee nutrition

บทนำ

ผึ้งพันธุ์ (*Apis mellifera*) เป็นผึ้งที่นำเข้ามาจากทวีปยุโรป นิยมนำมาเพาะเลี้ยงเป็นแมลงเศรษฐกิจ เนื่องจากให้ผลผลิตตอบแทนในปริมาณสูง ได้แก่ น้ำผึ้ง นมผึ้ง เกสรผึ้ง และไขผึ้ง สามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงผึ้งได้ นอกจากนี้ผึ้งยังเป็นแมลงที่ช่วยผสมเกสรให้กับพืชดอกชนิดต่าง ๆ ได้อีกด้วย ปัจจุบันมีการเลี้ยงผึ้งพันธุ์มากกว่า 135 ประเทศทั่วโลก ในประเทศไทยพบมีการเลี้ยงผึ้งพันธุ์กระจายใน 50 จังหวัดทั่วประเทศ โดยมีการเลี้ยงมากสุดในภาคเหนือ รองลงมาคือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ (สำนักงานปศุสัตว์เขต 5, 2560) นอกจากนี้ยังมีผลิตภัณฑ์จากผึ้งที่คนส่วนใหญ่มักไม่ค่อยกล่าวถึงกันมากนัก คือ ตัวอ่อนผึ้ง ซึ่งมีรายงานการนำตัวอ่อนของผึ้งพันธุ์ไปใช้ในการสกัดผงโปรตีน ได้ถึง 55.2 กรัม/ น้ำหนักแห้ง 100 กรัม มีกรดอะมิโนจำเป็น และ ไม่จำเป็นอย่างสมดุล และมีคุณสมบัติเทียบเท่ากับเวย์โปรตีน (Melgar-Lalanne et al., 2019) ในประเทศไทยมีรายงานการบริโภคตัวอ่อนผึ้งโดยเฉพาะผึ้งหลวง (*Apis dorsata*) ควบคู่ไปกับการเก็บน้ำผึ้งมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ซึ่งตัวอ่อนผึ้งมีวิธีการนำไปปรุงเป็นอาหารหลากหลายแบบ เช่น การนำตัวอ่อนผึ้งที่อยู่ในรวงไปห่อใบตองแล้วนำไปย่างไฟให้สุก หรือการนำตัวอ่อนผึ้งไปเป็นส่วนประกอบในการทำไข่เจียว เป็นต้น (ปิยมาศ, 2551) อย่างไรก็ตามตัวอ่อนผึ้งอีกชนิดหนึ่งที่ผู้บริโภคให้ความสนใจ คือ ผึ้งพันธุ์ (*A. mellifera*) เนื่องจากตัวอ่อนผึ้งพันธุ์มีคุณค่าทางโภชนาการสูง องค์ประกอบของตัวอ่อนผึ้งพันธุ์แต่ละระยะ ได้แก่ ตัวหนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัยที่ฟักออกจากดักแด้แตกต่างกันไป ตัวอ่อนผึ้งพันธุ์มีองค์ประกอบของโปรตีนมากที่สุด 50.4% รองลงมา คือ คาร์โบไฮเดรต 22.1% และ ไขมัน 20.5% (Rumpold and Schluter, 2013) นอกจากนี้โปรตีนที่พบในตัวอ่อนผึ้งพันธุ์มีสัดส่วนของกรดอะมิโนที่จำเป็นและไม่จำเป็นเกือบทุกชนิด ยกเว้นไลซีนและทริปโตแฟนที่พบในปริมาณต่ำ แต่มีจุดเด่น คือ กรดกลูตามิกมีค่าใกล้เคียงกับโปรตีนจากไข่ไก่ และเนื้อไก่ ซึ่งมีค่าเข้าเกณฑ์มาตรฐานโปรตีนจากเนื้อสัตว์ (Chen et al., 1998; Jensen et al., 2016)

อย่างไรก็ตามการผลิตตัวอ่อนผึ้งพันธุ์ให้ได้เชิงปริมาณขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยโดยเฉพาะแหล่งอาหารที่ผึ้งต้องการเพื่อใช้ในการดำรงชีวิตและเลี้ยงดูตัวอ่อน ได้แก่ เกสรดอกไม้ น้ำต้อย รวมถึงแหล่งน้ำสะอาด ซึ่งเกสรดอกไม้มีส่วนประกอบของโปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็นซึ่งส่งผลต่อการพัฒนาของต่อม Hypopharyngeal gland (HPG) (Mohamed et al., 2023) เป็นโครงสร้างที่จับคู่กันอยู่บริเวณด้านหน้าของส่วนหัวทั้งสองข้างระหว่างตาประกอบ แต่ละต่อมประกอบด้วยเซลล์หลายพันหน่วยที่เชื่อมต่อกัน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างนางพญา ตัวผู้ และผึ้งงาน ต่อมนี้พัฒนามากที่สุดในผึ้งงาน ซึ่งเป็นผึ้งงานที่มีอายุประมาณ 6-12 วัน (ผึ้งพยาบาล) และจะเสื่อมลงเรื่อย ๆ เมื่อผ่านไป 15 วัน ในผึ้งพยาบาลใช้ต่อมนี้เป็นหลัก ในผึ้งงานที่ใช้ในการผลิตนมผึ้ง (royal jelly) สำหรับใช้เป็นอาหารเลี้ยงดูตัวอ่อนผึ้งและผึ้งนางพญา ต่อม HPG นี้มีความสำคัญอย่างยิ่งในการหลั่งโปรตีนของนมผึ้ง ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการแบ่งวรรณะและการเจริญเติบของตัวอ่อน โดยต่อม HPG และขนาด Acini ของผึ้งจะมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาตามอายุของผึ้งและโภชนาการที่ผึ้งได้รับ (Mohamed et al., 2023) ดังนั้นผึ้งพันธุ์ที่ได้รับอาหารเหมาะสมจะทำให้ผึ้งนางพญาสามารถวางไข่ได้ดี นอกจากนี้ในกรณีของผึ้งงานก็จะมีการพัฒนาของต่อม HPG และขนาดของ Acini สมบูรณ์กว่าผึ้งที่เลี้ยงในสภาวะที่ขาดแคลนอาหาร ส่งผลให้สามารถผลิตนมผึ้งเพื่อเลี้ยงดูผึ้งตัวอ่อนได้อย่างมีคุณภาพ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2557; Dietemann et al., 2013; Jang et al., 2022)

ปัจจุบันการแสวงหาแหล่งของเกสรดอกไม้ที่มีคุณภาพเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารของผึ้งพันธุ์อาจมีข้อจำกัดหลายประการ โดยสาเหตุหลักๆ เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงการสภาพภูมิอากาศและสภาพพื้นที่ เช่น ฝนตกอย่างยาวนานทำให้ผึ้งไม่สามารถออกจากรังไปหาอาหารได้ หรือ การขาดพืชที่เป็นแหล่งอาหารของผึ้ง (Mattila and Otis, 2006a; Otto et al., 2016) รังผึ้งที่มีนางพญาจะอุดมไปด้วยเกสรและน้ำต้อย ในทางกลับกันรังที่ไม่มีนางพญาจะพบว่ารังผึ้งจะมีเกสรและน้ำต้อยที่เก็บมาน้อยลง กิจกรรมการออกหาอาหารที่สูงขึ้นจะถูกกระตุ้นมาจากความต้องการเกสร เพื่อนำมาเลี้ยงตัวอ่อนในรัง การออกหาอาหารของตัวงานขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น สภาพแวดล้อมและอุณหภูมิ ถ้าหากอุณหภูมิต่ำกว่า 10 °C หรือสูงกว่า 43 °C ผึ้งงานจะออกหาอาหารได้ไม่เต็มที่ (Aqueel et al., 2023) รวมไปถึงการเพิ่มขึ้นของการปลูกพืชเศรษฐกิจเชิงเดี่ยวในบริเวณกว้าง เช่น ข้าวโพด และ ถั่วเหลือง ทำให้ผึ้งขาดเกสรดอกไม้อื่น ๆ ที่จะใช้ผสมให้มีค่าโภชนาการตรงกับความต้องการ เนื่องจากพื้นที่ปลูกพืชเหล่านี้กว้างใหญ่เกินขอบเขตระยะการบินหาอาหารของผึ้ง อีกทั้งพืชบางชนิดไม่ใช่แหล่งเกสรดอกไม้ที่มีคุณภาพ (Dolezal et al., 2016; Smart et al., 2019; Topitzhofer et al., 2019) ดังนั้นเพื่อให้การผลิตผึ้งพันธุ์ได้อย่างต่อเนื่อง มีประสิทธิภาพ และได้ผลผลิตที่เหมาะสม รวมไปถึงคุ้มค่าแก่การลงทุนจะต้องมีการเตรียมพื้นที่เลี้ยงผึ้งให้มีเกสรดอกไม้จากพืชให้เพียงพอสำหรับให้ผึ้งพันธุ์ใช้ดำรงชีพ และ สามารถผลิตประชากรผึ้งพันธุ์ได้ (Mattila and Otis, 2006; Nicholson, 2001; Steinhauer et al., 2014)

อย่างไรก็ตามเกษตรกรผู้เลี้ยงผึ้งพันธุ์ในประเทศไทยอาจจะไม่สามารถหาแหล่งอาหารที่เหมาะสม และเพียงพอต่อการผลิตผึ้งพันธุ์ได้ ผู้เลี้ยงผึ้งจึงต้องมีการใช้แหล่งอาหารทดแทนเกสรดอกไม้จากธรรมชาติ หรือ “อาหารเกสรเทียม” ซึ่งผู้เลี้ยงผึ้งพันธุ์สามารถหาซื้ออาหารเกสรเทียมได้ในท้องตลาด เช่น ผลิตภัณฑ์จากในประเทศและต่างประเทศยี่ห้อต่าง ๆ โดยมีช่วงราคาตั้งแต่ 150–1,000 บาทต่อกิโลกรัม เป็นต้น อาหารเกสรเทียมเหล่านี้ส่วนมากมีลักษณะเป็นผงละเอียด เกษตรกรต้องนำอาหารไปผสมกับน้ำเชื่อม หรือผสมน้ำก่อนนำไปเลี้ยงผึ้งพันธุ์ ในขณะที่เกษตรกรบางรายที่มีการผลิตอาหารเกสรเทียมด้วยตัวเองยังขาดข้อมูลการศึกษาอีกมากในด้านทดสอบค่าโภชนาการและการย่อยได้ของอาหารต่อการผลิตผึ้งพันธุ์ สุขภาพ และ ประชากรผึ้งทำให้อาหารที่เกษตรกรผลิตใช้เองจึงยังไม่สามารถทดแทนเกสรดอกไม้ในธรรมชาติได้อย่างสมบูรณ์ (Manning, 2018; Wright et al., 2018) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรอาหารเกสรเทียมสำหรับผึ้งพันธุ์ ให้มีค่าโภชนาการที่เหมาะสม การประเมินคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร การนำไปใช้ทดสอบในการผลิตผึ้งพันธุ์ และ การประเมินคุณค่าทางโภชนาการของตัวอ่อนผึ้งพันธุ์ในการเป็นอาหารโปรตีน

วิธีการศึกษา

การเตรียมสูตรอาหารเกสรเทียม

สูตรอาหารเกสรเทียมควรมีสัดส่วนของโปรตีนเฉลี่ย 15-20% (Pernal and Currie, 2000; Hoover et al., 2006; Dastouri and Maheri-Sis, 2007) น้ำตาลเฉลี่ย 30% (Danmek et al., 2022; Abou-Shaara, 2017; Frizzera et al., 2020) และ ไขมันไม่ต่ำกว่า 3.0% โดยงานวิจัยนี้ได้พัฒนาสูตรอาหารโปรตีน 16.0% (16% P) **(Table1)** เพื่อนำไปทดสอบประสิทธิภาพในผึ้งพันธุ์เปรียบเทียบค่าโภชนาการกับอาหารทางการค้ายี่ห้อหนึ่ง (control)

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาหารที่พัฒนาขึ้น

การตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ และคุณค่าทางโภชนาการของอาหารเกสรเทียมตามวิธีมาตรฐานต่าง ๆ ดังนี้ คือ การวิเคราะห์ Proximate analysis ได้แก่ ค่าวัตถุแห้ง (Dry matter; DM) โปรตีน (Crude protein; CP) ไขมัน (Crude fat; EE) เยื่อใย (Crude fiber; CF) เถ้า (Ash) และ คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย (Nitrogen free extract; NFE) (AOAC, 2019) การศึกษาชนิดกรดอะมิโน วิเคราะห์กรดอะมิโนทั้งที่จำเป็นและไม่จำเป็นแต่ละชนิด โดยใช้เทคนิค High performance liquid chromatography ตามวิธีของชัยวัฒน์และคณะ (2562) และ วิเคราะห์พลังงานตามวิธีของ Sullivan and Carpenter (1993)

การทดสอบประสิทธิภาพของอาหารต่อการให้ผลผลิตผึ้งพันธุ์

การทดลองในช่วงเดือนสิงหาคม-กันยายน พ.ศ. 2566 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของอาหารต่อการผลิตผึ้งพันธุ์ และโภชนาการของตัวอ่อนผึ้งพันธุ์ตามวิธีของ Burgett and Burikam (1985) และ Delaplane et al. (2013) รังผึ้งพันธุ์ขนาดมาตรฐาน (8 คอน จำนวนผึ้งงานตัวเต็มวัยเฉลี่ย 2,000 ตัวต่อคอน) ที่นำมาทดสอบจะทำการคัดเลือกโดยการตรวจสอบรังที่มีสุขภาพดีได้รับการดูแล

ตามแนวทางการเลี้ยงผึ้งตามมาตรฐาน คือ รังผึ้งที่มีการวางไข่ของนางพญาสม่ำเสมอ (หนอนตัวอ่อนผึ้ง) ดักแด้ และอาหาร (เกสรและน้ำผึ้ง) เหมาะสมภายในรัง และ สิ่งที่สำคัญคือต้องไม่มีไรผึ้ง จากนั้นจึงนำรังผึ้งพันธุ์ที่คัดเลือกได้ไปศึกษาผลของอาหารเกสรเทียมต่อการผลิตผึ้งพันธุ์และโภชนาการของตัวอ่อนผึ้งพันธุ์ ซึ่งมีการวางแผนการทดสอบแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) ดังนี้ คือ ทรีตเมนต์ที่ 1 คือ การไม่ให้อาหารเสริม (T1) ทรีตเมนต์ที่ 2 คือ การเสริมอาหารเกสรเทียมที่ผลิตขึ้น (T2) และ ทรีตเมนต์ที่ 3 คือ การเสริมอาหารเชิงพาณิชย์ (T3) เพื่อเปรียบเทียบผลการทดลองที่เกิดขึ้นในระหว่างที่ได้รับอาหารเสริมในปริมาณ 50 กรัม/รัง/สัปดาห์ จำนวน 3 รังต่อทรีตเมนต์ เป็นระยะเวลา 30 วันตามลำดับ

การศึกษาสุขภาพของผึ้งพันธุ์จากการวัดขนาดต่อม Hypopharyngeal gland (HPG) ของผึ้งงานได้ดำเนินการตามวิธีการดัดแปลงของ Corby-Harris and Snyder (2018) โดยสุ่มผึ้งงานตัวเต็มวัยที่เกิดใหม่ภายในรังจำนวน 50 ตัวต่อรัง (วันที่ 0) ในแต่ละทรีตเมนต์เพื่อนำมาแต้มสีให้แตกต่างกัน จากนั้นจึงเลี้ยงผึ้งด้วยอาหารสูตรที่พัฒนาขึ้นไปจนถึงวันที่ 6 แล้วเลือกผึ้งงานที่ถูกแต้มสีของแต่ละทรีตเมนต์จำนวน 10 ตัว (วันที่ 6) มาผ่าเพื่อวัดขนาดต่อม Aceni ของ HPG ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (HINOTEK SZ-845-T ประเทศจีน) และ ถ่ายภาพผ่านกล้องจุลทรรศน์ดิจิทัลแบบ 3 มิติ (Hirox HRX-01 / RX-100 ประเทศอเมริกา)

การประเมินโภชนาการของตัวอ่อนผึ้งพันธุ์

การสุ่มตัวอย่างคอนผึ้งพันธุ์ที่มีตัวอ่อนผึ้งงานและผึ้งตัวผู้ในวันที่ 5-6 วัน (ช่วง 0-130 ชั่วโมง) และ 6-7 วัน (ช่วง 0-160 ชั่วโมง) หลังปิดฝาหลอดรวง (เซลล์) ตามลำดับ เนื่องจากในช่วงวันที่ตัวอ่อนผึ้งเจริญเต็มที่แต่ยังไม่เข้าสู่การเป็นตัวเต็มวัยซึ่งจะมีผนังลำตัวแข็งขึ้นจากโครงสร้างผนังลำตัวชั้นนอกที่มีส่วนประกอบของไคติน (Jensen et al., 2019) จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพคุณค่าทางโภชนาการ (nutritional composition) กรดอะมิโน และ กรดไขมัน (Ghosh et al., 2016; Ghosh et al., 2020)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การทดลองใช้แผนการทดลงแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) เปรียบเทียบผลของอาหารต่อการเจริญและโภชนาการของตัวอ่อนผึ้งพันธุ์โดยนำค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบมาวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ Analysis of variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มโดยวิธี Duncan's multiple range test กำหนดค่าความเชื่อมั่นทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($p\text{-value} < 0.05$) โดยโปรแกรมสถิติสำเร็จรูป SPSS ver.23

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การผลิตผึ้งพันธุ์ในปัจจุบันจำเป็นต้องมีแหล่งอาหารซึ่งเป็นพืชที่ผลิตเกสรดอกไม้สำหรับใช้เป็นอาหารสำหรับผึ้งอย่างเพียงพอ แต่ในสภาพความเป็นจริงเกษตรกรผู้เลี้ยงผึ้งในประเทศไทยไม่สามารถหาแหล่งอาหารที่เหมะสมและเพียงพอต่อการผลิตผึ้งพันธุ์ได้ ผู้เลี้ยงผึ้งพันธุ์จึงต้องมีการจัดการรังผึ้งด้วยการใช้แหล่งอาหารทดแทนเกสรดอกไม้จากธรรมชาติเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการต่าง ๆ ที่เหมาะสม ประกอบไปด้วย โปรตีน ไขมัน วิตามิน แร่ธาตุ และ อื่น ๆ Mortensen et al. (2019) แหล่งอาหารนี้สามารถเรียกว่าเป็น "อาหารเกสรเทียม" เพื่อใช้ในช่วงเวลาที่ไม่มีเกสรจากธรรมชาติ หรือ อาจจะเป็นอาหารเสริมในช่วงเวลาที่อาหารในธรรมชาติมีน้อย หรือ มีเกสรในธรรมชาติแต่คุณภาพไม่ดี (Saffari et al., 2010) นักวิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาค่าโภชนาการที่เหมาะสมของอาหารเกสรจากธรรมชาติต่อการเจริญและให้ผลผลิตผึ้งพันธุ์ คือ โปรตีนเฉลี่ย 15-20% น้ำตาล 30% ไขมัน 3-5% วิตามิน และแร่ธาตุต่าง ๆ (Dastouri and Maheri-Sis, 2007; Al-Ghamdi et al., 2011; Zheng et al., 2014) โดยงานวิจัยนี้ได้พัฒนาสูตรอาหารเกสรเทียมที่พัฒนาขึ้นโดยมีต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 85 บาทต่อกิโลกรัม เปรียบเทียบกับอาหารเชิงพาณิชย์ ยี่ห้อหนึ่ง ดังแสดงใน **Table 1 และ Table 2** เมื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาหารเกสรเทียมที่พัฒนาขึ้นพบว่า อาหารเสรเทียมที่พัฒนาขึ้นมีค่าพลังงานสูง แต่โปรตีน และ ไขมันมีปริมาณที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารเชิงพาณิชย์ที่ส่วนมากเป็นการนำเกสรผึ้ง (bee pollen) มาผสมกับวัตถุดิบการเกษตรที่มีโปรตีนสูง เช่น ถั่วเหลือง ผงถั่วเหลือง ไข่ไก่ และ นมผง ตามสัดส่วนต่าง ๆ ซึ่งมีราคาเฉลี่ยตั้งแต่ 75-500 บาทต่อกิโลกรัม (พิชัย, 2544; สมศักดิ์ และคณะ, 2564) การวิเคราะห์กรดอะมิโนของอาหารเกสรเทียม พบว่ามีกรดอะมิโนที่จำเป็น และ กรดอะมิโนที่ไม่จำครบทุกชนิดมีสัดส่วนของกรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ ใกล้เคียงกันกับอาหารเชิงพาณิชย์ โดยมีสัดส่วนของกรดอะมิโนชนิดกลูตามิกสูงที่สุด รองลงมาคือ กรดแอสปาติก ลิวซีน ไลซีน และไอโซลิวซีนซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็น

ต่อการเจริญของผึ้งพันธุ์ตามลำดับ **(Table 3)** (Groot, 1953) สอดคล้องกับการสืบค้นข้อมูลองค์ประกอบของอาหารเกสรเทียมเชิงพาณิชย์บางยี่ห้อที่มีการเสริมกรดอะมิโนที่จำเป็นสำหรับผึ้งพันธุ์ เช่น การเสริมกรดอะมิโนไอโซลิวซีนในผลิตภัณฑ์อาหารผึ้งชนิดหนึ่งหนึ่งของประเทศอเมริกา และ การเสริมกรดอะมิโนชนิดเมทไทโอนีนและไลซีนในผลิตภัณฑ์อาหารผึ้งของประเทศสหราชอาณาจักร เป็นต้น

Table 1 Components and nutritional values of artificial pollen diet for honey bees

Compositions	Protein content (%)	Proportion used (%)	Calculated protein (%)
*Whey protein	40	15	6
*Commercial yeast cell	40	1	1
*Soybean flour	40	18	7.2
Egg white	11	2.5	0.22
Egg yolk	16	1	0.16
Water	0	21.5	0
Mixed vitamin	0	0.5	0
Mixed mineral	0	0.5	0
**Bee pollen	15	10	1.5
Sugar	0	30	0
Total	-	100	16.08

* The raw materials were mixed with water and then added 1.0% (v/w) of protease (iKnowZyme^{TM} purchased from Rechbiotechnology Co., LTD, Thailand) and then incubated at 60^{O}C before used.

***Bidens pilosa* var. radiata pollen (Jan-Jun 2023)

Table 2 Nutrition values of artificial pollen diets

Parameters (g/100g)	Artificial pollen diets	
	16% P diet	Commercial diet
Dry matter	80.95±3.15	88.90±2.01
Crude protein	16.01±1.02	22.90±1.11
Crude fiber	2.01±0.25	0.60±0.09
Crude fat	6.20±0.78	21.71±1.02
Ash	4.13±0.65	3.17±0.11
Nitrogen free extract	74.66±5.26	71.01±3.14
Energy (kcal/100g)	425.12±21.02	461.62±26.52

Table 3 Amino acid profiles of artificial pollen diets

Amino acid	Artificial pollen diets	
	Commercial diet	16% P diet
Aspartic acid	1.67±0.057	2.08±0.009
Threonine	0.80±0.053	1.10±0.015
Serine	0.98±0.007	1.22±0.029
Glutamic acid	2.56±0.027	4.13±0.301
Proline	0.89±0.067	1.36±0.221
Glycine	0.70±0.029	0.87±0.002
Alanine	0.88±0.040	1.19±0.063
Valine	0.71±0.046	1.17±0.031
Cysteine	0.20±0.006	0.21±0.014
Methionine	0.29±0.016	0.25±0.033
Isoleucine	0.90±0.045	1.06±0.005
Leucine	1.20±0.073	1.83±0.028
Tyrosine	0.63±0.030	0.78±0.013
Phenylalanine	0.85±0.047	1.03±0.027
Histidine	0.41±0.021	0.49±0.018
Lysine	1.01±0.041	1.27±0.062
Arginine	1.04±0.030	1.26±0.070

การศึกษาความสมบูรณ์ของ HPG โดยการวัดขนาด Acini ถือว่าเป็นอีกหนึ่งตัวแปรที่บ่งบอกถึงสุขภาพของผึ้งพันธุ์ได้ (Jang et al., 2022) เพราะ ผึ้งพันธุ์ตัวเต็มวัยที่เพิ่งเกิดใหม่ถ้าได้รับอาหารที่เหมาะสมตั้งแต่แรกเกิดก่อนเข้าระยะเต็มวัยจะมีการพัฒนาของ HPG สมบูรณ์กว่าผึ้งพันธุ์ที่ขาดแคลนอาหาร การศึกษานี้ได้วัดขนาด Acini ของผึ้งพันธุ์ที่อายุ 6 วัน เนื่องจาก HPG และ Acini ในผึ้งพันธุ์จะมีการเปลี่ยนแปลงชัดเจนที่สุดตั้งแต่ผึ้งพันธุ์ตัวเต็มวัยอายุ 1-7 วัน (Jang et al., 2022) ผลการทดลองนี้พบว่าผึ้งพันธุ์ตัวเต็มวัยทั้ง 3 ทรีตเมนต์ มีขนาดของ Acini ขนาดเฉลี่ย 0.131±0.020 มิลลิเมตร ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับผึ้งพันธุ์ตัวเต็มวัยอายุ 1 วัน ที่มีขนาดเฉลี่ยของ Acini ที่เล็กกว่าเฉลี่ย 0.085±0.017 มิลลิเมตร ($p < 0.05$) โดยผึ้งพันธุ์ในทรีตเมนต์ที่ 1 2 และ 3 พบว่าผึ้งพันธุ์ มีการพัฒนาของ HPG ค่อนข้างสมบูรณ์โดยมีขนาด Acini เฉลี่ย 0.143±0.010 0.150±0.013 และ 0.130±0.009 มิลลิเมตรตามลำดับ ($p \geq 0.05$) **(Figure 1)** ในขณะที่การทดสอบประสิทธิภาพของอาหารต่อการให้ผลผลิตผึ้งพันธุ์ต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 30 วัน และ การประเมินประชากรตามวิธีของ Burgett and Burikam (1985) และ Delaplane et al. (2013) จากการนับจำนวนของผึ้งตัวเต็มวัยที่อยู่บนคอนผึ้งใน 1 คอน (หน้า-หลัง) และ คิดเป็นสัดส่วน (%) เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของผึ้งพันธุ์ที่มีเต็มคอน ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 2,500 ตัวต่อคอน ผลการทดลองพบว่าผึ้งพันธุ์ที่ได้รับอาหารเกสรเทียม (T2) มีค่าเฉลี่ยของจำนวนประชากรผึ้งงานเพิ่มขึ้น 7.89±1.52 % แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับชุดควบคุมที่ไม่ได้ให้อาหารเสริม (T1) และ ผึ้งพันธุ์ที่ได้รับอาหารเสริมสูตรทางการค้า (T3) มีค่าเฉลี่ยของประชากรผึ้งงานลดลงเป็น 15.77±3.89 และ 22.45±6.41% ตามลำดับ ผลการทดลองนี้แสดงว่าผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอาหารเกสรเทียมโปรตีน 16.0% ที่พัฒนาขึ้นสามารถส่งเสริมการเจริญของผึ้งพันธุ์ และ ช่วยเพิ่มจำนวนประชากรผึ้งงานภายในรังได้ เพราะ โดยปกติแล้วผึ้งมีความชอบเกสรที่อยู่ในธรรมชาติ โดยผึ้งชอบหาอาหารระยะทางใกล้ ๆ รังผึ้งประมาณ 10 เมตร และเวลาที่ต้องการ คือ ช่วงเช้า (7.00 - 8.00 น.) แต่ถ้าเกสรในธรรมชาติขาดแคลน อาหารเสริมเหล่านี้ก็เป็นอีกตัวเลือกหนึ่งที่ช่วยเสริมแก่ผึ้งพันธุ์ได้ (Ghramh and Khan, 2023) สอดคล้องกับการศึกษาของนักวิจัยหลายท่านซึ่งได้พัฒนาอาหารเสริมเกสรเพื่อนำไปใช้เพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงผึ้งพันธุ์จากวัตถุดิบต่าง ๆ เช่น ถั่วเหลือง ถั่ว ยีสต์ เคซีน และ ไข่ (Ullah et al., 2021; Paray et al., 2021; Ricigliano et al., 2022)

a b c

Figure 1 The acini of the hypopharyngeal gland (HPG) in honey bee, characterized by a rounded morphology resembling clustered grapes, when fed to varying dietary proportions.
Control (a), 16% P diet (b), and commercial diet (c)

อย่างไรก็ตามการศึกษาในครั้งนี้ประชากรผึ้งพันธุ์ที่ลดลงในชุดควบคุมที่ไม่ได้ให้อาหารเสริม (T1) ให้ข้อมูลตรงกับผลงานวิจัยของนักวิจัยหลายท่านที่ศึกษาผลของอาหารต่อการเจริญของผึ้งพันธุ์ คือ ประชากรผึ้งพันธุ์จะมีจำนวนลดลงถ้าผึ้งขาดแคลนอาหารในธรรมชาติ ซึ่งสอดคล้องกับช่วงที่ดำเนินงานวิจัยในช่วงฤดูฝนทำให้เป็นข้อจำกัดในการออกไปหาอาหารซึ่งเป็นเกสรดอกไม้ในธรรมชาติหรือ ได้รับอาหารที่โภชนาการไม่เหมาะสม (Crailsheim et al., 1990; Wang et al., 2018) นอกจากนี้ในขณะที่ผึ้งพันธุ์ที่ได้รับอาหารเสริมสูตรทางการค้า (T3) มีจำนวนประชากรค่อนข้างน้อยอาจเป็นผลมาจากอาหารทางการค้าที่ใช้มีปริมาณไขมันค่อนข้างสูง คือ

21.71±1.02% **(Table 2)** ทำให้ผึ้งกินอาหารได้น้อยลง สอดคล้องกับการพัฒนาอาหารเกสรเทียมเพื่อเลี้ยงผึ้งพันธุ์สูตรต่าง ๆ ซึ่งจะมีการผสมไขมันให้มีสัดส่วนไม่เกิน 7.0% (Dastouri and Maheri-Sis, 2007; Zheng et al., 2014) เกสรดอกไม้ (bee pollen) และอาหารผึ้ง (bee bread) ชนิดต่าง ๆ ซึ่งพบว่าอาหารผึ้งพันธุ์ในธรรมชาติจะมีสัดส่วนของไขมันเฉลี่ย 3.0-7.0% (Hsu et al., 2021) อย่างไรก็ตามแม้ว่าก่อนการทดลองได้ตรวจสภาพรังผึ้งให้ไม่มีการปนเปื้อนไรศัตรูผึ้ง แต่เมื่อทำการทดลองพบว่าการให้อาหารเกสรเทียมเสริมให้กับผึ้งพันธุ์อาจเป็นการดึงดูดปรสิตภายนอก เช่น ไรศัตรูผึ้งพันธุ์ชนิด *Varroa destructor* มาสู่ผึ้งพันธุ์ และ นำมาสู่การปนเปื้อนเชื้อรา *Nosema* spp. (Grupe and Quandt, 2020) ซึ่ง Porrini et al. (2010) รายงานว่าการเสริมอาหารที่มีโภชนการสูงแก่ผึ้งพันธุ์จะทำให้มีการเพิ่มจำนวนของเชื้อ *Nosema* spp. มากกว่าหลายเท่าเมื่อเปรียบเทียบกับรังผึ้งที่ไม่ได้รับการเสริมอาหาร อย่างไรก็ตามการทดลองนี้ตรวจพบไรชนิด *V. destructor* ในรังผึ้งพันธุ์ทั้ง 3 ทรีตเมนต์เพียงเล็กน้อย (2.67±0.57 ตัวต่อรัง) อาจเป็นเพราะช่วงที่ทำการศึกษาไม่ใช่ฤดูกาลระบาดของปรสิตผึ้งพันธุ์ซึ่งส่วนมากพบในในช่วงฤดูหนาว และ ฤดูใบไม้ผลิ Porrini et al. (2010)

ค่าโภชนาการของตัวอ่อนผึ้งพันธุ์ได้ผลดังแสดงใน **Table 4 และ Table 5** พบว่าตัวอ่อนผึ้งพันธุ์มีสัดส่วนที่บริโภคได้ 80-100% เมื่อเปรียบเทียบกับสัตว์เศรษฐกิจอื่น ๆ ซึ่งมีสัดส่วนที่บริโภคได้เฉลี่ย 40-50% คุณค่าทางโภชนาการคล้ายคลึงกับอาหารทั่วไปซึ่งประกอบไปด้วย โปรตีน ไขมัน วิตามิน และ แร่ธาตุ โดยการทดลองนี้ตัวอ่อนผึ้งพันธุ์ที่ผลิตได้มีโปรตีนเฉลี่ย 40% มีกรดอะมิโนจำเป็นชนิดไกลซีน และมีกรดกลูตามิกค่อนข้างสูง รองลงมา คือ ทรีโอนีน วาลีน ฟีนิลอะลานีน และ อาร์จีนีน ซึ่งมีส่วนช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกัน เผาผลาญไขมัน กระตุ้นสมรรถนะของสมอง และช่วยการประสานกันของกล้ามเนื้อ ในขณะที่ไม่มีการตรวจพบกรดแอสปาติก และ ทรีโอนิน อาจเนื่องจากมีปริมาณที่ค่อนข้างต่ำ และ ถูกย่อยสลายด้วยกรดตามวิธีที่ใช้ในการระหว่างการสกัดเพื่อวิเคราะห์ตัวอย่าง (Ghosh et al., 2020) ตัวอ่อนผึ้งมีไขมันค่อนข้างสูงเฉลี่ย 29.83% เนื่องจากผึ้งพันธุ์ในระยะตัวอ่อนจะมีไขมันมากที่สุดในขณะที่ตัวเต็มวัยจะมีไขมันค่อนข้างต่ำ สอดคล้องกับการทดลองของ Rumpold and Schluter (2013) และ Ghosh et al. (2016) เมื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของตัวอ่อนผึ้งพันธุ์ ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน ใยอาหาร และ คาร์โบไฮเดรต ที่ละลายได้ พบว่าองค์ประกอบของตัวอ่อนผึ้งพันธุ์แต่ละระยะ ได้แก่ ตัวหนอน ดักแด้ และ ตัวเต็มวัยที่ฟักออกจากดักแด้มีความแตกต่างกัน โดยระยะตัวอ่อนผึ้งมีองค์ประกอบของโปรตีนมากที่สุด 50.4% รองลงมา คือ คาร์โบไฮเดรต 22.1% และ ไขมัน 20.5% ตามลำดับ (Ghosh et al., 2016) ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับค่าโภชนาการของแมลงอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่สามารถบริโภคเป็นอาหาร เช่น จิ้งหรีด และ ตั๊กแตน เป็นต้น นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อสัตว์ประเภทต่าง ๆ พบว่าตัวอ่อนผึ้งพันธุ์มีโปรตีนใกล้เคียงกับเนื้อไก่ (Chen et al., 1998; Jensen et al., 2016) อย่างไรก็ตามการผลิตตัวอ่อนผึ้งพันธุ์ให้มีประสิทธิภาพควรเก็บเกี่ยวดักแด้ตัวอ่อนผึ้งงานและผึ้งตัวผู้ในระยะ white eyes และ pale eyes ซึ่งอยู่ในช่วง 0-130 และ 0-160 ชั่วโมงหลังปิดฝารวงตามลำดับ เพราะ การเก็บเกี่ยวดักแด้ตัวอ่อนผึ้งก่อนปิดฝารวงจะทำให้ได้ตัวอ่อนที่มีมวลน้ำหนักน้อย แต่หากเก็บเกี่ยวในระยะที่ใกล้จะเป็นตัวเต็มวัยจะทำให้ตัวอ่อนที่ได้มีรสชาติมีโครงสร้างแข็ง และมีน้ำหนักเบาเนื่องจากผนังลำตัวชั้นนอกสุดจะมีส่วนประกอบของไคตินมาก (Jensen et al.,2016) งานวิจัยนี้จึงแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตตัวอ่อนผึ้งพันธุ์เพื่อเป็นอาหารสามารถทำได้ด้วยการให้อาหารเสริมที่มีโภชนาการที่เหมาะสม อย่างไรก็ตามมีนักวิจัย และผู้เลี้ยงผึ้งพันธุ์ควรศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของการให้อาหารเสริมในระยะยาวซึ่งอาจส่งผลต่อสุขภาพ และพฤติกรรมของผึ้ง เนื่องจากการตรวจสอบข้อมูลจากงานวิจัยชี้ให้เห็นว่าผึ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารเสกรเทียมอาจมีการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันลดลง รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ภายในร่างกายของผึ้ง และ การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผึ้ง ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องรักษาสมดุลระหว่างการใช้อาหารเกสรเทียมร่วมกับการส่งเสริมแนวทางการปฏิบัติด้านการเกษตรที่ดีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตประชากรผึ้งพันธุ์ (Agarwal et al., 2023) และการผลิตตัวอ่อนผึ้งพันธุ์เป็นอาหารควรมีการกำหนดมาตรฐานการผลิตทางการเกษตรที่ดีตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์จากสำนักงานเกษตรและอาหารแห่งชาติ GAP ฟาร์มผึ้ง (มกษ. 8200-2559) โดยเฉพาะการตรวจสอบสารเคมีสารตกค้างในผลผลิตทางการเกษตรร่วมด้วย

Table 4 Mean ± SE values of nutrition values of bee larvae compared with other references

Nutrition values (g/100g)	Bee larvae (100 g dry weight)			
	T1 Control	T2 16% P diet	T3 Commercial diet	Ghosh et al (2016)
Moisture	74.61±0.80	76.6±0.80	75.57±0.74	74.4±0.33
Fat	27.40±0.10[b]	29.8±0.33[a]	29.76±0.33[a]	14.50±0.15
Fiber	2.51±0.03	2.42±0.03	2.43±0.44	-
Ash	4.27±0.01	4.22±0.21	4.40±0.14	4.10±0.16
Protein	42.30±0.21	43.14±0.30	44.62±0.14	35.0±2.39
Carbohydrate	27.77±0.16	27.8±0.18	26.87±0.25	46.10±1.73

Table 5 Mean ± SE values of amino acid profiles of bee larvae

Amino acid profiles (mg/g substrate)	Bee larvae
Aspartic acid	0.58±0.01
Threonine	1.27±0.01
Serine	1.96±0.04
Glutamic acid	5.96±0.04
Proline	7.23±0.15
Glycine	23.87±0.01
Alanine+ Cysteine	16.19±0.16
Valine	1.67±0.01
Methionine	2.48±0.03
Isoleucine	0.85±0.01
Leucine	1.22±0.04
Tyrosine	1.55±0.02
Phenylalanine	1.05±0.01
Histidine	1.37±0.01
Lysine	1.94±0.03
Arginine	0.31±0.01

สรุป

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การผลิตอาหารเกสรเทียมที่มีโภชนาการที่เหมาะสม คือ อาหารผสมที่มีสัดส่วนของโปรตีนเฉลี่ย 16.0% และ น้ำตาลเฉลี่ย 30.0% สามารถนำไปใช้เป็นอาหารเสริมในการเลี้ยงผึ้งพันธุ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และตัวอ่อนผึ้งที่ผลิตได้มีคุณค่าทางอาหารสูงไม่ต่างจากแมลงอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่สามารถใช้บริโภคเป็นอาหารมนุษย์ ผลการศึกษานี้จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ให้เกษตรกรสามารถใช้ผลิตอาหารเกสรเทียมสำหรับเลี้ยงผึ้งพันธุ์ได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ดำเนินการอย่างสมบูรณ์ได้ด้วยความร่วมมือทางวิชาการระหว่างมหาวิทยาลัยพะเยา และสำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ ขอขอบคุณทุนสนับสนุนในการลงพื้นที่จากโครงการการจัดการความรู้การวิจัยและถ่ายทอดเพื่อการใช้ประโยชน์เชิงชุมชนสังคม สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณพ.ศ.2566 (N71A660401) การวิเคราะห์พารามิเตอร์เชิงลึกและจรรยาบรรณสัตว์ทดลองหมายเลข AG04001/2564 ผ่านทุนวิจัยจากหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการพัฒนากำลังคนและทุนด้านการพัฒนาสถาบันอุดมศึกษาการวิจัยและการสร้างนวัตกรรม (บพค.) (Grant No. B16F640174) นายชินดนัย ชาญมณีเวช และนางสาววรรณพร สุระเดช นิสิตสาขาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา สำหรับการปฏิบัติงานวิจัยและการเก็บข้อมูลในระดับภาคสนาม

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2557. การผลิตน้ำผึ้งคุณภาพ. เอกสารวิชาการ. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ. 164 หน้า.

ชัยวัฒน์ สิงห์ชัย, ชัยณรงค์ วงค์สรรศรี, สมชาติ ธนะ, โชค โสรัจกุล และขรรค์ชัย ดั้นเมฆ. 2562. ผลของการใช้ฟักทองหมักร่วมกับรำข้าวในอาหาร ต่อประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพของเนื้อ ไก่พื้นเมือง. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร. 36(2): 45-57.

ปิยมาศ นานอก. 2551. ผึ้งและการใช้ประโยชน์. ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์. 8(2): 75-81.

พิชัย คงพิทักษ์. 2544. อาหารเกสรทดแทนสำหรับเลี้ยงผึ้ง. รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

สมศักดิ์ อยู่บริบูรณ์, วนิดา ชื่นชัน, ธนพงศ์ สำเภาลอย และธราทิพย์ ปาวะระ. 2564. ผลของอาหารเสริมผึ้งผสมโพรไบโอติกส์ต่อการสร้างสเปิร์มของผึ้งพันธุ์. วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง. 30(1): 44-54.

สำนักงานปศุสัตว์เขต 5. 2560. ข้อมูลฟาร์มผึ้งที่ได้ขึ้นทะเบียนมาฐานฟาร์ม. เอกสารประกอบการรายงานผลการเก็บข้อมูลสำนักงานเกษตรจังหวัด. สำนักงานปศุสัตว์เขต 5 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. แหล่งข้อมูล https://region5.dld.go.th/webnew/index.php/th/. ค้นเมื่อ 22 มกราคม 2565.

Abou-Shaara. 2017. Effect of various sugar feeding choices on survival and tolerance of honey bee worker to low temperature. Journal of Entomological and Acarological Research. 49(6200): 6-11.

Agarwal, R., A. Bansal, A.S. Saini, A. Raj, A. Kumar, and S. Gharde. 2023. Bee nutrition and artificial food. The Pharma Innovation Journal. 12(6): 1635-1641.

Ahmad, S., S.A. Khan, K.A. Khan, and J. Li. 2021. Novel insight into the development and function of hypopharyngeal glands in honey bees. Frontiers in Physiology. 11: 615830.

Al-Ghamdi, A.A., A.M. Al-khaibari, and M.O. Omar. 2011. Consumption rate of some proteinic diets affecting hypopharyngeal glands development in honeybee workers. Saudi Journal of Biological Sciences. 18: 73-77.

AOAC. 2019. Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL. 21st Edition, AOAC International, Washington DC.

Aqueel, M.A., H.K. Shurjeel, A.B. Muhammad, M.Y. Raza, I. Akram, and M.K. Ahsan. 2023. Seasonal Management of Honeybees for Their Improved Honey Production. Advances In Insect Pollination Technology In Sustainable Agriculture. IK International Pvt. Ltd, India.

Burgett, M., and I. Burikam. 1985. Number of adult honey bees (Hymenoptera: Apidae) occupying a comb: a standard for estimating colony populations. Journal of Economic Entomology. 78(5): 1154-1156.

Chen, P.P., S. Wongsiri, T. Jamyanya, T.E. Rinderer, S. Vongsamanode, M. Matsuka, H.A. Sylverter, and B.P. Oldroyd. 1998. Honey bees and other edible insects used as human food in Thailand. American Entomologist. 44(1): 24-29.

Corby-Harris, V., and L.A. Snyder. 2018. Measuring hypopharyngeal gland acinus size in honey bee (*Apis mellifera*) workers. Journal of Visualized Experiments. 139: 58261.

Crailsheim, K. 1990. The protein balance of the honey bee worker. Apidologie. 21: 417–429.

Danmek, K., R. Ruenwai, C. Sorachakula, J. Chuleui, and B. Chuttong. 2022. Occurrence of invertase producing strains of *Aspergillus niger* on longan pollen and used to improve the quality of longan syrup for rearing honey bee worker. Journal of Ecology and Environment. 46(13): 1-8.

Dastouri, M.R., and S.N. Maheri. 2007. The effect of replacement feeding of some protein sources with pollen on honey bee population and colony performance. Journal of Animal and Veterinary Advances. 6(11): 1258-1261.

Delaplane, K.S., J.V.D. Steen, and E.G. Novoa. 2013. Standard methods for estimating strength parameters of *Apis mellifera* colonies. Journal of Apicultural Research. 52(1): 1-12.

Dietemann, V., J.D. Ellis, and P. Neumann. 2013. The Coloss Beebook Volume II, Standard Methods for *Apis mellifera* Pest and Pathogen Research: Introduction. Introduction. Journal of Apicultural Research. 52(4): 1-4.

Dolezal, A. G., C.J. Tripp, W.A. Miller, B.C. Bonning, and A.L. Toth. 2016. Intensively cultivated landscape and Varroa mite infestation are associated with reduced honey bee nutritional state. PLoS ONE. 11(4): e0153531.

Frizzera, D., D.S. Fabbro, G. Ortis, V. Zanni, R. Bortolomeazzi, and F. Nazzi. 2020. Possible side effects of sugar supplementary nutrition on honey bee health. Apidologie. 51: 594-608.

Ghramh, H.A., and K.A. Khan. 2023. Honey bees prefer pollen substitutes rich in protein content located at short distance from the apiary. Animals 13(5): 885.

Ghosh, S., C. Jung, and V.B.M. Rochow. 2016. Nutritional value and chemical composition of larvae, pupae, and adults of worker honey bee, *Apis mellifera ligustica* as a sustainable food source. Journal of Asia-Pacific Entomology. 19: 487-495.

Ghramh, H.A., and K.A. Khan. 2023. Honey bees prefer pollen substitutes rich in protein content located at short distance from the apiary. Animals. 13(5): 885.

Ghosh, S., H.Y. Sohn, S.J. Pyo, A.B. Jensen, V.B.M. Rochow, and C. Jung. 2020. Nutritional composition of *Apis mellifera* drones from Korea and Denmark as a potential sustainable alternative food source: comparison between developmental stages. Foods. 9: 389.

Groot, A.P. 1953. Protein and amino acid requirements of the honeybee (*Apis mellifera* L.). Physiologia comparata et oecologia. 3: 97-285.

Grupe, A.C., and C.A. Quand. 2020. A growing pandemic: A review of Nosema parasites in globally distributed domesticated and native bees. PLOS Pathogens 16(6): e1008580.

Hoover, S.E.R., H.A. Higo, and M.L. Winston. 2006. Worker honey bee ovarian development: seasonal variation and the influence of larval and adult nutrition. Journal of Comparative Physiology B. 176: 55–63.

Hsu, C.K., D.Y. Wang, and M.C. Wu. 2021. A potential fungal probiotic *Aureobasidium melanogenum* CK-CsC for the western honey bee, *Apis mellifera*. Journal of Fungi. 7(7): 508.

Jang, H., S. Ghosh, S. Sun, K.J. Cheon, S.M. Namin, and C. Jung. 2022. Chlorella-supplemented diet improves the health of honey bee (*Apis mellifera*). Frontiers in Ecology and Evolution. 10: 922741.

Jensen, A.B., J. Evans, A. Jonas-Levi, O. Benjamin, I. Martinez, B. Dahle, N. Roos, A. Lecocq, and K. Foley. 2019. Standard methods for *Apis mellifera* brood as human food. Journal of Apicultural Research. 58(2): 1-28.

Jensen, A.B., J. Evans, A. Jonas-Levi, O. Benjamin, I. Martinez, B. Dahle, N. Roos, A. Lecocq, and K. Foley. 2016. Standard methods for *Apis mellifera* brood as human food. Journal of Apicultural Research. 58(2): 1-28.

Lalanne, G.M., A.J.H. Álvarez, and A.S. Castro, 2019. Edible insects processing: Traditional and innovative technologies. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 18(4): 1166-1191.

Manning, R. 2018. Artificial feeding of honeybees based on an understanding of nutritional principles. Animal Production Science. 58: 689–703.

Mattila, H.R., and G.W. Otis. 2006. The effects of pollen availability during larval development on the behaviour and physiology of spring-reared honey bee workers. Apidologie. 37: 533-546.

Melgar‐Lalanne, G., A.J. Hernández‐Álvarez, and A. Salinas‐Castro. 2019. Edible insects processing: Traditional and innovative technologies. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 18(4): 1166-1191.

Mohamed, F.E.R., K. Mohanny, and G.S. Mohamed. 2023. Artificial feeding of honey bee colonies by adding nutritional supplements to pollen substitutes and its effect on the development of the hypopharyngeal gland stages of honeybee workers *Apis mellifera* L. SVU-International. Journal of Agricultural Sciences. 5(2): 29-41.

Mortensen, C.R., R. Neel, R.B. Cialdini, C.M. Jaeger, R.P. Jacobson, and M.M. Ringel. 2019. Trending norms: A lever for encouraging behaviors performed by the minority. Social Psychological and Personality Science. 10(2): 201–210.

Nicholson, S.E. 2001. Climatic and environmental change in Africa during the last two centuries. Climate Research. 17: 123-144.

Otto, C.R.V., C.L. Roth, B.L. Carlson, and M.D. Smart. 2016. Land-use change reduces habitat suitability for supporting managed honey bee colonies in the Northern Great Plains. The Proceedings of the National Academy of Sciences. 113: 10430–10435.

Paray, B.A., I. Kumari, Y.A. Hajam, B. Sharma, R. Kumar, M.F. Albeshr, M.A. Farah, and J.M. Khan, 2021. Honeybee nutrition and pollen substitutes: A review. Saudi Journal of Biological Sciences. 28(1): 1167-1176.

Pernal, S. F., and R.W. Currie. 2000. Pollen quality of fresh and 1-year-old single pollen diets for worker honey bees (*Apis mellifera* L.). Apidologie. 31: 387–409.

Porrini M.P., M.C. Audisio, D.C. Sabaté, C. Ibarguren, S.K. Medici, E.G. Sarlo, and M.J. Eguaras. 2010. Effect of bacterial metabolites on microsporidian Nosema ceranae and on its host Apis mellifera. Parasitology Research.107(2): 381–388.

Ricigliano, V.A., S.T. Williams, and R. Oliver. 2022. Effects of different artificial diets on commercial honey bee colony performance, health biomarkers, and gut microbiota. BMC Veterinary Research. 18: 52.

Rumpold, B.A., and O.K. Schluter. 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. Molecular Nutrition and Food Research. 57(5): 802-823.

Saffari, A., P.J. Kevan, and J. Atkinson. 2010. Consumption of three dry pollen substitutes in commercial apiaries. Journal of Apicultural Science. 54: 13-20.

Smart, M.D., C.R.V. Otto, and J.G. Lundgren. 2019. Nutritional status of honey bee (*Apis mellifera* L.) workers across an agricultural land-use gradient. Scientific Reports Nature. 9: 16252.

Steinhauer, N.A., K. Rennich, M.E. Wilson, D. Caron, E.J. Lengerich, J.S. Pettis, R. Rose, J. Skinner, D.R. Tarpy, J.T. Wilkes, and D. VanEngelsdorp. 2014. A national survey of managed honey bee 2012–2013 annual colony losses in the USA: results from the Bee Informed Partnership 2012–2013. Journal of Apicultural Research. 53(1): 1–18.

Sullivan, D.M., and D.E. Carpenter. 1993. Method of Analysis for Nutritional Labeling. AOAC International. Gaitherburg, US. 115-120.

Topitzhofer, E., H. Lucas, P. Chakrabarti, C. Breece, V. Bryant, and R.R. Sagili. 2019. Assessment of pollen diversity available to honey bees (Hymenoptera: Apidae) in major cropping systems during pollination in the western United States. Journal of Economic Entomology. 112: 2040–2048.

Ullah, A., M.F. Shahzad, J. Iqbal, and M.S. Baloch. 2021. Nutritional effects of supplementary diets on brood development, biological activities and honey production of *Apis mellifera* L. Saudi. Journal of Biological Sciences. 28: 6861–6868.

Wang, K., Z.G. Liu, Q. Pang, W.W. Zhang, X.M. Chen, and R.L. Fan 2018. Investigating the regulation of hypopharyngeal gland activity in honeybees (*Apis mellifera* carnica) under overwintering conditions via morphologic analysis combined with iTRAQ-Based comparative proteomics. Annals of the Entomological Society of America. 111: 127–135.

Wright, G.A., S.W. Nicholson, and S. Shafir. 2018. Nutritional physiology and ecology of honey bees. Annual Review of Entomology. 63: 327–334.

Zheng, B., Z. Wu, and B. Xu. 2014. The effects of dietary protein levels on the population growth, performance, and physiology of honey bee workers during early spring. Journal of Insect Science. 14(1): 191.