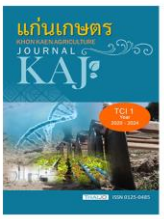
วารสารแก่นเกษตร THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

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



ผลของอาหารในท้องถิ่นต่อสมรรถนะการผลิตและองค์ประกอบทางโภชนะของจิ้งหรีด

Effect of local feed resources on the production performance and nutritional composition of the cricket *(Gryllus bimaculatus* De Geer)

กัมปนาจ เภสัชชา[1]*, บุรารัตน์ เภสัชชา[2], กฤติกา ชุณห์วิจิตรา[3] และ เมธา วรรณพัฒน์[4]

Kampanat Phesatcha[1]*, Burarat Phesatcha[2], Krittika Chunwijittra[3] and Metha Wanapat[4]

[1] *สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครพนม จังหวัดนครพนม 48000*
[1] *Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Technology, Nakhon Phanom University, Nakhon Phanom, 48000, Thailand*
[2] *สาขาเทคโนโลยีการเกษตรและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา 30000*
[2] *Department of Agricultural Technology and Environment, Faculty of Sciences and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima, 30000, Thailand*
[3] *สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครพนม จังหวัดนครพนม 48000*
[3] *Department of Food Technology, Faculty of Agriculture and Technology, Nakhon Phanom University, Nakhon Phanom, 48000, Thailand*
[4] *ศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรอาหารสัตว์เขตร้อน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40001*
[4] *Tropical Feed Resource and Research Center, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40001, Thailand*

บทคัดย่อ: การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวัตถุดิบอาหารในท้องถิ่นต่อสมรรถนะการผลิตและคุณค่าทางโภชนะของจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำ(*Gryllus bimaculatus* De Geer) โดยทรีทเมนต์ที่ทำการศึกษามี 5 ทรีทเมนต์ประกอบด้วย ทรีทเมนต์ที่ 1 อาหารผสมกากถั่วเหลือง 30 % (โปรตีน 21.0%) ทรีทเมนต์ที่ 2 อาหารผสมกากถั่วเหลือง 15% + ใบมันสำปะหลังบด 15 % (โปรตีน 18.0%) ทรีทเมนต์ที่ 3 อาหารผสมใบมันสำปะหลังบด 30 % (โปรตีน 15.0%) ทรีทเมนต์ที่ 4 อาหารผสมกากถั่วเหลือง 15% + ใบหม่อนบด 15 % (โปรตีน 18.0 %) ทรีทเมนต์ที่ 5 อาหารผสมใบหม่อนบด 30 % (โปรตีน15.0%) โดยใช้แผนการศึกษาแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ผลการศึกษาพบว่าอัตราส่วนการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักและอัตราการมีชีวิตรอดไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ต้นทุนด้านอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมีค่าต่ำที่สุดในจิ้งหรีดที่ได้รับอาหารผสมใบมันสำปะหลังบด 30% และใบหม่อนบด 30% (P<0.05) จิ้งหรีดที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมกากถั่วเหลือง 30 % มีระดับโปรตีนและไขมันสูงที่สุด คือ 76.2% และ 14.8% ตามลำดับ (P<0.05) และจิ้งหรีดในกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมใบหม่อนบดที่ระดับ 15 และ 30 % มีระดับวิตามินบี 2 และ บี 12 สูงที่สุด (P<0.05) นอกจากนี้จิ้งหรีดกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมกากถั่วเหลือง 30% มีปริมาณแร่ธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และโซเดียมสูงที่สุด (P<0.05) ดังนั้นการใช้ใบมันสำปะหลังบดและใบหม่อนบดทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารที่ระดับ 30% ช่วยลดต้นทุนด้านอาหารในการผลิตจิ้งหรีด

คำสำคัญ: วัตถุดิบอาหารในท้องถิ่น; จิ้งหรีด; คุณค่าทางโภชนะ

ABSTRACT: The aim of this present study was to evaluate the effects of local feed resources in diets on the nutritional composition and growth parameters of the crickets (*Gryllus bimaculatus* De Geer). Five treatments were as follows; T1= soybean meal (SBM) 30 % in diet, crude protein (CP) 21.0%; T2= SBM 15 % + cassava leave powder (CLP) (CP 18.0%); T3= CLP 30% (15.0% CP); T4= SBM 15 % + mulberry leave powder (MLP) (CP 18.0%), T5= MLP 30% (15.0% CP). The experimental design was completely randomized design (CRD). Feed conversion ratio and survival rate were similar among treatments (P>0.05). Fed cricket on CLP 30% and/or MLP 30% had the lowest cost

* Corresponding author: kampanatmon@gmail.com

Received: date; May 11, 2021 Accepted: date; July 30, 2021 Published: date; December 29, 2021

of feeding per kg live weight gain (P<0.05). Fed crickets on SBM 30 % had the highest amount of protein (76.2%) and fat (14.8%). Moreover, fed cricket on MLP 15% and MPL 30% increased vitamin B2 and B12 (P<0.05). Fed cricket on SBM 30 % in diet also had the highest amount of phosphorus, potassium, and sodium. Crickets can effectively be produced on CLP or MLP 30 % in diet to reduce cost of feeding.
Keywords: local feed resource; cricket; nutritional value

บทนำ

จิ้งหรีด (*Acheta domesticus*) เป็นแหล่งอาหารในอนาคตที่ยั่งยืนและมีคุณค่าทางโภชนาการที่เป็นประโยชน์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีโปรตีนสูงและมีศักยภาพในการแก้ปัญหาสภาวะทุพโภชนาการทั่วโลก (Bawa et al., 2020) องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) คาดการณ์ว่าการเติบโตของประชากรทั่วโลกอาจเกินแหล่งอาหารที่มีให้สำหรับประชากร 9 พันล้านคนภายในปี 2593 ซึ่งอาจส่งผลกระทบเป็นสองเท่าของภาวะทุพโภชนาการทั่วโลกและโรคที่เกี่ยวข้องกับอาหาร (FAO / WHO, 2017) ซึ่งจิ้งหรีดเป็นอาหารทางเลือกที่น่าสนใจอย่างยิ่งสำหรับการแก้ปัญหาสภาวะทุพโภชนาการ โดยจิ้งหรีด 100 กรัม สามารถให้โปรตีน 63 กรัม พลังงาน 447 กิโลแคลอรี กรดไขมันโอเมกา 3 0.25 กรัมและธาตุเหล็ก 5.0 มิลลิกรัม เมื่อเทียบกับเนื้อโคจำนวน 100 กรัม มีโปรตีน 25.6 กรัม พลังงาน 278 กิโลแคลอรี กรดไขมันโอเมกา 3 0.009 กรัมและธาตุเหล็ก 2.4 มิลลิกรัม เนื้อไก่ 100 กรัม มีโปรตีน 39 กรัม พลังงาน 190 กิโลแคลอรี ไขมันโอเมกา3 0.05 กรัม และธาตุเหล็ก 1.2 มิลลิกรัม (Oonincx et al., 2019) จิ้งหรีดทองดำ (*Gryllus bimaculatus* De Geer) ไข่มีสีเหลืองครีม รูปร่างยาวเรียวคล้ายเมล็ดข้าวสาร ยาว 3-4 มิลลิเมตร อยู่เป็นกลุ่มในดิน ระยะไข่ 7-10 วัน ตัวอ่อนที่ฟักจากไข่ใหม่ ๆ มีสีขาว ต่อมาเปลี่ยนเป็นสีดำ หนวดยาว มี 8 วัย ในแต่ละวัยใช้เวลา 3-4 วัน ระยะตัวอ่อนประมาณ 30-35 วัน ตัวเต็มวัยลำตัวมีสีดำหรือน้ำตาลเข้ม ยาว 30 มิลลิเมตร กว้าง 7 มิลลิเมตร ส่วนหัวกลม หนวดยาวแบบเส้นด้าย ปากแบบกัดกิน ขาสีดำ มีจุดสีเหลืองบริเวณโคนปีก 2 จุด ปีกมีความยาว เท่ากับส่วนท้อง ขาคู่หลังใหญ่แข็งแรง และกระโดดได้เก่ง เพศผู้มีปีกคู่หน้าย่นทำเสียงได้โดยใช้ขอบปีกคู่หน้าสีกัน เพศเมียมีปีกเรียบ และมีอวัยวะวางไข่ยาว 15 มิลลิเมตร หลังจากลอกคราบครั้งสุดท้ายใช้เวลา 2-3 วัน จึงเริ่มผสมพันธุ์และวางไข่ เฉลี่ย 1,000 ฟองต่อตัว ตัวเต็มวัยเพศเมียอายุ 11-18 วัน เพศผู้ 12-17 วัน (ทัศนีย์ และคณะ, 2547) การให้อาหารจิ้งหรีดในสัปดาห์แรกควรให้ในปริมาณน้อย เมื่อจิ้งหรีดกินหมดแล้วจึงจะให้เพิ่ม เพื่อป้องกันไม่ให้มีอาหารตกค้างในบ่อเลี้ยงและเป็นสาเหตุของการสะสมเชื้อจุลินทรีย์ในบ่อ โดยจิ้งหรีดในระยะ 1-3 สัปดาห์แรกใช้อาหารที่มีโปรตีน 21 เปอร์เซ็นต์และบดให้ละเอียด เนื่องจากอาหารที่มีโปรตีนสูงช่วยให้จิ้งหรีดเจริญเติบโตเร็ว เมื่อจิ้งหรีดอายุ 3-5 สัปดาห์ สามารถเปลี่ยนมาให้อาหารที่มีโปรตีน 15 เปอร์เซ็นต์ ปัจจุบันการเลี้ยงจิ้งหรีดเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรแต่ปัญหาหลักของการเลี้ยงจิ้งหรีดคือต้นทุนการเลี้ยงจิ้งหรีดที่มีราคาสูง ซึ่งมากกว่า 50% ของการผลิตเป็นค่าอาหาร (Hanboonsong et al., 2013) จึงควรลดต้นทุนด้วยการให้อาหารจากวัตถุดิบที่มีในท้องถิ่นและผลพลอยได้ทางการเกษตรที่มีศักยภาพในการใช้เป็นอาหารสัตว์ เช่น หัวมันสำปะหลัง รำข้าว ข้าวโพด ใบมันสำปะหลัง และใบหม่อน นอกจากจะใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารของมนุษย์แล้ว เรายังใช้หัวสด ใบสด และลำต้นเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ได้อีกด้วย ในส่วนใบจะใช้ใบสดนำมาตากแห้งบดผสมกับอาหารข้นเลี้ยงสัตว์และเป็นอาหารผสม โดยใบมันสำปะหลังสามารถเก็บเกี่ยวได้เมื่อต้นมันสำปะหลังอายุ 4 เดือนขึ้นไป ใบมันสำปะหลังเมื่อตากแห้ง จะมีกรดไฮโดรไซยานิคในระดับที่ต่ำมาก คือ ไม่เกิน 30 ppm ซึ่งเป็นระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์ และมีโปรตีน 20-24 เปอร์เซ็นต์ และมีสารไฟโตนิวเทรียนส์โดยเฉพาะสารคอนเดนซ์แทนนิน 4.2 เปอร์เซ็นต์ (Wanapat et al., 2018) นอกจากนี้หม่อนเป็นพืชที่มีความน่าสนใจ โดยสามารถเก็บเกี่ยวใบได้อย่างน้อยปีละ 4 ครั้ง เป็นพืชที่ให้ผลผลิตใบสดสูงถึง 3,500 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี มีความทนทานต่อสภาวะแห้งแล้งได้ดี ออกรากดีเมื่อมีการปักชำ ขยายพันธุ์ง่าย สามารถใช้ท่อนพันธุ์ปลูกในแปลงได้โดยตรงหรือปักชำก่อนปลูก มีการเจริญเติบโตเร็ว หลังการตัดแต่ง มีความต้านทานโรคเน่า และใบหม่อนตากแห้งมีโปรตีนอยู่ระหว่าง 20-27 เปอร์เซ็นต์ และมีสารคอนเดนซ์แทนนินส์ 5.4 เปอร์เซ็นต์ (Tan et al., 2012) ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำใช้วัตุดิบในท้องถิ่นได้แก่ ใบมันสำปะหลังบดและใบหม่อนบด เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลืองต่ออัตราการเจริญเติบโต สมรรถนะการผลิต คุณค่าทางโภชนะ และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำ

วิธีการศึกษา

อาหารและสัตว์ทดลอง

เตรียมอาหารผสมสำเร็จรูปโดยใช้กากถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบหลัก โปรตีน 21% เลี้ยงจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำ (*Gryllus bimaculatus* De Geer) ตั้งแต่แรกเกิดจนถึงอายุ 21 วัน (น้ำหนักตัวเฉลี่ย 0.1 กรัมต่อตัว) ใช้บ่อที่มีขนาด 1.2X1.2X0.6 เมตร จำนวน 20 บ่อ แบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำมีจิ้งหรีด 750 ตัว ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) และได้รับทรีทเมนต์ ได้แก่

- กลุ่มที่ 1 อาหารผสมกากถั่วเหลือง 30 % (โปรตีน 21.0%)
- กลุ่มที่ 2 อาหารผสมกากถั่วเหลือง 15% + ใบมันสำปะหลังบด 15 % (โปรตีน 18.0%)
- กลุ่มที่ 3 อาหารผสมใบมันสำปะหลังบด 30 % (โปรตีน 15.0%)
- กลุ่มที่ 4 อาหารผสมกากถั่วเหลือง 15% + ใบหม่อนบด 15 % (โปรตีน 18.0%)
- กลุ่มที่ 5 อาหารผสม ใบหม่อนบด 30 % (โปรตีน 15.0%)

หมายเหตุ ใบมันสำปะหลังได้จาก ต้นสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 และใบหม่อนได้จากต้นหม่อนพันธุ์ สกลนคร 85 ซึ่งเก็บเกี่ยวใบมันสำปะหลังและใบหม่อนในระยะทุก ๆ 90 วัน หลังจากการตัดครั้งที่ 1 หลังจากนั้นนำมาสับด้วยเครื่องสับให้มีขนาด 2-3 เซนติเมตร และอบด้วยตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง แล้วนำไปบดด้วยเครื่องบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร ซึ่งจะได้เป็นผงใบมันสำปะหลัง และผงใบหม่อน เพื่อเตรียมไว้ใช้ในการทดลอง

การเลี้ยงจิ้งหรีดและการเก็บข้อมูลการทดลอง

- ดำเนินการเลี้ยงจนกระทั่งจิ้งหรีดอายุ 45 วัน โดยให้อาหารอย่างน้อยวันละ 150 กรัม และให้น้ำวันละ 150 มิลลิลิตรต่อบ่อ

- บันทึกปริมาณอาหารที่กิน น้ำหนักตัว และสุ่มวัดความยาวจากหัวจรดปลายท้องของจิ้งหรีด (สุ่มบ่อละ 50 ตัว) เมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง และวัดเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของจิ้งหรีดในแต่ละทรีทเมนต์ = (จำนวนจิ้งหรีดสิ้นสุดการทดลอง / จำนวนจิ้งหรีดเริ่มต้นการทดลอง) x 100

- คำนวณหาประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของจิ้งหรีดรวม (feed conversion ratio; FCR)
(ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร = น้ำหนักอาหารทั้งหมดที่กิน / น้ำหนักจิ้งหรีดทั้งหมด

- เก็บตัวอย่างอาหาร จำนวน 10 กรัม และจิ้งหรีดจำนวน 50 ตัว นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี เช่น วัตถุแห้ง (dry matter, DM) โปรตีนหยาบ (crude protein, CP) ไขมัน (Ether extract), เถ้า (ash) และเยื่อใย ตามวิธีการของ AOAC (2016)

- การวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุ นำตัวอย่างจิ้งหรีดอบแห้งและบดละเอียดจำนวน 2.0 กรัม ละลายด้วยกรดไนตริก (HNO_3) เข้มข้นร้อยละ 70 ปริมาตร 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร และกรดเพอร์คลอริกเข้มข้น ($HClO_4$) 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ย่อยตัวอย่างที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เมื่อควันเริ่มเป็นสีขาวเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 220 องศาเซลเซียส ใช้น้ำอุ่นล้างภายในขวด ผ่านกระดาษกรองหลาย ๆ ครั้งจนได้ปริมาตร 80-90 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปรับปริมาตรเป็น 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปิดจุกเขย่าให้เข้ากันเก็บไว้วิเคราะห์ต่อไป สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณธาตุ โซเดียม แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม สังกะสี และเหล็กด้วย Atomic Absorption Spectrophotometer ตามวิธีมาตรฐาน AOAC (2016)

- การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินบี 1 และ 2 เตรียมสารละลาย บัฟเฟอร์ใช้โซเดียมเฮกเซนซัลโฟเนต 1.08 กรัม และโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 1.36 กรัม ละลายในน้ำ 940 ลูกบาศก์เซนติเมตร และไทรเอทิลแอมีน 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้เป็น 3.0 ด้วย นำตัวอย่างมา 10 กรัม บดให้ละเอียดสกัดด้วยตัวทำละลาย 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำไปวางในอ่างน้ำร้อน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที จากนั้นปล่อยให้เย็นแล้วนำ มากรองด้วยเมมเบรนขนาด 0.45 ไมโครกรัม สำหรับสารละลายที่ใช้สกัดเตรียมจากแอซิโทไนไทรล์ 50 ลูกบาศก์เซนติเมตรและกรดแอซิติกเข้มข้น 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมน้ำ

ให้เป็น 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร เตรียมสารละลายมาตรฐาน วิตามินบี 1 ด้วยไทอามีนในกรดเกลือ (thiamine HCl) 26.7 มิลลิกรัม ในน้ำ 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนวิตามินบี 2 ใช้ไรโบฟลาวิน 6.9 มิลลิกรัม ในสารละลายที่ใช้สกัด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำของเหลวไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง High performance liquid chromatography (HPLC) โดยใช้คอลัมน์ C18 (4.6 x 250 mm, 5μm) ตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 210 นาโนเมตร วิตามินบี 3 และ 6 วิเคราะห์หาตามวิธีของ Salvati et al. (2016) วิตามินบี 12 วิเคราะห์ตามวิธีการของ Giménez and Martin (2018) และหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตตามวิธีการของ FAO (2002)

ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด (Total phenolic) โดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu reagent โดยปิเปตสารสกัดเติมลงในหลอดทดลอง จากนั้นเติมสารละลายโฟลินซีโอเคาทูลความเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้นร้อยละ 5 ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสารละลาย ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที และนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ 765 นาโนเมตร นำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกรายงานผลเป็นปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรด แกลลิกต่อตัวอย่าง 1 กรัมน้ำหนักแห้ง (Lee et al., 2015)

วิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH Radical Scavenging Capacity Assay ตามวิธีการของ Brand-Williams et al. (1995)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดจากการทดลองมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนทางสถิติโดย analysis of variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) โดยใช้ Proc. ANOVA (SAS, 2013) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีทเมนต์ด้วย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาการใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ในท้องถิ่นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพบว่าน้ำหนักตัวเฉลี่ยความยาวลำตัวเฉลี่ย ปริมาณการกินอาหาร อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 0.4-0.5 กรัม ความยาวลำตัวเฉลี่ย 20.1-20.5 มิลลิเมตร ปริมาณการกินอาหารรวมในแต่ละทรีทเมนต์มีค่าอยู่ระหว่าง 4,490.8 - 4580.2 กรัม อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก 1.5-1.8 ตามลำดับ อัตราการมีชีวิตรอดไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) และราคาต้นทุนอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) พบว่าอาหารทรีทเมนต์ที่ 1 มีราคาต้นทุนอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัมสูงกว่าอาหารทรีทเมนต์ 2 3 4 5 คือ 15.2 14.4 13.0 14.2 และ 12.9 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังแสดงใน **Table 2**

ผลการศึกษาการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นในอาหารต่อคุณค่าทางโภชนะของจิ้งหรีดพบว่าระดับเถ้า เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่ระดับของโปรตีนและไขมันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) คือ กลุ่มที่ได้รับอาหารทรีทเมนต์ที่ 1 มีค่าระดับโปรตีนและไขมันสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยมีค่าเท่ากับ 76.2% และ 14.8 % ตามลำดับ ดังแสดงใน **Table 3**

ผลการศึกษาการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นในอาหารต่อระดับวิตามินบีของจิ้งหรีด พบว่า ระดับวิตามิน บี1 บี3 และบี 6 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่กลุ่มที่ได้รับอาหารทรีทเมนต์ที่ 4 และกลุ่มที่ได้รับอาหารทรีทเมนต์ที่ 5 มีค่าระดับวิตามินบี 2 และ บี 12 สูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยมีค่าระดับวิตามินบี 2 เท่ากับ 6.2 และ 6.6 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ และมีค่าระดับวิตามินบี 12 เท่ากับ 6.4 และ 6.5 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ ดังแสดงใน **Table 4**

ผลการศึกษาการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นในอาหารต่อปริมาณแร่ธาตุของจิ้งหรีด พบว่า แร่ธาตุแคลเซียม เหล็ก และสังกะสี ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในทุกกลุ่มทดลอง แต่แร่ธาตุโซเดียม ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม มีความแตกต่างกันทางสถิติ

(P<0.05) โดยอาหารทรีทเมนต์ที่ 1 มีค่าปริมาณแร่ธาตุโซเดียม ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม สูงที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 450.1 906.8 และ 1,065.2 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมวัตถุแห้ง ดังแสดงใน **Table 5**

ผลการศึกษาการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นในอาหารต่อปริมาณสารฟีนอลิกรวม พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กลุ่มที่ได้รับอาหารทรีทเมนต์ที่ 2 3 4 และ 5 สูงกว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารทรีทเมนต์ที่ 1 ซึ่งมีค่าระดับสารฟีนอลิกรวม เท่ากับ 287.5 295.7 290.1 295.8 และ 250.1 mg GAE/100 ของตัวอย่าง ตามลำดับ ดังแสดงใน **Table 6** การทดสอบสมบัติด้านปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยวิธีดักจับอนุมูลอิสระ (DPPH) ไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกกลุ่มทดลอง (P>0.05) ดังแสดงใน **Table 6**

Table 1 Feed ingredients and chemical composition of diet

Item	Formula (kg)				
	T1	**T2**	**T3**	**T4**	**T5**
Soybean meal (SBM)	30.0	15.0	-	15	-
Cassava leaf powder (CLP)	-	15.0	30	-	-
Mulberry leaf powder (MLP)	-	-	-	15.0	30.0
Toasted coconut	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Rice bran	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
Cassava chip powder	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
Vitamin Mix	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Di-calcium phosphate	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Total weight (kg)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Cost per kilogram (Baht)	10.1	9.0	7.2	8.9	7.1
Chemical composition (% dry matter)					
Dry matter	89.1	90.2	90.4	89.9	90.3
Organic matter	94.7	93.2	92.8	93.5	92.6
Ash	5.3	6.8	7.2	6.5	7.4
Crude protein	21.0	18.0	15.0	18.0	15.0

T1= SBM 30 % (21% CP), T2= SBM 15 % + CLP 15% (18.0% CP), T3= CLP 30% (15.0% CP),

T4= SBM 15 % + MLP 15% (18.0% CP), T5= MLP 30% (15.0% CP)

Table 2 Effect of local feed resources on mean body weight, mean body length, quantity of feed consume, survival rate and cost of feeding per kg live weight gain of the crickets

Item	Treatment					SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4	T5		
Mean body weight (g)	0.5	0.4	0.4	0.5	0.4	0.16	0.10
Mean body length (mm)	20.5	20.1	20.2	20.4	20.5	0.05	0.26
Quantity of total feed consume (g/experimental unit)	4,510.1	4,490.8	4,580.2	4,544.5	4,560.6	1.20	0.95
FCR	1.5	1.6	1.8	1.6	1.8	0.42	0.13
Survival rate (%)	95.2	94.9	95.8	95.6	96.0	0.23	0.09
Cost of feeding per kg live weight gain (Thai baht)	15.2[c]	14.4[b]	13.0 [a]	14.2[b]	12.9[a]	2.86	0.04

T1= SBM 30 % (21% CP), T2= SBM 15 % + CLP 15% (18.0% CP), T3= CLP 30% (15.0% CP),

T4= SBM 15 % + MLP 15% (18.0% CP), T5= MLP 30% (15.0% CP)

[a,b,c] Mean values with different superscripts letters in a row are significant at the 0.05 level

Table 3 Effect of local feed resources on chemical composition of the crickets

Item	Treatment					SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4	T5		
Dry matter content	28.6	27.9	28.3	28.0	28.9	0.81	0.11
Chemical composition (% dry matter basis)							
Protein	76.2 [c]	75.2[b]	73.4[a]	75.4 [b]	74.1 [a]	0.41	0.03
Fat	14.8 [c]	13.6 [b]	12.5 [a]	13.7[b]	12.8 [a]	0.56	0.03
Ash	4.6	4.5	4.6	4.4	4.5	0.45	0.83
Fiber	4.6	5.5	6.6	5.9	6.5	0.64	0.35
Carbohydrate	10.2	10.1	10.3	10.2	10.1	0.12	0.20

T1= SBM 30 % (21% CP), T2= SBM 15 % + CLP 15% (18.0% CP), T3= CLP 30% (15.0% CP),

T4= SBM 15 % + MLP 15% (18.0% CP), T5= MLP 30% (15.0% CP)

[a,b,c]Mean values with different superscripts letters in a row are significant at the 0.05 level

Table 4 Effect of local feed resources on vitamin B content (mg/100 g dry matter basis) of the crickets

Item	Treatment					SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4	T5		
B1	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.61	0.17
B2	5.1 [a]	5.2 [a]	5.4 [a]	6.2 [b]	6.6 [b]	0.16	0.03
B3	1.1	1.0	1.2	1.2	1.3	1.14	0.93
B6	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	2.56	0.44
B12	5.1[a]	5.0 [a]	5.1[a]	6.4[b]	6.5[b]	3.42	0.02

T1= SBM 30 % (21% CP), T2= SBM 15 % + CLP 15% (18.0% CP), T3= CLP 30% (15.0% CP),

T4= SBM 15 % + MLP 15% (18.0% CP), T5= MLP 30% (15.0% CP)

[a,b,c] Mean values with different superscripts letters in a row are significant at the 0.05 level

Table 5 Effect of local feed resources on mineral content (mg/100 g dry matter basis) of the crickets

Item	Treatment					SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4	T5		
Sodium	450.1 [b]	337.5 [a]	350.7 [a]	340.8 [a]	361.6 [a]	1.98	0.04
Calcium	166.6	160.2	158.7	165.2	161.4	4.23	0.48
Iron	3.5	3.3	3.1	3.3	3.4	3.22	0.11
Phosphorus	906.8 [b]	850.4 [a]	812.8 [a]	870.9 [a]	881.6 [a]	6.35	0.03
Potassium	1,065.2 [b]	952.2 [a]	847.6 [a]	962.6 [a]	950.1[a]	4.11	0.04
Zinc	16.5	15.2	15.6	16.1	16.4	1.02	0.87

T1= SBM 30 % (21% CP), T2= SBM 15 % + CLP 15% (18.0% CP), T3= CLP 30% (15.0% CP),

T4= SBM 15 % + MLP 15% (18.0% CP), T5= SBM 15 % + MLP 15% (15.0% CP)

[a,b] Mean values with different superscripts letters in a row are significant at the 0.05 level

Table 6 Effect of local feed resources on total phenolic content (mg GAE/100 g of sample) and 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) of the crickets

Item	Treatment					SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4	T5		
Total phenolic (mg GAE/100g sample	250.1 [a]	287.5 [b]	295.7[b]	290.1 [b]	295.8[b]	6.07	0.04
DPPH (%AI)	25.1	24.6	26.4	25.2	26.8	1.25	0.81

T1= SBM 30 % (21% CP), T2= SBM 15 % + CLP 15% (18.0% CP), T3= CLP 30% (15.0% CP),

T4= SBM 15 % + MLP 15% (18.0% CP), T5= MLP 30% (15.0% CP)

[a,b,]Mean values with different superscripts letters in a row are significant at the 0.05 level

วิจารณ์

การศึกษารูปแบบการเจริญเติบโตที่เหมาะสมของจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อการพัฒนาอาหารที่เหมาะสมเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต จากการศึกษาพบว่าการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่น ได้แก่ ใบมันสำปะหลังบด และใบหม่อนบด มีศักยภาพสูงในการใช้ในสูตรอาหารจิ้งหรีดส่งผลต่อการลดต้นทุนการผลิต นอกจากนี้ Orinda et al. (2017) รายงานว่าจิ้งหรีดสามารถเจริญเติบโตได้ดีในอาหารที่มีโปรตีน 20–30% แต่ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำสามารถเจริญเติบโตได้ดีโดยได้รับอาหารที่มีโปรตีนระหว่าง 15.0-21.0% ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ ทัศนีย์และคณะ (2547) ได้รายงานว่าอาหารที่มีโปรตีนในระดับ 15 % เป็นระดับโปรตีนที่จิ้งหรีดสามารถเจริญเติบโตได้ อย่างไรก็ตามอิทธิพลของอาหารที่มีต่อขนาดตัวของจิ้งหรีดโดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำหนักตัวเป็นสิ่งสำคัญในการพิจารณาความเหมาะสมของอาหารเพื่อเพิ่มรายได้ อัตราการรอดชีวิตของจิ้งหรีดในสูตรอาหารทั้ง 5 สูตร มีค่ามากกว่า 90% ซึ่งสอดคล้องกับ Veenenbos and Oonincx (2017) รายงานว่าจิ้งหรีดมีอัตราการรอดชีวิตสูงในอาหารที่มีโปรตีนสูง การเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอาหารที่มีโปรตีนที่เหมาะสมจะส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโต อัตราการมีชีวิตรอด และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก (Lall et al., 2002) ในการศึกษาทดลองครั้งนี้อัตราการมีชีวิตรอดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) สาเหตุหลักที่จิ้งหรีดในการศึกษานี้มีอัตราการรอดชีวิตสูงอาจเป็นเพราะจิ้งหรีดได้รับอาหารที่เพียงพอและเลี้ยงดูภายใต้แนวปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี การเปรียบเทียบผลของอาหารต่อประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักพบว่าไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Veenenbos และ Oonncx (2017) พบว่าจิ้งหรีดที่เลี้ยงด้วยอาหารโปรตีนที่เหมาะสมที่เสริมด้วยแครอทส่งผลให้ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไม่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม สำหรับต้นทุนการให้อาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของอาหารที่มีโปรตีนต่ำมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

การศึกษาก่อนหน้านี้ได้รายงานปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมันในอาหารมีผลต่อต่อองค์ประกอบทางเคมีของจิ้งหรีด ซึ่งจิ้งหรีดจะมีโปรตีนสูงและไขมันต่ำเมื่อได้รับอาหารที่มีโปรตีนสูง Oonincx et al. (2019) อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้พบว่าจิ้งหรีดกลุ่มที่ได้รับทรีทเมนต์ที่ 1 อาหารผสมกากถั่วเหลือง 30 % (โปรตีน 21.0%) มีระดับโปรตีนและไขมันสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ($P<0.05$) สาเหตุเนื่องมาจากโปรตีนและไขมันในอาหารที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของโปรตีนและไขมันในจิ้งหรีด นอกจากนี้ระดับโปรตีนและไขมันในจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Oonncx et al. (2015) และ Ayieko et al. (2016)

ผลของอาหารต่อระดับวิตามินบีและแร่ธาตุในจิ้งหรีด พบว่าจิ้งหรีดกลุ่มที่ได้รับการเสริมใบหม่อน 15 % และ 30 % มีระดับวิตามินบี 2 และวิตามินบี 12 สูงที่สุด ($P<0.05$) สาเหตุเนื่องมาจากใบหม่อนเป็นพืชที่อุดมไปด้วยวิตามิน และระดับวิตามินบี 2 และวิตามินบี 12 ในการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานของ Ayieko et al. (2016) อย่างไรก็ตามวิตามินบี 1 บี3 และ บี6 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) การศึกษาครั้งนี้พบว่าระดับแร่ธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และโซเดียมเป็นแร่ธาตุที่มีมากที่สุดในจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำ จิ้งหรีดกลุ่มที่ได้รับกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีระดับแร่ธาตุโซเดียม ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสูงที่สุด ($P<0.05$) โดยระดับแร่ธาตุมีความสอดคล้องกับระดับแร่ธาตุของจิ้งหรีดที่รายงานโดย Bawa et al. (2020) อย่างไรก็ตามความแตกต่างของแร่ธาตุในจิ้งหรีดมีสาเหตุเนื่องมาจากแร่ธาตุในวัตถุดิบอาหารแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันปริมาณโปรตีนและแร่ธาตุของจิ้งหรีดในบ้านจะสูงเมื่อกินอาหารที่มีโปรตีนสูง (Oonncx et al., 2019)

จิ้งหรีดกลุ่มที่ได้รับใบหม่อนและใบมันสำปะหลังมีสารประกอบคอนเดนซ์แทนนิน ที่ระดับ 4.2 และ 5.4 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Wanapat et al., 2018; Tan et al., 2012) ซึ่งสารคอนเดนซ์แทนนินเป็นสารประกอบโพลีฟีนอลมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระโดยการเสริมในอาหารในระดับที่เหมาะสมจะช่วยให้จิ้งหรีดเจริญเติบโตได้ดีและเพิ่มอัตราการมีชีวิตรอด นอกจากนี้พบว่าการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นในอาหารต่อระดับสารฟีนอลิกรวมในจิ้งหรีด พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กลุ่มที่ได้รับอาหารทรีทเมนต์ที่ 2 3 4 และ 5 มีค่าระดับสารฟีนอลิกรวมสูงกว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารทรีทเมนต์ที่ 1 ซึ่งมีค่าระดับสารฟีนอลิกรวม เท่ากับ 287.5 295.7 290.1 295.8 และ 250.1 mg GAE/100 ของตัวอย่าง ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Mattia et al. (2019) ได้รายงานระดับสารสารฟีนอลิกรวมในจิ้งหรีดมีค่าเท่ากับ 300 mg GAE/100

ประทุมพร และเยาวรัตน์ (2557) ได้รายงานการจัดการผลิต ต้นทุนและผลตอบแทนจากการเลี้ยงจิ้งหรีดของเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอาหารสัตว์ปีกสำเร็จรูปในจังหวัดขอนแก่น กาฬสินธุ์ และมหาสารคาม พบว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีดส่วนใหญ่เลี้ยงจิ้งหรีด

พันธุ์ทองดำ ผลผลิตที่ได้จากการเลี้ยงจิ้งหรีดสูงที่สุดในช่วงเดือน พฤษภาคม – กรกฎาคม เมื่อพิจารณาจากต้นทุนการผลิตพบว่ามีต้นทุนค่าอาหารทั้งหมดเท่ากับ 94.1 บาทต่อกิโลกรัม มีรายได้สุทธิ 25.9 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งการศึกษาทดลองในครั้งนี้พบว่าการเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยวัตถุดิบอาหารในท้องถิ่นได้แก่ ใบมันสำปะหลังบด และใบหม่อนบด ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหาร ช่วยลดต้นทุนการผลิต ซึ่งทำให้ต้นทุนทางด้านอาหารลดลงอย่างน้อย 18% เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีกากถั่วเหลือง 30%

สรุป

การใช้วัตถุดิบอาหารในท้องถิ่นได้แก่ ใบมันสำปะหลังบดหรือใบหม่อนบด สามารถใช้ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดต้นทุนการผลิต ดังนั้นการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นในอาหารจิ้งหรีดจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการลดต้นทุนค่าอาหารในการเลี้ยงจิ้งหรีด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครพนม และศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรอาหารสัตว์เขตร้อน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

ทัศนีย์ แจ่มจรรยา, ชาญชัย ถาวรอนุกูลกิจ และพิษณุ อุตตมะเวทิน. 2547. การผลิตแมลงกินได้เพื่อเศรษฐกิจและโภชนาการชุมชน: จิ้งหรีด. สาขาวิชากีฏวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ และภาควิชาโภชนวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ประทุมพร คำภาสุข และ เยาวรัตน์ ศรีวรานันท์. 2557. การจัดการการผลิต และการตลาดของฟาร์มจิ้งหรีด ในเขตพื้นที่จังหวัดขอนแก่น กาฬสินธุ์ และมหาสารคาม. วารสารแก่นเกษตร 42: 547-554.

AOAC International. 2016. Official method of analysis, 19th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

Ayieko, M., H. Ogola, and I. Ayieko. 2016. Introducing rearing crickets (gryllids) at household levels: adoption, processing and nutritional values. Journal of Insects Food and Feed. 2: 203–211.

Bawa, M., S. Songsermpong, C. Kaewtapee, and W. Chanput. 2020. Effect of diet on the growth performance, feed conversion, and nutrient content of the house cricket. Journal of Insect Science. 20: 1-10.

Brand-Williams, W., M.E. Cuvelier, and C. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Food Science and Technology. 28: 25-30.

FAO.2002. Food energy – methods of analysis and conversion factors. Available: http://www.fao.org/3/y5022e/y5022e00.htm. Accessed Dec. 30, 2020.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)/World Health Organization (WHO). 2017. The state of food security and nutrition in the world 2017. Building resilience for peace and food security. FAO, Rome, Italy.

Giménez, E. C., and F. Martin. 2018. Vitamin B12 (cyanocobalamin) in infant formula adult/pediatric nutritional formula by liquid chromatography with ultraviolet detection: collaborative study, final action 2014.02. Journal of AOAC International. 101: 1112–1118.

Hanboonsong, Y., T. Jamjanya, and P. Durst. 2013. Six-legged livestock: edible insect farming, collection on and marketing in Thailand. Bangkok, Thailand.

Lall, D., S.S. Dahiya, T.R. Chavhan, and B.S. Puniya. 2002. Utilization of certain essential minerals in buffalo calves fed on farm ration. Indian Journal of Animal Nutrition. 19: 204–209.

Lee Y.H., C. Choo, M.I. Watawana, N. Jayawardena, and V.Y. Waisundara. 2015. An appraisal of eighteen commonly consumed edible plants as functional food based on their antioxidant and starch hydrolase inhibitory activities. Journal of Science Food and Agriculture. 95: 2956-2964.

Mattia, C.D., A. Battista, G. Saxxhetti, and M. Serafini. 2019. Antioxidant Activities in vitro of Water and Liposoluble Extracts Obtained by Different Species of Edible Insects and Invertebrates. Frontiers in Nutrition. 6: 106.

Oonincx, D., S. Laurent, M. Veenenbos, and J. Loon. 2019. Dietary enrichment of edible insects with omega 3 fatty acids. Insect Science. 27: 500-509.

Oonincx, D.G., S. Van Broekhoven, A. Van Huis, and J.J. Van Loon. 2015. Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. PLoS One. 10: e0144601.

Orinda, M. A., R.O. Mosi, M.A. Ayieko, and F. Amimo. 2017. Growth performance of common house cricket (*Acheta domesticus*) and field cricket (*Gryllus bimaculatus*) crickets fed on agro-byproducts. Journal of Entomology Zoology Studies. 5: 1664–1668.

Salvati, L. M., S.C. McClure, T.M. Reddy, and N.A. Cellar. 2016. Simultaneous determination of total vitamins B1, B2, B3, and B6 in infant formula and related nutritionals by enzymatic digestion and LC-MS/ MS: single-laboratory validation, first action 2015.14. Journal of AOAC International. 99: 776-785.

SAS. 2013. What's New in SAS® 90, 91, 912, and 913 Cary, NC: SAS Institute Inc.

Tan, N.D., M. Wanapat, S. Uriyapongson, A. cherdthong, and R. Pilajun. 2012. Enhancing mulberry leaf meal with urea by pelleting to improve rumen fermentation in cattle. Asian Australasian Journal of Animal Science. 25(4): 452-461.

Veenenbos, M., and D. Oonincx. 2017. Carrot supplementation does not affect house cricket performance (*Acheta domesticus*). Journal of Insects Food and Feed. 3: 217-221.

Wanapat, M., K. Phesatcha, B. Viennaxay, B. Phesatcha, T. Ampapon, and S. Kang. 2018. Strategic supplementation of cassava top silage to enhance rumen fermentation and milk production in lactating dairy cows in the tropics. Tropical Animal Health and Production. 50: 1539-1546.