

การใช้หนอนแมลงวันลายในการกำจัดขยะอาหาร
ในมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
USED OF BLACK SOLDIER FLY LARVAE (*HEMETIA ILLUCENS* L.)
FOR FOOD WASTE MANAGEMENT
IN RAMBHAH BARNI RAJABHAT UNIVERSITY

อรรถกร คำจันทร์* สรศักดิ์ นาคเอี่ยม ฉัตรมงคล สี่ประสงค์ ณมนรัก คำจันทร์ และอาทร สกุลวรกิจ
Attakorn Khamchutra*, Sorasak Nakeiam, Chatmongkol Sriprasong,
Na-monrug Khamchatra and A-thorn Sakulworakit

บทคัดย่อ

งานวิจัยเป็นการประยุกต์ใช้หนอนแมลงวันลาย (BSFL) ในการจัดการอินทรีย์ประเภทขยะอาหาร โดยส่วนแรกศึกษาการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันลายที่เลี้ยงด้วยขยะเศษอาหารน้ำหนัก 1,000 กรัม จากโรงอาหารด้วยหนอนแมลงวันลายจำนวน 50 100 200 และ 400 ตัวต่อกระบะ ในระยะเวลา 20 วัน ในส่วนที่สองเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันลายเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมให้มอดค์ประกอบแตกต่างกัน โดยใช้จำนวนตัวหนอน 10 ตัวต่อกล่อง ให้อาหารปริมาณ 300 กรัม ระยะเวลาเลี้ยง 10 วัน ผลการทดลองส่วนแรกพบเมื่อใช้หนอนแมลงวันลาย 400 ตัวต่อกระบะ ซึ่งเท่ากับอัตราการป้อนอาหาร 125 มิลลิกรัมต่อตัวต่อวันหรือปริมาณอาหาร 1,000 มิลลิกรัมต่อตัว มีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดปริมาณของขยะอาหาร แต่หนอนมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยน้อยที่สุด โดยมีค่าดัชนีการลดของเสีย (WRI) เท่ากับ 1.73 ± 0.21 และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การทดลองส่วนที่สองพบว่า อาหารสูตรผสมข้าวสุก สูตรผสมผักลวก และสูตรผสมรวม ทำให้หนอนแมลงวันลายมีน้ำหนักตัวมากกว่าการเลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมเนื้อหมูบดหรืออาหารควบคุม โดยอาหารสูตรผสมผักลวกและอาหารสูตรผสมรวม มีค่า WRI สูงกว่าอาหารสูตรอื่น (7.75 ± 0.13 และ 7.84 ± 0.08 ตามลำดับ) จากผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้หนอนแมลงวันลายเป็นวิธีการจัดการขยะอาหารที่มีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: หนอนแมลงวันลาย ขยะอาหาร ดัชนีการลดของเสีย

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี 22000

Faculty of Science and Technology, Rambhai Barni Rajabhat University, Muang District, Chanthaburi Province 22000

*corresponding author e-mail: attakorn.k@rbru.ac.th

Received: 28 August 2024; Revised: 22 November 2024; Accepted: 6 December 2024

DOI: <https://doi.org/10.14456/lsej.2024.34>

Abstract

This research investigated the use of black soldier fly larvae (BSFL) for decomposing cafeteria food waste. The first part of the study investigates the growth of BSFL fed 1,000 grams per tray of food waste with 50, 100, 200, and 400 larvae over a 20-day period. The second part compares the growth of BSFL fed different food compositions using 10 larvae per box, 300 grams of food, over a 10-day period. It was found that using 400 larvae per tray with a feeding rate of 125 mg/larvae/day (wet basis) was most effective in reducing substrates volume. However, these larvae had lower body weight, the waste reduction index (WRI) was 1.73 ± 0.21 , has not shown a significant difference. Subsequently, the larvae fed with cooked rice, blanched vegetables, and a mixed formula had a significantly higher growth rate compared to minced pork and a control formula. And the blanched vegetable and mixed formula diets resulted in a significantly higher WRI 7.75 ± 0.13 and 7.84 ± 0.08 respectively. These findings suggest that BSFL larvae are a promising method for food waste management.

Keywords: black soldier fly larvae (BSFL), food waste, waste reduction index (WRI)

บทนำ

แมลงวันลาย (*Hermetia illucens* L.) จัดอยู่ในวงศ์ Stratiomyidae อันดับ Diptera ตัวเต็มวัยจะมีลักษณะภายนอกคล้ายตัวต่อ ลำตัวมีสีดำ ที่ปลายขาทุกคู่มีสีขาวยื่นชัดเจน มีความยาวร่างกาย 12-20 มิลลิเมตร โดยเพศเมียมีความยาวของร่างกายและความยาวของปีกมากกว่าเพศผู้เล็กน้อย พบได้ทั่วไปในสภาพภูมิอากาศแบบเขตร้อนและเขตอบอุ่น มีชีวิตจำกัดของการพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยอยู่ที่อุณหภูมิในช่วง 30-36 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิลดต่ำลงตัวหนอนจะมีการพัฒนาจะช้าลงและมีขนาดตัวใหญ่ขึ้น (Tomberlin & Sheppard, 2001) ไม่มีรายงานว่าแมลงวันลายเป็นอันตรายต่อมนุษย์ไม่เป็นพาหะนำโรค และไม่เป็นศัตรูพืช (Sheppard et al., 2002) แมลงวันลายระยะตัวหนอนไม่มีขา ลำตัวมี 12 ปล้อง เรียวยาวแบนด้านบนล่าง มีสีแตกต่างกันในแต่ละระยะของตัวหนอน โดยในระยะแรกเป็นสีขาว และมีสีเข้มขึ้นในระยะท้ายของการเจริญเติบโต เมื่อเป็นหนอนระยะก่อนเข้าดักแด้จะมีสีน้ำตาลเข้ม มีความยาวประมาณ 15-22 มิลลิเมตร น้ำหนักประมาณ 200 มิลลิกรัม (Tanchow, 2017) เมื่อเข้าสู่ระยะดักแด้จะไม่เคลื่อนที่และไม่กินอาหาร (Barros et al., 2019) แสดงวงจรชีวิตในภาพที่ 1 (Figure 1)

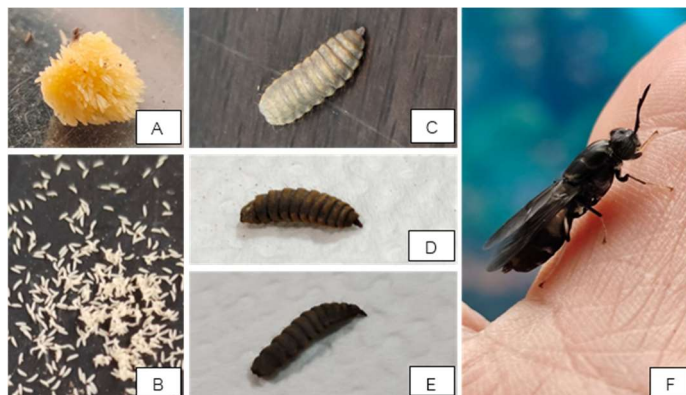


Figure 1 Developmental stages in the life cycle of black soldier fly *Hermetia illucens*
(A) 1st instar larva stage (B) 2nd instar larva stage (C) 3rd instar larva stage (D)
6th instar larva stage (pre-pupa) (E) pupa stage and (F) Adult stage.

แมลงวันลายพบได้ง่ายบริเวณที่มีซากมูลสัตว์และซากพืชที่กำลังย่อยสลาย เนื่องจากในระยะตัวหนอนของแมลงวันลายกินซากอินทรีย์วัตถุได้หลากหลายชนิดเป็นอาหาร (Üstüner et al., 2003) แมลงวันลายตัวเต็มวัยจึงชอบวางไข่ในร่องหรือรอยแยกแตกของวัตถุที่อยู่ใกล้กับแหล่งอาหารของตัวหนอน หนอนแมลงวันลายมีอัตราการกินอาหารที่สูงมาก โดยเฉพาะมูลของปศุสัตว์ จึงมีการนำหนอนแมลงวันลายมาใช้ในการลดปริมาณมูลของปศุสัตว์ได้ (Čičková et al., 2015) โดยแมลงวันลายสามารถเปลี่ยนขยะอินทรีย์เป็นมูลของหนอนแมลงวันลายได้สูงสุดร้อยละ 25 ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ (Dortmans et al., 2017) นอกจากนี้แมลงวันลายยังถูกนำมาใช้ในการควบคุมแมลงวันบ้านโดยชีววิธี โดยแมลงวันลายสามารถจำกัดการวางไข่และลดจำนวนตัวหนอนของแมลงวันบ้านได้ (Bradley & Sheppard, 1984) ช่วยให้ควบคุมการวางไข่ของแมลงวันบ้าน (*Musca domestica*) ได้ (Miranda et al., 2019 : 11-12) และสามารถใช้ระยะของหนอนแมลงวันลายเพื่อประมาณระยะเวลาหลังการตายในทางนิติวิทยาศาสตร์ได้อีกด้วย (Pujol-Luz et al., 2008) จากการศึกษาพบว่าชนิดของแบคทีเรียในลำไส้ของหนอนแมลงวันลายและแบคทีเรียในแหล่งอาหารซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยของตัวหนอนมีความสัมพันธ์กัน โดยขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารและความหนาแน่นของตัวหนอน เมื่อจำนวนตัวหนอนเพิ่มขึ้นจำนวนแบคทีเรียแลคโตบาซิลลัสในอาหารจะลดลง การกินอาหารของตัวหนอนจะทำให้อุณหภูมิของกล่องอาหารเพิ่มขึ้น ช่วยให้การย่อยสลายเร็วขึ้นและลดปริมาณแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค มีผลต่อความปลอดภัยในการนำตัวหนอนไปบริโภค (Schreven et al., 2022) หนอนแมลงวันลายยังมีศักยภาพในการบำบัดน้ำชะขยะ เมื่อผสมน้ำชะขยะกับขี้เลื่อย หรือกากเบียร์ หนอนแมลงวันลายสามารถเปลี่ยนของเสียเป็นก๊าซและชีวมวลได้ (Grossule & Lavagnolo, 2020) ในการทดลองเลี้ยงหนอนแมลงวันลาย โดยใช้รำข้าวผสมลงในน้ำชะขยะในสัดส่วนร้อยละ 25 50 75 และ 100 พบว่าในอาหารมีลักษณะเหลว อัตราการตายของหนอนจะสูงกว่า มีน้ำหนักตัวน้อยกว่า หนอนไม่สามารถเข้าสู่ดักแต่ได้ภายใน

ระยะเวลา 60 วัน (Grossule & Lavagnolo, 2020) และความขึ้นของอาหารส่งผลต่อความยากง่ายในการนำผลผลิตที่เหลือจากย่อยของหนอนแมลงวันลายไปใช้ การคัดแยกจะทำได้ยากเมื่อความขึ้นมีค่ามากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ (Cheng & Lo, 2017)

การเลี้ยงหนอนแมลงวันลายโดยใช้กากตะกอนจากบ่อเกรอะร่วมกับเศษผักจากตลาดสดในสัดส่วนต่าง ๆ ใช้อัตราการให้อาหารในปริมาณ 167 มิลลิกรัมต่อตัวต่อวัน พบว่าที่ระยะเวลา 15 วัน น้ำหนักของหนอนแมลงวันลายอยู่ระหว่าง 195-220 มิลลิกรัม โดยอาหารที่มีสัดส่วนของผักอยู่เป็นจำนวนมากจะให้น้ำหนักของหนอนน้อยกว่า (Diener et al., 2011) ขณะที่การเลี้ยงหนอนแมลงวันลายจำนวนกล่องละ 200 ตัว โดยใช้ฟางข้าวบด ซึ่งเป็นอาหารที่มีเส้นใยเซลลูโลสสูง ใช้เวลาเลี้ยงเป็นระยะเวลา 60 วัน ให้อาหารในอัตราส่วน 12.5 25 50 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อตัวต่อวัน พบว่าการให้อาหารในปริมาณมากทำให้หนอนในระยะก่อนเข้าดักแด้มีน้ำหนักมากที่สุด มีระยะเวลาพัฒนาการสั้นที่สุด 38.2 ± 1.15 วัน แต่มีประสิทธิภาพในการลดของเสียน้อยที่สุด มีค่า Waste Reduction Index (WRI) เท่ากับ 0.204 ± 0.01 (Manurung et al., 2016) ในการศึกษาการย่อยสลายขยะอินทรีย์ด้วยหนอนแมลงวันลายโดยมีส่วนผสมของ เศษผักผลไม้ ของเสียจากโรงแปรรูปเนื้อสัตว์ และอาหารไก่สำเร็จรูป ในสัดส่วนต่าง ๆ ที่นำมารวมกันให้น้ำหนัก 10 กิโลกรัม แบบให้ครั้งเดียว ใส่ตัวหนอนอายุ 5 วัน จำนวน 6,000 ตัว หรือเท่ากับ 75.75 มิลลิกรัมต่อตัวต่อวัน เมื่อครบอายุ 22 วันพบว่าหนอนที่เลี้ยงด้วยส่วนผสมในสัดส่วนเศษผักต่อเศษเนื้อ 75 ต่อ 25 มีน้ำหนักมากที่สุด 216 มิลลิกรัมต่อตัว แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับอาหารไก่สำเร็จรูป การให้หนอนกินแต่ผักหรือในอาหารมีส่วนผสมของเศษเนื้อมากขึ้นไม่เป็นผลดีต่อการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันลาย การใช้เศษผักอย่างเดียวมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำที่สุด แต่ก็มีอัตราการตายน้อยที่สุด (Addeo et al., 2021) การให้อาหารแบบต่อเนื่องจะทำให้ขนาดและน้ำหนักของตัวหนอนดีกว่าการให้อาหารแบบครั้งเดียวเนื่องจากหนอนได้รับอาหารที่ใหม่อยู่เสมอ มีเวลาเพียงพอในการย่อยอาหาร และตัวอาหารไม่เกิดการเน่าเสียจากเชื้อจุลินทรีย์อื่น ๆ (Holtermans, 2023)

นอกจากนี้หนอนแมลงวันลาย (black soldier fly larvae) หรือ BSFL ยังแปรรูปเป็นอาหารน้ำมันเชื้อเพลิงได้ ปุ๋ยของดักแด้ประกอบด้วยสารโคติน ซึ่งช่วยให้ผลผลิตเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีคุณค่าทางอาหารต่ำกลายเป็นอาหารสัตว์ที่มีคุณค่าทางอาหารสูงได้ (Siddiqui et al., 2022) อาหารที่ใช้สามารถเลี้ยงหนอนแมลงวันลายที่มีความหลากหลาย ปริมาณโปรตีนที่พบในหนอนแมลงวันลายจึงมีค่าอยู่ระหว่าง 42.1-51 % ไขมัน 35 % และให้พลังงาน 2,900 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (Burana & Jamjanya, 2011) และพบว่าการเลี้ยงหนอนแมลงวันลายด้วยเศษอาหารครัวเรือนมีประสิทธิภาพของการเจริญเติบโตที่ดีกว่าการเลี้ยงด้วยถั่วเหลือง กากเปี้ยว และมูลไก่ (Kinasih et al., 2018; Sun et al., 2022) ในประเทศมาเลเซียได้นำขยะอาหาร ของเสียจากการผลิตน้ำมันปาล์ม ขยะอินทรีย์จากครัวเรือนเศษปลา มาเป็นอาหารให้แมลงวันลายอายุ 5 วัน จำนวน 100 ตัว ในอัตราส่วน 250 500 1000 1500

และ 2000 มิลลิกรัมต่อตัวต่อวัน พบว่าขยะอาหารสามารถย่อยได้ดีที่สุด มีค่าดัชนีการลดของเสีย WRI เท่ากับ 4.43 ± 0.06 ที่อัตราการให้อาหาร 500 มิลลิกรัมต่อตัวต่อวัน โดยการให้อาหารจำนวนมากจะทำให้ตัวหนอนมีพัฒนาการเร็วขึ้น อย่างไรก็ตามที่อัตราการให้ขยะอาหาร 1,000 มิลลิกรัมต่อตัวต่อวัน ตัวหนอนมีพัฒนาการเร็วและมีน้ำหนักตัวในระยะก่อนเข้าสู่ดักแด้มากที่สุด คือตัวหนอนมีพัฒนาการในวันที่ 12 และมีน้ำหนักตัว 127.3 ± 2.4 มิลลิกรัม (Yuan & Hasan, 2022) ทั้งนี้เมื่อผสมขยะอาหารกับขี้เลื่อยในสัดส่วนขยะอาหาร 9 ส่วนต่อขี้เลื่อย 2 ส่วน แล้วใช้หนอนแมลงวันย่อยเป็นระยะเวลา 9 วัน จะได้ส่วนของขยะที่เหลือซึ่งสามารถใช้เป็นปุ๋ยและได้ตัวหนอนไปใช้เป็นอาหารสัตว์ ช่วยลดระยะเวลาในการในการทำปุ๋ยหมัก และได้ประโยชน์ทางอ้อมจากหนอนแมลงวันลาย (Liu et al., 2021) การล่อตัวหนอนแมลงวันลายจากธรรมชาติ มาช่วยจัดการขยะที่เตรียมไว้พบว่าสามารถลดปริมาณขยะอินทรีย์ได้ที่ประกอบด้วยเศษอาหารจากครัวเรือนและมูลวัวในสัดส่วน 3 ต่อ 1 ที่มีน้ำหนักรวม 4 กิโลกรัม และใส่ไส้เดือน 10 ตัวในวันที่ 15 เมื่อครบ 60 วัน พบว่าขยะมีปริมาตรลดลงร้อยละ 50 (Ritika et al., 2015)

หนอนแมลงวันลายจึงมีความเหมาะสมที่จะใช้เปลี่ยนแปลงขยะอินทรีย์ด้วยกระบวนการทางชีวภาพให้เป็นเชื้อเพลิงชีวภาพหรือเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ วิธีการนี้ได้ผลดีและได้รับความนิยมมากขึ้นในภูมิภาคอาเซียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศที่ยังไม่มีระบบและเทคโนโลยีการจัดการขยะอินทรีย์ที่เหมาะสม (Kim et al., 2021) ผู้วิจัยมีความประสงค์ที่จะศึกษาการกำจัดขยะอาหารที่เกิดขึ้นในมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ด้วยหนอนแมลงวันลาย โดยจะศึกษาทั้งการเปลี่ยนแปลงของขยะอาหารและลักษณะการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันลาย

วิธีดำเนินการวิจัย

ส่วนที่ 1 ศึกษาอัตราและลักษณะการย่อยสลายขยะอาหารด้วยหนอนแมลงวันลายในกรณีที่ใช้จำนวนตัวหนอนแตกต่างกัน 1) ภาชนะที่ใช้เลี้ยงเป็นตะกร้าพลาสติกตาถี่ทรงสี่เหลี่ยม ขนาด $25 \times 30 \times 5$ เซนติเมตร จำนวน 20 ใบ มีรูด้านล่างเพื่อระบายน้ำขยะ ใส่ในกระบะพลาสติกเพื่อรองรับน้ำขยะ เตรียมแผ่นฟิวเจอร์บอร์ด ปิดด้านบนของกระบะ และเตรียมผ้าตาข่ายตาถี่ไว้คลุม 2) นำขยะอินทรีย์จากโรงอาหาร อาคาร 36 เทใส่ตะกร้าตาถี่ทิ้งไว้ให้ขยะอินทรีย์สะเด็ดน้ำ ชั่งขยะน้ำหนัก 1,000 กรัม บรรจุลงในตะกร้าพลาสติก ชั่งน้ำหนักและวัดความสูงของขยะอินทรีย์ในตะกร้า 3) คัดเลือกหนอนแมลงวันลายอายุ 10 วัน วางลงบนอาหารเลี้ยง โดยแบ่งเป็น 5 ชุดการทดลอง ได้แก่ ไม่ใส่หนอนแมลงวันลาย (ชุดควบคุม) ใส่หนอนแมลงวันลาย 50 100 200 และ 400 ตัว ตามลำดับ 4) เรียงกระบะเลี้ยงบนชั้นภายในโรงเรือนเพาะเลี้ยงแมลง ของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี เลี้ยงในสภาวะอากาศเปิด บันทึกผลการยูกตัวของขยะทุก 5 วัน ทำการทดลอง 20 วัน โดยไม่มีการเติมอาหารเพิ่ม 5) สุ่มหนอนแมลงวันลายในแต่ละทรีทเมนต์ ๆ ละ 5 10 20 และ 40 ตัว ตามลำดับ มาชั่งน้ำหนักหนอน นำตัวหนอนมาวางไว้บนกระดาษกราฟเพื่อถ่ายรูปวัดความยาวและความกว้างของตัวหนอนแมลงวันลายจากภาพถ่าย ด้วยโปรแกรม ImageJ เสร็จแล้วจึงนำหนอนกลับไปไว้ที่

เดิม เมื่อครบ 20 วัน บันทึกน้ำหนักและความสูงของขยะเศษอาหาร คำนวณค่าดัชนีการลดของเสีย (Waste Reduction Index : WRI) โดยใช้สมการที่ 1 (Ahmad et al., 2023) ในการทดลองใช้ทรีทเมนต์ละ 4 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) วิเคราะห์ข้อมูล One-way ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey'HSD ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เวอร์ชัน 23.0

$$WRI = \left(\frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักสุดท้าย}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \right) \times \frac{100}{\text{วัน}} \quad (1)$$

ส่วนที่ 2 ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันลายที่เลี้ยงด้วยขยะอินทรีย์ที่เตรียมขึ้นมาเป็นตัวแทนของอาหารประเภท แป้ง เส้นใย และเนื้อสัตว์ 1) เตรียมกล่องพลาสติกใสขนาด 11.5 x 11.5 x 6.8 เซนติเมตร ที่ฝาปิดมีการเจาะช่อง กรูด้วยผ้าตาข่ายเพื่อระบายอากาศ 2) เตรียมอาหารที่ใช้เลี้ยงหนอนแมลงวันลาย 5 สูตร สูตรละ 3 กล่อง ใส่อาหารกล่องละ 300 กรัม ประกอบด้วย 2.1) อาหารสูตรควบคุมซึ่งมีกากกล้วยเหลือ เมล็ดข้าวโพดป่น และรำข้าว ในอัตราส่วน 1:1:1 2.2) อาหารสูตรควบคุมผสมด้วยเนื้อหมูบดลวกสุกในอัตราส่วน 1:1 2.3) อาหารสูตรควบคุมผสมด้วยข้าวสาลีสุกในอัตราส่วน 1:1 2.4) อาหารสูตรควบคุมผสมด้วยเศษผักลวกสุกในอัตราส่วน 1:1 และ 2.5) อาหารสูตรควบคุม 150 กรัม ผสมด้วยเนื้อหมูบดลวกสุก ข้าวสาลีสุก และเศษผักลวกสุก ผสมกันในอัตราส่วน 1:1:1 จำนวน 150 กรัม เติมน้ำกลั่นเพื่อเพิ่มความชื้นของอาหารตลอดการทดลอง 3) ใส่หนอนแมลงวันลายอายุ 10 วันที่ จำนวน 10 ตัวต่อกล่อง 4) วางกล่องเลี้ยงภายในตู้ภายในโรงเรือนเพาะเลี้ยงแมลงของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี โดยเลี้ยงในสภาวะอากาศเปิดเก็บข้อมูลทุกวันเป็นเวลา 10 วัน 5) สุ่มจับตัวหนอนจำนวน 5 ตัวต่อกล่อง นำมาวางไว้บนกระดาษกราฟเพื่อถ่ายรูป วัดความยาวและความกว้างของตัวหนอนแมลงวันลายจากภาพถ่ายด้วยโปรแกรม ImageJ จากนั้นนำหนอนไปชั่งน้ำหนัก แล้วจึงนำหนอนกลับไปเลี้ยงในกล่องเดิม เมื่อครบ 10 วัน บันทึกน้ำหนักขยะเศษอาหารที่ทำการทดลอง แล้วคำนวณค่าดัชนีการลดของเสีย และนำอาหารที่เหลือไปอบแห้งเพื่อหาความชื้น



Figure 2 Experimental design (A) cafeteria food waste (B) preparation of food waste in experiment 1 (C) integrations of food waste for fed BSFL in experiment 2 and (D) experiment shelf.

ผลการวิจัย

การทดลองส่วนที่ 1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของหนอนแมลงวันลายจำนวน 0 50 100 200 และ 400 ตัวต่อถาด ในการย่อยสลายเศษอาหารจากโรงอาหาร 1,000 กรัม ซึ่งมีส่วนประกอบของ ข้าวสวย เส้นก๋วยเตี๋ยว เศษผัก เศษเนื้อสัตว์ ในระยะเวลา 20 วัน โดยไม่เติมอาหารใหม่ พบว่าหนอนแมลงวันลายจำนวน 400 ตัว เท่ากับอัตราการให้อาหาร 125 มิลลิกรัมต่อตัวต่อวัน ช่วยลดปริมาณขยะอาหารได้มากที่สุด มีการเน่าเสียน้อยที่สุด แต่ตัวหนอนมีขนาดเล็ก มีน้ำหนักเฉลี่ย 218 ± 9.44 มิลลิกรัม โดยตัวหนอนมีน้ำหนักน้อยที่สุดและมีสีเข้มกว่าแสดงผลในตารางที่ 1 (Table 1) และภาพที่ 3 (Figure 3) โดยรูปแบบการเลี้ยงในกระบะที่มีฝาปิดด้านบน พบว่าปริมาณหนอนแมลงวันลายมีผลต่อการลดปริมาณขยะอาหารสังเกตได้จากความสูงของอาหารในกระบะซึ่งมีความสูงลดลง แต่ไม่มีผลต่อการลดน้ำหนักของขยะอาหาร เนื่องจากค่าดัชนีการลดของเสียหรือค่า WRI ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังผลการทดลองในตารางที่ 2 (Table 2)

Table 1 Day 20 wight, highest wight and highest wight day of BSFL fed 1000g of food waste with 0, 50, 200 and 400 larvae per tray

BSFL describes	Number of larvae per tray				
	0	50	100	200	400
Day 20 wight (mg)	-	242 ± 8.66^a	231 ± 8.69^{ab}	233 ± 11.06^{ab}	218 ± 9.44^b
Highest wight (mg)	-	277 ± 25.00^a	262 ± 9.57^b	272 ± 17.08^a	252 ± 9.57^c
Highest wight (day)	-	15	10	15	15

Table 2 Substrate weight, WRI, and volume reduction after fed 1000g of food waste to 0, 50, 200 and 400 larvae per tray.

Substrate describes	Number of larvae per tray				
	0	50	100	200	400
Substrate weight (mg)	636±26.4 ^{ns}	657±53.4 ^{ns}	668±41.9 ^{ns}	662±33.5 ^{ns}	652±43.2 ^{ns}
WRI (wet basis)	1.81±0.13 ^{ns}	1.71±0.26 ^{ns}	1.65±0.20 ^{ns}	1.68±0.16 ^{ns}	1.73±0.21 ^{ns}
volume reduction (%)	16.94±7.42 ^c	21.41±7.28 ^b	19.17±10.24 ^b	27.51±7.54 ^{ab}	42.09±8.57 ^a

การทดลองส่วนที่ 2 เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันลายเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่เตรียมขึ้นมา ได้แก่ อาหารควบคุม (รำข้าว กากถั่วเหลือง เมล็ดข้าวโพดป่น) อาหารควบคุมผสมเนื้อหมูสุก อาหารควบคุมผสมข้าวสาลีสุก อาหารควบคุมผสมผักลวก อาหารสูตรผสม (ข้าวสาลี ผักลวก หมูสุก ในอัตราเท่ากัน แล้วผสมกับอาหารควบคุมในอัตราส่วนเท่ากัน) วัดอัตราการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันลาย เป็นระยะเวลา 10 วัน พบว่าหนอนแมลงวันลาย ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรผสมข้าวสาลี สูตรผสมผักลวก และสูตรผสมรวม มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยมากกว่าการเลี้ยงด้วยอาหารควบคุมและอาหารสูตรผสมเนื้อหมูสุก โดยมีน้ำหนัก 199 ± 16.69^a 198 ± 22.01^a และ 188 ± 8.5^{ab} มิลลิกรัม ตามลำดับ และอาหารสูตรผสมเนื้อหมูสุกทำให้หนอนแมลงวันลายมีพัฒนาการเร็วที่สุดแต่น้ำหนักตัวสูงสุคน้อยกว่าอาหารสูตรอื่น ทั้งนี้การใช้อาหารสูตรผสมรวมเลี้ยงหนอนมีผลให้น้ำหนักของขยะอาหารลดลงได้ดีที่สุด มีค่า WRI เท่ากับ 7.84 ± 0.08 ดังแสดงในตารางที่ 3 และ 4 (Table 3 and 4)

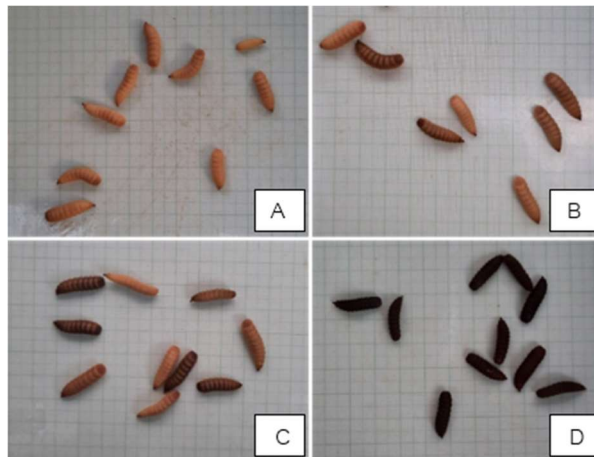
**Figure 3** Developmental of black soldier fly over a 20-day period (A) 50 larvae/tray (B) 100 larvae/tray (C) 200 larvae/tray and (D) 400 larvae/tray

Table 3 Day 10 wight, highest wight and highest wight day of BSFL fed 300g of control, protein-base, carbohydrate-base, fiber-base and mixed diet

BSFL describes	Feedstock				
	control	Mixed with minced pork	Mixed with cooked rice	Mixed with vegetables	Mixed all
Day 10 wight (mg)	156±15.79 ^{bc}	148±22.06 ^c	199±16.69 ^a	198±22.01 ^a	188±8.50 ^{ab}
Highest wight (mg)	224±10.4 ^a	192±11.5 ^b	226±10.3 ^a	224±8.7 ^a	224±13.8 ^a
Highest wight (day)	7	5	8	8	7

Table 4 Substrate wight, WRI and day 10 high after fed 300g of control, protein-base, carbohydrate-base, fiber-base and mixed diet

Substrate describes	Feedstock				
	control	Mixed with minced pork	Mixed with cooked rice	Mixed with vegetables	Mixed all
Substrate wight (mg)	170±1.1 ^c	116±0.6 ^b	105±7.0 ^b	67±4.0 ^a	64±2.5 ^a
WRI (wet basis)	4.31±0.03 ^d	6.11±0.02 ^c	6.50±0.23 ^b	7.75±0.13 ^a	7.84±0.08 ^a
Relative humidity (%)	15.43±3.04 ^a	17.72±0.54 ^{ab}	18.13±1.15 ^{ab}	29.68±3.24 ^c	22.71±1.36 ^b

อภิปรายผล

การนำเศษอาหารที่เหลือจากโรงอาหารจำนวน 1000 กรัม มาใช้เลี้ยงหนอนแมลงวันลายอายุ 10 วัน จำนวน 0 50 100 200 และ 400 ตัว พบว่าการการใช้หนอนแมลงวันลายจำนวน 50 ตัว หรือเท่ากับอัตราการป้อนอาหาร 1,000 มิลลิกรัมต่อตัวต่อวัน หนอนแมลงวันลายมีน้ำหนักตัวก่อนเข้าดักแด่มากที่สุดสอดคล้องกับงานของ Manurung (2016) และพบว่าหนอนแมลงวันลายเข้าสู่ระยะดักแด่ช้ากว่าการทดลองอื่น สอดคล้องกับการศึกษาของ Amrul (2022) ที่พบว่าช่วงที่เป็นตัวหนอนจะมียาวนานขึ้นถ้าอาหารมีปริมาณมากหรือมีความชื้นสูง ขณะที่จำนวนตัวหนอน 100 ตัวต่อกล่องนั้นตัวหนอนมีพัฒนาการเร็วโดยมีน้ำหนักตัวสูงสุดในวันที่ 10 สำหรับค่า WRI ของทุกการทดลองอยู่ในช่วง 1.65-1.81 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากด้านบนกระบะปิดด้วยแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดทำให้อุณหภูมิหรือความชื้นที่เกิดขึ้นยังคงอยู่ในกระบะเลี้ยง โดยตัวหนอนจำนวน 400 ตัวต่อกล่องสามารถลดปริมาณของอาหารได้ถึงร้อยละ 42 สอดคล้องกับงานของ Ritika (2015) ในการวิจัยส่วนที่ 2 การเลี้ยงหนอนแมลงวันลายแบบแยกประเภทอาหาร ในอัตรา 3,000 มิลลิกรัมต่อตัวต่อวัน พบว่าหนอนแมลงวันลายที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ย่อยได้ยาก เช่น เนื้อสัตว์ หรืออาหารที่ไม่ได้ผ่านการทำให้สุกก่อน ทำให้ตัวหนอนแมลงวันลายมีน้ำหนักน้อย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Addeo (2021) ขณะที่อาหารสูตรผสมรวมมีค่าดัชนีการลดของเสีย WRI มากที่สุด เนื่องจากอาหารสูตรผสมมีองค์ประกอบของส่วนที่เป็นสารอาหาร

ที่เหมาะสมและมีส่วนของอาหารที่ย่อยได้ง่าย สอดคล้องกับการศึกษาของ Yuan (2022) ดังนั้นขยะอาหารที่เป็นปัญหาอยู่ในปัจจุบันนี้จึงมีความเหมาะสมที่จะใช้หนอนแมลงวันลายในการช่วยจัดการ โดยพัฒนาการให้อาหารที่เหมาะสมกับอายุของตัวหนอน การเพิ่มคุณค่าทางอาหารที่ใช้เลี้ยงหนอน โดยการหมักอาหารด้วยจุลินทรีย์ และการปรับปรุงถังหมักที่เหมาะสม

สรุปผลการวิจัย

ในการทดลองเลี้ยงหนอนแมลงวันลายในกระบะที่มีฝาปิดด้านบน ให้อาหารขยะจากโรงอาหาร จำนวน 1,000 กรัม แบบให้ครั้งเดียว จำนวนตัวหนอนที่ใส่มีผลต่อการย่อยสลายขยะอาหารและมีผลต่อการเจริญเติบโตของตัวหนอน ในกรณีนี้เมื่อใส่ตัวหนอนจำนวนมากขยะอาหารจะลดปริมาณลงได้มาก และจะมีการเน่าเสียน้อยลงระหว่างการทดลอง แต่อาจส่งผลต่อน้ำหนักตัวและพัฒนาการของตัวหนอนได้เช่นกัน นอกจากนี้เมื่อทดลองผสมสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงหนอนแมลงวันลาย ให้มีสัดส่วนของแป้ง โปรตีน และเส้นใย แตกต่างกัน โดยผสมกับอาหารสูตรควบคุมที่มีกากถั่วเหลือง เมล็ดข้าวโพดป่น และรำข้าว สรุปได้ว่าอาหารที่ย่อยได้ง่าย เช่น ข้าวสุก ผักต้ม มีผลต่อน้ำหนักตัวของหนอนแมลงวันลาย และค่าดัชนีการลดของเสียของอาหารสูตรผสมรวมมีค่าสูงที่สุด จึงมีความมั่นใจได้ว่าการใช้แมลงวันลายมาช่วยจัดการกับอาหารขยะมีความเป็นไปได้และเป็นผลดีต่อสภาวะแวดล้อม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงด้วยความอนุเคราะห์ช่วยเหลือจากอาจารย์ นักศึกษา และบุคลากรที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณต่อผู้ที่ให้ความอนุเคราะห์ทั้งหมดทุกท่าน และที่สำคัญขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เอกสารอ้างอิง

- Addeo NF, Vozzo S, Secci G, Mastellone V, Piccolo G, Lombardi P, et al. Different combinations of butchery and vegetable wastes on growth performance, chemical- nutritional characteristics and oxidative status of black soldier fly growing larvae. *Animals* 2021;11:3515.
- Ahmad IK, Peng NT, Amrul NF, Basri NEA, Jalil NAA, Azman NA. Potential application of black soldier fly larva bins in Treating Food Waste. *Insects* 2023;14(5).
- Amrul NF, Kabir Ahmad I, Ahmad Basri NE, Suja F, Abdul Jalil NA, Azman N A. A review of organic waste treatment using black soldier fly (*Hermetia illucens*). *Sustainability* 2022;14(8):4565.
- Barros LM, Gutjahr ALN, Ferreira-Keppler RL, Martins RT. Morphological description of the immature stages of *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Stratiomyidae). *Microscopy Research and Technique* 2019; 82(3):178-189.
- Bradley SW, Sheppard DC. House fly oviposition inhibition by larvae of *Hermetia illucens*, the black soldier fly. *Journal of Chemical Ecology* 1984;10(6):853-859.

- Burana K, Jamjanya T. Population size monitoring, rearing methods and nutritional value of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.). KKU Research Journal (Graduate Studies) 2011;11(1):19-25.
- Cheng JYK, Chiu SLH, Lo IMC. Effects of moisture content of food waste on residue separation, larval growth and larval survival in black soldier fly bioconversion. Waste Management 2017;67:315-323.
- Čičková H, Newton GL, Lacy RC, Kozánek M. The use of fly larvae for organic waste treatment. Waste Management 2015;35:68–80.
- Diener S., Zurbrügg C., Roa-Gutiérrez F., Hong DN., Morel A., Koottatep T., Tockner K. Black soldier fly larvae for organic waste treatment—Prospects and constraints. In Alamgir M, Bari QH, Rafizul IM, Isla, SMT, Sarkar G, Howlader MK. (Eds.), Proceedings of the WasteSafe 2011 – 2nd International Conference on Solid Waste Management in the Developing Countries, Khulna, Bangladesh. Bangladesh; 2011:1-8.
- Dortmans B, Diener S, Verstappen B, Zurbrügg C. Black soldier fly biowaste processing: a step-by-step guide. Switzerland: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology; 2017.
- Grossule V, Lavagnolo MC. The treatment of leachate using black soldier fly (BSF) larvae: adaptability and resource recovery testing. Journal of Environmental Management 2020;253:109707.
- Holtermans B. Feeding BSF larvae in Batches or Continuously? 2023. Available at: <https://www.insectschool.com/breeding/feeding-bsf-larvae-in-batches-or-continuously/>. Accessed September 4, 2023.
- Kim CH, Ryu J, Lee J, Ko K, Lee J, Park KY, Chung H. Use of black soldier fly larvae for food waste treatment and energy production in Asian countries: a review. Processes 2021;9(1):161.
- Kinasih I, Putra R, Permana A, Gusmara F, Nurhadi M, Anitasari R. Growth performance of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) fed on some plant based organic wastes. HAYATI Journal of Biosciences 2018;25:79-84.
- Liu T, Awasthi SK, Qin S, Liu H, Awasthi MK, Zhou Y, et al. Conversion food waste and sawdust into compost employing black soldier fly larvae (Diptera: Stratiomyidae) under the optimized condition. Chemosphere 2021;272:129931.
- Manurung R, Supriatna A, Esyantni RR, Putra E. Bioconversion of Rice straw waste by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.): Optimal feed rate for biomass production. Journal of Entomology and Zoology Studies 2016;4(4):1036-1041.
- Miranda CD, Cammack JA, Tomberlin JK. Life-history traits of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae), reared on three manure types. Animals 2019;9(5):281.
- Pujol-Luz JR, Francez PAC, Ururahy-Rodrigues A, Constantino R. The black soldier-fly, *Hermetia illucens* (Diptera, Stratiomyidae), used to estimate the postmortem interval in a case in Amapá State, Brazil. Journal of Forensic Sciences 2008;53(2):476-478.
- Ritika P, Rajendra P, Satyawati S. Study on occurrence of black soldier fly larvae in composting of kitchen waste. International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology 2015;4:38-45.

- Schreven SJJ, de Vries H, Hermes GDA, Zeni G, Smidt H, Dicke M, et al. Black soldier fly larvae influence internal and substrate bacterial community composition depending on substrate type and larval density. *Applied and Environmental Microbiology* 2022;88(10):10.1128/aem.00084-22.
- Sheppard DC, Tomberlin JK, Joyce JA, Kiser BC, Sumner SM. Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). *Journal of Medical Entomology* 2002;39(4):695-698.
- Siddiqui SA, Tomberlin JK, Joyce JA, Kiser BC, Sumner SM. Black soldier fly larvae (BSFL) and their affinity for organic waste processing. *Waste Management* 2022;140:1-13.
- Sun QX, Li XC, Tan XH, Dong YW, You CH, Yuan HL, et al. Digestive physiological characteristics of black soldier fly larvae reared on five organic wastes. *Journal of Insects as Food and Feed* 2022;8(5):451-467.
- Tanchow A. A Guide to Producing Black Soldier Fly Larvae (MAEJO MAGGOTS). Chian Mai: Maejo Natural Farming Research and Development Center, Maejo University; 2017.
- Tomberlin J, Sheppard D. Lekking behavior of the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). *The Florida Entomologist* 2001;84(4):729-730.
- Yuan MC, Hasan HA. Effect of feeding rate on growth performance and waste reduction efficiency of black soldier fly larvae (Diptera: Stratiomyidae). *Tropical Life Sciences Research* 2022;33(1):179-199.
- Üstüner T, Hasbenli A, Rozkošný R. The first record of *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) (Diptera, Stratiomyidae) from the Near East. *Studia Dipterologica* 2003;10:181-185.