



วารสารวิทยาศาสตร์ คชสาร

เจ้าของ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

<http://science.srru.ac.th/kochasarn>

สำนักงาน

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

186 หมู่ 1 ถนนสุรินทร์-ปราสาท ตำบลนอกเมือง อำเภอเมืองสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ 32000

โทรศัพท์/โทรสาร 0-4455-8344

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.น้องนุช สารภี

รองบรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย เจือจันทร์

กองบรรณาธิการ

- | | |
|--|--|
| 1. ศาสตราจารย์ ดร.สายัณห์ ทัดศรี | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน |
| 2. ศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ประเทพา | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 3. ศาสตราจารย์ ดร.อลงกลด แทนอมทอง | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 4. รองศาสตราจารย์ ดร.ฉมาลีลา ยวอมรพิทักษ์ | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 5. รองศาสตราจารย์ ดร.สำเนาวิ เสาวกุล | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
วิทยาเขตสุรินทร์ |
| 6. รองศาสตราจารย์ ดร.กฤติมา กษมาวุฒิ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
วิทยาเขตสุรินทร์ |
| 7. รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษณ์ ปิ่นทอง | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ |
| 8. รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล แสนสุข | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 9. รองศาสตราจารย์ ดร.นิติพัฒน์ พัฒนฉัตรชัย | มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ |
| 10. รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรศักดิ์ อาลัย | มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม |
| 11. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรียาภรณ์ อิศรานุกัณณ์ | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 12. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประวรดา โกชนจันทร์ | มหาวิทยาลัยสวนดุสิต |
| 13. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิชัย กันนุฬา | มหาวิทยาลัยนครพนม |
| 14. รองศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ วัฒนกรศิริ | มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ |
| 15. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กชนิภา อุดมทวี | มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ |
| 16. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิระเดช อินทเจริญสานต์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ |
| 17. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุพเยาว์ โตศิริ | มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ |



ISSN 3027-7299 (Print)

ISSN 2985-0835 (Online)

วารสารวิทยาศาสตร์ คชสาร

Koch Cha Sarn Journal of Science

ปีที่ 47 ฉบับที่ 1 : มกราคม – มิถุนายน 2568

Vol.47 No.1 January - June 2025

สำนักงานวารสาร

สำนักงานคณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

186 หมู่ 1 ถนนสุรินทร์-ปราสาท ต.นอกเมือง อ.เมืองสุรินทร์ จ.สุรินทร์ 32000

โทรศัพท์/โทรสาร 0-4455-8344 <http://science.srru.ac.th/kochasarn>**วัตถุประสงค์และขอบเขต**

วารสารวิทยาศาสตร์ คชสาร เป็นวารสารของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จัดทำขึ้นเพื่อตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานทางวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกลุ่ม Life Science (Agricultural and Biological Sciences) ในรูปแบบบทความวิจัยหรือบทความปริทัศน์ ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยบทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่จะต้องผ่านการพิจารณาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) ในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องอย่างน้อย 3 ท่าน แบบ Double Blind ที่มาจากหลากหลายสถาบัน และวารสารวิทยาศาสตร์ คชสาร ยึดมั่นในจริยธรรมการตีพิมพ์ และมุ่งเน้นที่จะเผยแพร่บทความที่มีคุณค่าทางวิชาการเป็นสำคัญ

วารสารวิทยาศาสตร์ คชสาร ได้รับการรับรองคุณภาพจาก TCI กลุ่ม 2 มีกำหนดตีพิมพ์ปีละ 2 ฉบับ ทั้งแบบรูปเล่มและออนไลน์บนเว็บไซต์ ผู้นิพนธ์สามารถส่งบทความเพื่อเข้าสู่กระบวนการพิจารณาตีพิมพ์เผยแพร่ได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

กำหนดตีพิมพ์ปีละ 2 ฉบับ

ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม - มิถุนายน

ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม - ธันวาคม



ISSN 3027-7299 (Print)
ISSN 2985-0835 (Online)

วารสารวิทยาศาสตร์ คชสาร

Koch Cha Sarn Journal of Science

ปีที่ 47 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2568

Vol.47 No.1 January– June 2025



วารสารวิทยาศาสตร์ คชสาร

ปีที่ 47 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2568

Koch Cha Sarn Journal of Science

Vol.47 No.1 January – June 2025

สารบัญ

ผลของปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับวัสดุปลูกต่อลักษณะการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของคะน้าพันธุ์เห็ดหอม
(*Brassica alboglabra* L.)

Effects of Vermicompost Fertilizer Combined with Planting Materials on Growth Characteristics and Yield of Chinese Kale (*Brassica alboglabra* L.)

นภาพรณ นิมพานิช นภาพร จิตต์ศรีทธา พิกุล นุชนวลรัตน์ และ ธนพล แพร่งกระโทก

Napapan Nimpanich, Napaporn Jitsatta, Phikun Nuchnuanrat &

Thanapon Prangkratok.....1

การตรวจหาปริมาณกรดออกซาลิกในผักพื้นบ้านไทยบางชนิด โดยการตกตะกอนโซเดียมออกซาลेट

Determination of Oxalic Acid in Some Thai Local Vegetables by Precipitation of Sodium Oxalate

รณกฤต ผลแมน สวาท ทองละเอียด สุพรรณิการ์ โพธิ์งาม นิพัทธ์ บุญมา และกิตตินันท์ แก้วลำ

Ronnagrit Phonman, Sawat Thong la-eard, Suphannika Pho-ngam, Niphat Boonma &

Kittinan Kaewlam.....10

ผลของระยะเวลาวันหมักและการเสริมจุลินทรีย์ (ยีสต์ขนมปัง หรือลูกแป้งสาโท) ต่อคุณภาพการหมัก
ของเปลือกทุเรียนหมักเพื่อการใช้ประโยชน์เป็นอาหารโคเนื้อ

The effects of ensiling day and microbial supplementation (Baker's yeast or Look Pang Sato) on the fermentation quality of fermented durian peels) for potential use as cattle feed

ทัย กาบบัว และสายัณห์ สืบผาง

Thai Kaubbua & Sayan Subepang.....19

การพัฒนาผลิตภัณฑ์วaffleเฟลกรอบเสริมผงเห็ดนางนวลสีชมพู

Product Development of Crispy Waffle with Pink Oyster Mushroom Powder

พัชรลักษณ์ วัฒนไชย จุรีมาศ ดีอำมาตย์ และสินีนารถ สุขทนารักษ์

Patcharalak Wattanachai, Jureemart Deeammart & Sineenart Suktanarak.....25



วารสารวิทยาศาสตร์ คชสาร์น

ปีที่ 47 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2568

Koch Cha Sarn Journal of Science

Vol.47 No.1 January – June 2025

สารบัญ (ต่อ)

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรค *Serratia marcescens* และ *Escherichia coli* จากสารสกัด
หยาบใบพลูสดและแห้ง

The Antioxidant Activity and Anti *Serratia marcescens* and *Escherichia coli* from fresh and dried
Piper betle L. Extract

นิชดา สารถวัลย์แพศย์ ญัฐณิชา จำปาแดง ธิติพร พันธุ์บ้านแหลม

Nichada Santwanpas, Natnicha Jumpadang & Tideeporn Punbanlaem.....30



ISSN 2985-0835

KOCH CHA SARN JOURNAL OF SCIENCE

Vol. 47 (1); January-June (2025), pp. 1-9

<https://science.srru.ac.th/kochasarn>

Research Article

Effects of Vermicompost Fertilizer Combined with Planting Materials on Growth Characteristics and Yield of Chinese Kale (*Brassica alboglabra* L.)

ผลของปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับวัสดุปลูกต่อลักษณะการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของคะน้าพันธุ์เห็ดหอม (*Brassica alboglabra* L.)

นภาพรณ นิมพานิช^{1*}, นภาพร จิตต์ศรีธธา¹, พิกุล นุชนวนรัตน์¹ และ ธนพล แพร่งกระโทก²

Napapan Nimpanich^{1*}, Napaporn Jitsatta¹, Phikun Nuchnuanrat¹ and Thanapon Prangkratok²

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี 41 หมู่ที่ 5 ถนนสุขุมวิท ต.ท่าช้าง อ. เมือง จ.จันทบุรี 22000

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี 172 ถนนอิสรภาพ แขวง วัดกัลยาณ์ เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10600

¹Faculty of Agricultural Technology, Rambhai Barni Rajabhat University, 41 Moo 5, Sukhumvit Road, Mueang District, Chanthaburi, 22000.

²Faculty of Science and Technology, Dhonburi Rajabhat University, 172 Isaraphap Road, Wat Kalayanamitr Subdistrict, Thonburi District, Bangkok 10600.

Article Info

Received 21 October
2024

Revised 1 April 2025

Accepted 22 April 2025

Abstract

Vermicompost is effective for use in combination with planting materials in crop production. The objective of this research was to study the effect of vermicompost combined with planting materials on the growth characteristics and yield of Chinese kale. The experiment was done at Faculty of Agricultural Technology, Rambhai Barni Rajabhat University. A Completely Randomized Design (CRD) with 5 replications and 6 treatments, including: Treatment 1: Control (no chemical fertilizer), Treatment 2: growing medium 100% + 16-16-16 chemical fertilizer, Treatment 3: growing medium 25% + 25% vermicompost, Treatment 4: growing medium 75% + 50% vermicompost, Treatment 5: growing medium 25% + 75% vermicompost, Treatment 6: 100% vermicompost. Data on growth characteristics and yield were collected weekly after planting until the harvested. The data recorded included the plant height stem diameter number of leaves, leaf width, leaf length and leave greenness and fresh weight/plant/pot and dry weight/plant/pot were collected at 45 days after transplant. The results showed that the growth characteristics of kale in Treatment 5 and Treatment 6 were significantly different ($p < 0.01$). The growth trend increased from the 2nd to 4th weeks after planting. Regarding yield at harvest age, fresh weight and dry weight were significantly different ($p < 0.01$). Treatment 6 resulted in the highest fresh and dry weights of kale, with values of 9.99 and 1.55 g./plant, respectively. The results of the experiment indicate that vermicompost has the potential to be used as a planting material in crop production.

Keywords: Chinese Kale, Vermicompost, Organic Fertilizer

บทคัดย่อ

ปุ๋ยมูลไส้เดือนมีประสิทธิภาพในการนำมาใช้ร่วมกับขุยมะพร้าวและกากมะพร้าวสับในการผลิตพืช โดยวัตถุประสงค์งานวิจัยครั้งนี้ คือ เพื่อศึกษาปริมาณปุ๋ยมูลไส้เดือนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้าพันธุ์เห็ดหอม ทำการทดลองที่คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี วางแผนการทดลองแบบ สุ่มสมบูรณ์

Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 5 ซ้ำ 6 ทรีตเมนต์ ประกอบด้วย ทรีตเมนต์ที่ 1 วัสดุปลูก 100% + ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (ชุดควบคุม), ทรีตเมนต์ที่ 2 วัสดุปลูก 100% + ปุ๋ยเคมี 16-16-16, ทรีตเมนต์ที่ 3 วัสดุปลูก 75% + ปุ๋ยมูลไส้เดือน 25%, ทรีตเมนต์ที่ 4 วัสดุปลูก 50 % + ปุ๋ยมูลไส้เดือน 50%, ทรีตเมนต์ที่ 5 วัสดุปลูก 25% + ปุ๋ยมูลไส้เดือน 75% และทรีตเมนต์ที่ 6 ปุ๋ยมูลไส้เดือน 100% เก็บข้อมูลลักษณะการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต โดยบันทึกผลการทดลองทุก ๆ สัปดาห์หลังปลูก ได้แก่ ความสูงต้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น จำนวนใบ ความกว้างใบ ความยาวใบ และความเขียวใบ จนถึงอายุเก็บเกี่ยว บันทึกน้ำหนักสดต่อต้นต่อกระถาง และน้ำหนักแห้งต่อต้นต่อกระถาง ที่อายุ 45 วัน หลังการเก็บเกี่ยว จากผลการทดลอง พบว่าลักษณะการเจริญเติบโตของคะน้าพันธุ์เห็ดหอมในทรีตเมนต์ที่ 5 และ ทรีตเมนต์ที่ 6 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) แนวโน้มลักษณะการเจริญเติบโตแต่ละลักษณะสูงเพิ่มขึ้นตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2-4 หลังปลูก ส่วนลักษณะการให้ผลผลิตเมื่ออายุเก็บเกี่ยว พบว่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ทรีตเมนต์ที่ 6 ส่งผลให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของคะน้าพันธุ์เห็ดหอมมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 9.99 และ 1.55 กรัมต่อต้น ตามลำดับ จากผลการทดลองจะเห็นว่าปุ๋ยมูลไส้เดือนสามารถนำมาใช้สำหรับเป็นวัสดุปลูกในการผลิตพืชได้

คำสำคัญ: คะน้าพันธุ์เห็ดหอม, ปุ๋ยมูลไส้เดือน, ปุ๋ยอินทรีย์

1. บทนำ

คะน้า (*Brassica alboglabra* L.) เป็นผักรับประทานใบที่มีความสำคัญทั้งในด้านเศรษฐกิจและคุณค่าทางอาหาร [1] ประชาชนไทยนิยมบริโภคคะน้ากันเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้มูลค่าของคะน้าที่ใช้ในการประกอบอาหารเพื่อบริโภคเป็นเงินวันละหลายล้านบาท [2] ซึ่งคะน้ามีสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น แคลเซียม ไฟเบอร์ ฟอสฟอรัส เหล็ก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินซี วิตามินอี และเบต้าแคโรทีน นอกจากนี้คะน้ายังช่วยป้องกันโรคหัวใจ โรคเบาหวาน และมีส่วนช่วยในการขับถ่าย [3-4] การปลูกคะน้ามีการใช้สารเคมีปริมาณมากทั้งในรูปของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและปุ๋ยเคมี ซึ่งประเทศไทยมีการนำเข้าปุ๋ยเคมีรวมทุกประเภทมีการใช้เงินจำนวนมากในการนำเข้าปุ๋ยเคมี แนวทางในการลดการใช้ปุ๋ยเคมีภายในประเทศ คือการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งเกษตรกรสามารถผลิตเองได้ [5]

ในปัจจุบันเทคโนโลยีด้านการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ได้พัฒนามากขึ้น โดยปุ๋ยมูลไส้เดือนก็จัดว่าเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีการผลิตอย่างแพร่หลายและจัดอยู่ในประเภทปุ๋ยอินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดชนิดหนึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์ทั่วไป [6] ซึ่งจากกระแสสุขภาพที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ผู้บริโภคหันมาสนใจรับประทานอาหารเพื่อสุขภาพกันมากขึ้น และผักปลอดภัยจึงกลายเป็นความนิยมกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนอาจเป็นทางเลือกที่ดีเพื่อลดการใช้ปุ๋ยเคมี ทั้งนี้หากมีการใช้ปุ๋ยเคมีที่น้อยลงหรือมีการผลิตในด้านเกษตรอินทรีย์มากขึ้น ก็อาจจะเป็นส่วนหนึ่งที่สามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้

ปุ๋ยมูลไส้เดือน คือ เศษอินทรีย์วัตถุต่าง ๆ รวมทั้งดินและจุลินทรีย์ที่ผ่านกระบวนการย่อยสลายของไส้เดือนขับถ่ายเป็นมูลออกมา ซึ่งมูลที่ได้จะมีลักษณะเป็นเม็ดร่วนละเอียดมีสีดำออกน้ำตาล โปรงเบา มี

ความพรุน ระบายน้ำและอากาศได้ดีมาก มีความจุความชื้นสูงและมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง มีธาตุอาหารพืชอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ ในปริมาณที่สูง [7] มีการศึกษาผลของปุ๋ยมูลไส้เดือนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชหลายชนิด เช่น งานวิจัยของ [8] ที่ได้ศึกษาการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของผักสลัดเรดโครอล และผักสลัดเรดโอ๊ค พบว่า การใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ผักสลัดทั้ง 2 ชนิด มีการเจริญเติบโตในด้านความสูงของเรดโครอลและเรดโอ๊คมากที่สุด เท่ากับ 12.82 และ 12.55 เซนติเมตร ตามลำดับ

ผลการทดลองที่ได้ในครั้งนี้จะเป็นข้อมูลที่ดีที่ใช้สำหรับในส่งเสริมความรู้ และสร้างทางเลือกการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพและปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม ยังสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษานี้ไปประยุกต์ใช้กับการผลิตพืชผลของเกษตรกรอีกด้วย เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตให้อยู่บนพื้นฐานตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงไปสร้างคุณค่าให้เกิดประโยชน์กับพืชผลทางการเกษตรให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของปุ๋ยมูลไส้เดือนที่ใชร่วมกับวัสดุปลูกต่อลักษณะการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของคะน้าพันธุ์เห็ดหอม

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1. สถานที่ดำเนินการทดลองและแผนการทดลอง

ดำเนินการทดลอง ณ แปลงทดลอง คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 5 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ต้น วัสดุปลูกที่ใช้ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ คือ ขุยมะพร้าว + กาบมะพร้าว

สับ อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร ร่วมกับปุ๋ยมูลไส้เดือนอัตราส่วนต่าง ๆ ดังนี้

- ทรีตเมนต์ที่ 1 วัสดุปลูก 100% + ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (ชุดควบคุม)
- ทรีตเมนต์ที่ 2 วัสดุปลูก 100% + ปุ๋ยเคมี 16-16-16
- ทรีตเมนต์ที่ 3 วัสดุปลูก 75% + ปุ๋ยมูลไส้เดือน 25%
- ทรีตเมนต์ที่ 4 วัสดุปลูก 50 % + ปุ๋ยมูลไส้เดือน 50%
- ทรีตเมนต์ที่ 5 วัสดุปลูก 25% + ปุ๋ยมูลไส้เดือน 75%
- ทรีตเมนต์ที่ 6 ปุ๋ยมูลไส้เดือน 100%

2.2 การปลูกและการดูแลรักษา

เพาะเมล็ดพันธุ์คะน้าเห็ดหอมในถาดเพาะ โดยใช้เพอร์ไลท์เป็นวัสดุเพาะกลั่นร่อนน้ำทุก ๆ วัน จนกระทั่งต้นกล้าคะน้ามีอายุ 14 วัน หลังเพาะเมล็ด จากนั้นทำการย้ายปลูกลงในกระถางพลาสติกสีดำขนาด 8 นิ้ว จำนวน 3 ต้นต่อกระถาง โดยใช้ขุยมะพร้าว + กาบมะพร้าวสับเป็นวัสดุปลูกจากนั้นผสมใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนในปริมาณต่าง ๆ ตามแผนการทดลองให้ครบในอัตราส่วน 100 % ซึ่งปริมาตรเท่ากับ 1 ลิตร หรือประมาณ 1 กิโลกรัมต่อกระถาง และรดน้ำทุกวัน วันละ 500 มิลลิลิตรต่อกระถาง เมื่อต้นกล้าอายุได้ 45 วัน จึงทำการเก็บเกี่ยว

2.3 การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

1) การศึกษาคุณสมบัติของวัสดุปลูก

ค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity; EC) และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของวัสดุปลูก บันทึกค่าความเป็นกรดเป็นด่างและค่าการนำไฟฟ้า ก่อนและหลังการปลูก โดยสุ่มเก็บตัวอย่างวัสดุปลูกแต่ละทรีตเมนต์มาชั่งให้ได้ 4 กรัม ใส่ในหลอดทดลองขนาด 40 มิลลิลิตร ใส่ น้ำ 20 มิลลิลิตร แล้วคนให้เข้ากันด้วยแท่งแก้วและทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที จึงนำไปวัดค่า EC โดยเครื่อง Electrical Conductivity meter ยี่ห้อ Mettler รุ่น Five Easy และวัดค่า pH โดยเครื่อง pH meter ยี่ห้อ Mettler รุ่น Seven Compact [9]

2) การศึกษาลักษณะการเจริญเติบโต

ลักษณะการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต บันทึกผลการทดลองทุก ๆ สัปดาห์หลังย้ายปลูก ประกอบด้วย ความสูงต้น (เซนติเมตร) วัดจากขอบวัสดุปลูกจนถึงยอด, ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (มิลลิเมตร) วัดบริเวณรอยต่อของใบเลี้ยงด้วย vernier caliper, ค่าความเขียวใบ (SPAD unit) ยี่ห้อ Chlorophyll meter รุ่น SPAD-502 วัดความเขียวใบ 3 ตำแหน่ง บริเวณโคนใบ กลางใบ และปลายใบของใบที่สมบูรณ์ไม่มีความเสียหาย ส่วนความกว้างและความยาวใบ

(เซนติเมตร) จะใช้ไม้บรรทัดวัดความกว้างและความยาวของใบที่มีความสมบูรณ์ไม่เสียหาย และนับจำนวนใบ

น้ำหนักสดต่อต้นต่อกระถาง (กรัม) ทำการเก็บเกี่ยวเมื่อคะน้าอายุ 45 วัน แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก ส่วนน้ำหนักแห้งต้นต่อต้นต่อกระถาง (กรัม) นำผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ไปอบในตู้อบที่มีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ จากนั้นนำไปชั่งด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ของข้อมูลที่ได้บันทึกได้ทั้งหมดตามแผนการทดลอง โดยใช้โปรแกรม STAR (IRRI) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละวิธี Duncan's Multiple-Range Test (DMRT)

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 ผลของค่า EC และค่า pH ของปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับวัสดุปลูก

จากการประเมินสมบัติทางเคมีของวัสดุปลูก (ขุยมะพร้าว + กาบมะพร้าวสับ) ทั้งก่อนและหลังปลูกในส่วนของการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity ; EC) ของทั้ง 6 ทรีตเมนต์ พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของวัสดุปลูก ก่อนปลูกอยู่ระหว่าง 0.10-0.44 mS/cm (ตารางที่ 1) โดยจากการทดลองพบว่า ค่าการนำไฟฟ้าก่อนปลูกของวัสดุปลูกร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 มีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุดเท่ากับ 0.44 mS/cm และวัสดุปลูก (ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี) มีค่าการนำไฟฟ้าน้อยที่สุดเท่ากับ 0.10 mS/cm และในส่วนของการนำไฟฟ้าหลังปลูก พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยมูลไส้เดือน 100% มีค่าการนำไฟฟ้ามากที่สุดเท่ากับ 0.48 mS/cm และ วัสดุปลูก (ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี) มีค่าการนำไฟฟ้าน้อยที่สุดเท่ากับ 0.10 mS/cm เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของวัสดุปลูก ทั้งก่อนและหลังปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) อย่างไรก็ตามจากการประเมินสมบัติทางเคมีของวัสดุปลูก ในส่วนของการนำไฟฟ้าทั้งก่อนและหลังปลูกตลอดการทดลอง พบว่าค่าการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 0.10–0.48 mS/cm วัสดุปลูกที่ผสมมูลไส้เดือนมีแนวโน้มให้ค่า EC สูงขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป เนื่องจากมูลไส้เดือนมีความสามารถในการปลดปล่อยธาตุอาหารอย่างต่อเนื่อง ในทางกลับกัน วัสดุปลูกที่ใช้ปุ๋ยเคมีมักมีค่า EC สูงในช่วงแรก แต่ค่า EC ไม่เพิ่มขึ้นมากหลังการปลูก ซึ่งอาจเกิดจากการดูดซึมธาตุอาหารอย่างรวดเร็วของพืชหรือการสูญเสียธาตุอาหารไปในดิน [10]

ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของทั้ง 6 ทริตเมนต์ ทั้งก่อนปลูก และหลังปลูก พบว่า มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูง (ตารางที่ 1) โดยวัสดุปลูก ที่มีมูลไส้เดือนที่เพิ่มขึ้นจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่เพิ่มขึ้น โดยค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการปลูกคะน้ามีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ที่ 5.5-6.8 [1] ทำให้ธาตุอาหารพืชไม่อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ส่วน วัสดุปลูก 100% + ปุ๋ยเคมี 16-16-16 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง หลังปลูกน้อยที่สุดเท่ากับ 5.99 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง อ่อน ๆ โดยก่อนปลูกจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ที่ 7.27 ซึ่งสอดคล้องกับ [11] ที่กล่าวว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของขุยมะพร้าว และกาบมะพร้าวสับจะอยู่ในช่วง 6-7 ซึ่งวัสดุปลูกที่เป็นขุยมะพร้าว และกาบมะพร้าวสับจะไม่มีจุลธาตุ อาจส่งผลให้พืชเกิดการขาดธาตุอาหารในการเจริญเติบโต

3.2 ผลของปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับวัสดุปลูกต่อลักษณะการ

เจริญเติบโตของคะน้า

1. ความสูงต้น

ความสูงต้น พบว่า ต้นคะน้าที่ปลูกปุ๋ยมูลไส้เดือน 100%, วัสดุปลูก 25% + ปุ๋ยมูลไส้เดือน 75% และ วัสดุปลูก 50 % + ปุ๋ยมูลไส้เดือน 50% มีความสูงของต้นมากที่สุดเท่ากับ 10.62, 9.72 และ 9.36 เซนติเมตร ตามลำดับ และพบว่าขุยมะพร้าว+กาบมะพร้าวสับ (ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี) ส่งผลให้ความสูงต้นน้อยที่สุดเท่ากับ 6.18 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) (ตารางที่ 2 และ ภาพที่ 1) สอดคล้องกับ อานันท์ ต้นโช [6] ที่ได้กล่าวว่าการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือน 100% มีแนวโน้มต่อความสูงต้นมากที่สุด เนื่องจากในปุ๋ยมูลไส้เดือน มีปริมาณฮิวมัสมาก โปร่งร่วน เหมาะสำหรับการเพาะปลูกพืช

2. เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น

เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น พบว่า การปลูกคะน้าในปุ๋ยมูลไส้เดือน 100% มีแนวโน้มส่งผลให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมากที่สุดเท่ากับ 5.64 มิลลิเมตร รองลงมา คือ วัสดุปลูก 25% + ปุ๋ยมูลไส้เดือน 75% มีค่าเท่ากับ 4.44 มิลลิเมตร และพบว่าวัสดุปลูก 100% + ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (ขุตควบคุม) ส่งผลให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นน้อยที่สุดเท่ากับ 3.30 มิลลิเมตร ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) (ตารางที่ 2 และ ภาพที่ 1)

3. จำนวนใบ

จำนวนใบ พบว่า การปลูกคะน้าในปุ๋ยมูลไส้เดือน 100% ส่งผลให้มีจำนวนใบมากที่สุดเท่ากับ 5.74 ใบ รองลงมา คือ วัสดุปลูก 25% +

ปุ๋ยมูลไส้เดือน 75% เท่ากับ 5.52 ใบ ส่วน วัสดุปลูก 100% + ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (ขุตควบคุม) มีจำนวนใบน้อยที่สุดเท่ากับ 2.94 ใบ เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) (ตารางที่ 2 และ ภาพที่ 1) เนื่องจากใน วัสดุปลูกดังกล่าวเป็น (ขุยมะพร้าว+กาบมะพร้าวสับ) ที่มีปริมาณธาตุอาหารในปริมาณที่น้อย หรือยังไม่ปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาในปริมาณที่เพียงพอ จึงไม่ส่งผลต่อการเพิ่มจำนวนใบของต้นคะน้า การปลูกคะน้าในวัสดุปลูก ร่วมกับปริมาณปุ๋ยมูลไส้เดือนที่เพิ่มขึ้น มีแนวโน้มส่งผลให้ต้นคะน้ามีจำนวนใบเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ (ตารางที่ 2 และ ภาพที่ 1) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนมีสารควบคุมการเจริญเติบโต หรือฮอร์โมนที่พืชต้องการ (PGRs) เช่น ออกซิน จิบเบอเรลลิน ไซโตไคนิน เอทิลีน และกรดแอบไซซิก วิตามินที่จำเป็น ซึ่งช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช [12]

4. ความกว้างและความยาวใบ

ความกว้างและความยาวใบ พบว่าต้นคะน้าที่ปลูกในปุ๋ยมูลไส้เดือน 100% ส่งผลให้มีความกว้างใบ และความยาวใบมากที่สุดเท่ากับ 6.70 และ 8.30 เซนติเมตร ตามลำดับ รองลงมา คือ วัสดุปลูก 25% + ปุ๋ยมูลไส้เดือน 75% ส่งผลให้มีความกว้าง และความยาวใบเท่ากับ 6.40 และ 7.80 เซนติเมตรตามลำดับ ส่วนวัสดุปลูก 100% + ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 ไม่ส่งผลต่อความกว้างและความยาวของใบคะน้า เท่ากับ 4.74 และ 5.80 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) (ตารางที่ 2 และ ภาพที่ 1)

5. ความเขียวใบ

ความเขียวใบ พบว่าการปลูกคะน้าในปุ๋ยมูลไส้เดือน 100% ส่งผลให้มีความเขียวใบ มากที่สุดเท่ากับ 36.50 รองลงมา คือ วัสดุปลูก 25% + ปุ๋ยมูลไส้เดือน 75% มีความเขียวใบเท่ากับ 31.54 และ วัสดุปลูก 75% + ปุ๋ยมูลไส้เดือน 25% ส่งผลให้มีจำนวนใบน้อยที่สุดเท่ากับ 28.06 เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) (ตารางที่ 2 และ ภาพที่ 2) เนื่องจากในปุ๋ยมูลไส้เดือนมีธาตุอาหารไนโตรเจนที่ส่งผลให้ใบคะน้ามีสีเขียวเข้ม อีกทั้งธาตุอาหารไนโตรเจนมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชเป็นอย่างมาก [13] เนื่องจากข้อดีของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ คือ ช่วยปรับปรุงคุณภาพดินเมื่อดินมีความร่วนซุยจะช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำโดยเพิ่มรูพรุนของช่องอากาศในดินส่งผลให้ดินค่อย ๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารสำหรับพืชออกมาอย่างช้า ๆ ทำให้ธาตุอาหารที่

อยู่ในดินนานส่งเสริมจุลินทรีย์ในดินในด้านด้านการทำงานได้ดีขึ้น [14] ซึ่งการศึกษามูลของปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับวัสดุปลูกต่อลักษณะการเจริญเติบโต จะเห็นได้ว่ามีความสอดคล้องกับการศึกษาของ [15] ที่ได้ศึกษามูลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเขียว พันธุ์ชัยนาท 84-1 และพันธุ์ชัยนาท 6 พบว่าการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินทำให้ลักษณะการเจริญเติบโตและผลผลิตมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินเช่นเดียวกับรายงาน [8] ที่ได้ศึกษาการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของผักสลัดเรดโครอล และผักสลัดเรดโอ๊ค พบว่าการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ผักสลัดทั้ง 2 ชนิด มีการเจริญเติบโตในด้านความสูงของเรดโครอลและเรดโอ๊คมากที่สุดเท่ากับ 12.82 และ 12.55 เซนติเมตร ตามลำดับ

ส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม พบว่าปริมาณปุ๋ยมูลไส้เดือนในอัตรา 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มของเรดโครอล และเรดโอ๊คมากที่สุดเท่ากับ 20.16 และ 21.80 เซนติเมตร นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า การใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนที่ผลิตจากเศษผักจะให้ความสูงจำนวนใบ และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ตลอดจนผลผลิตของผักบั้งจีน ได้เทียบเท่ากับการใช้ปุ๋ยเคมี จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนมีโอกาสนำมาใช้ทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีได้ในการผลิตพืชที่มีอายุสั้นได้ [16] เนื่องจากปุ๋ยมูลไส้เดือนจะค่อย ๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืช รวมทั้งการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนผสมกับวัสดุปลูกยังส่งผลให้ดินมีโครงสร้างดีขึ้น มีความโปร่ง ร่วนซุย รากพืชสามารถชอนไช และแพร่กระจายได้กว้าง [4] จึงส่งผลให้มีศักยภาพในการหาอาหารของรากพืชเพิ่มขึ้นอีกด้วย

3.3 ผลของปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับวัสดุปลูกต่อการให้ผลผลิตของคะน้า

1.) น้ำหนักสดต่อต้นและน้ำหนักสดต่อกระถาง

น้ำหนักสดต่อต้นและน้ำหนักสดต่อกระถาง พบว่า การปลูกคะน้าพันธุ์เห็ดหอมในปุ๋ยมูลไส้เดือน 100% ส่งผลให้มีน้ำหนักสดต่อต้น และน้ำหนักสดต่อกระถางมากที่สุดเท่ากับ 9.99 และ 29.98 กรัม ตามลำดับ รองลงมา คือ วัสดุปลูก 25% + ปุ๋ยมูลไส้เดือน 75% มีค่าเท่ากับ 8.23 และ 24.67 กรัม ตามลำดับ และวัสดุปลูก 100% + ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (ชุดควบคุม) ส่งผลให้มีน้ำหนักสดต่อต้นและน้ำหนักสดต่อกระถางน้อยที่สุด เท่ากับ 2.05 และ 6.16 กรัม ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) (ตารางที่ 3)

2.) น้ำหนักแห้งต่อต้นและน้ำหนักแห้งต่อกระถาง

น้ำหนักแห้งต่อต้นและน้ำหนักแห้งต่อกระถาง พบว่าการปลูกคะน้าพันธุ์เห็ดหอมในปุ๋ยมูลไส้เดือน 100% ส่งผลต่อน้ำหนักแห้งต่อต้น และหนักแห้งต่อกระถาง มากที่สุดเท่ากับ 1.55 และ 4.65 กรัม ตามลำดับ รองลงมา คือ วัสดุปลูก 25% + ปุ๋ยมูลไส้เดือน 75% มีค่าเท่ากับ 1.13 และ 3.38 กรัม ตามลำดับ และการปลูกใน วัสดุปลูก 100% + ปุ๋ยเคมี 16-16-16 ส่งผลให้มีน้ำหนักแห้งต่อต้น และน้ำหนักแห้งต่อกระถางน้อยที่สุดเท่ากับ 0.37 และ 1.13 กรัม ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) (ตารางที่ 3) เนื่องจากการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนช่วยในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของรากพืช ทำให้พืชเจริญเติบโตเร็วสามารถดูดน้ำและธาตุอาหารได้ดี [17] จึงส่งผลให้ต้นคะน้า มีน้ำหนักสดที่มากขึ้น และประโยชน์หลักของปุ๋ยมูลไส้เดือนดินนั้น คือ ได้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชในปริมาณสูง อาทิ เช่น N P และ K เป็นต้น ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นพืชได้อย่างชัดเจน [18] รวมไปถึง ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และ ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ยังคงมี อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศของกรมวิชาการเกษตร อย่างไรก็ตาม เมื่อเวลาผ่านไป ปริมาณธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และค่าการนำไฟฟ้ามีแนวโน้มลดลง [19]

ตารางที่ 1 ค่าการนำไฟฟ้าและค่าความเป็นกรด-ด่างของ(ขุยมะพร้าว+กาบมะพร้าวสับ) ก่อนปลูก และระหว่างการ ปลูกของต้นคะน้าพันธุ์หัตถ์หอม

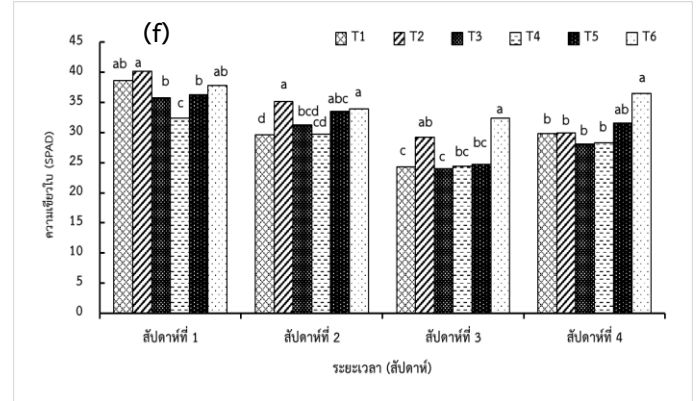
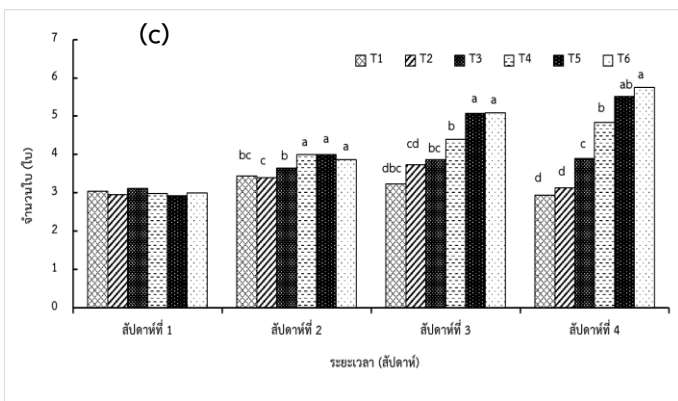
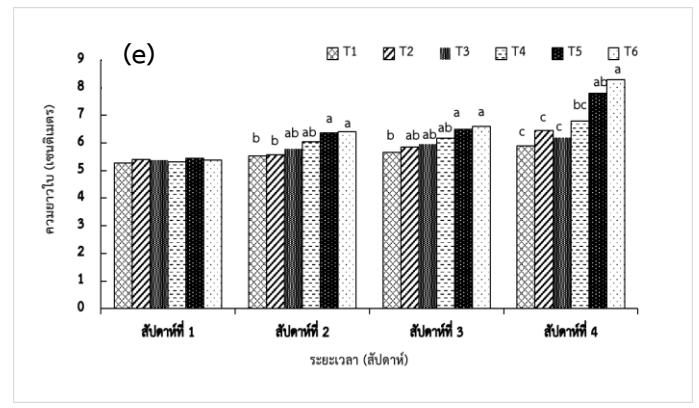
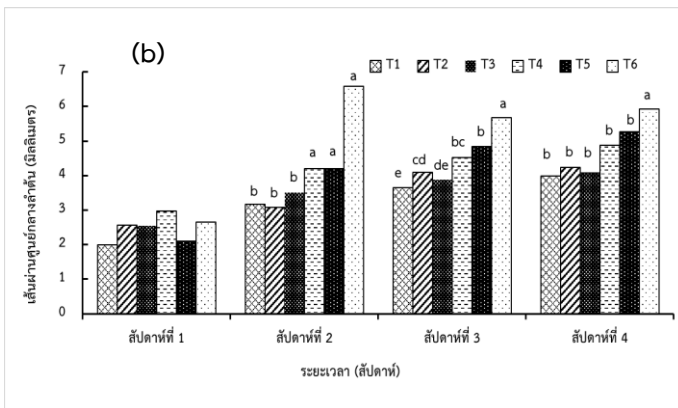
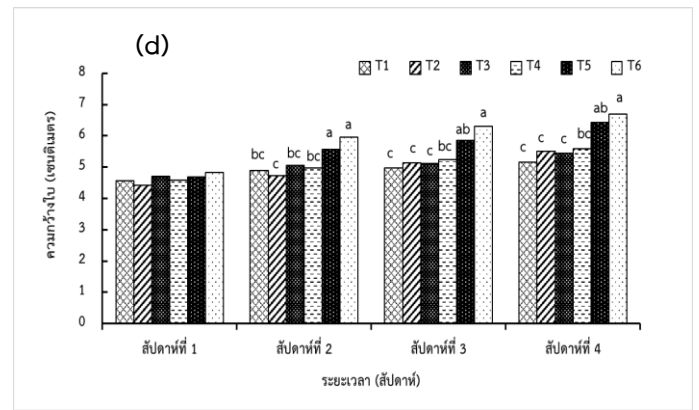
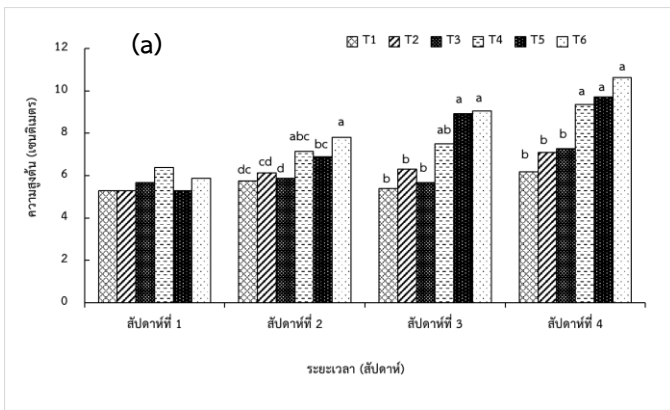
ทรีตเมนต์	ค่าการนำไฟฟ้า EC (mS/cm)		ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	
	ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก
ทรีตเมนต์ที่ 1 วัสดุปลูก 100% + ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (ชุดควบคุม)	0.10 ^c	0.10 ^c	6.92 ^b	7.21 ^b
วัสดุปลูก 100% + ปุ๋ยเคมี 16-16-16	0.44 ^a	0.36 ^{ab}	7.27 ^{ab}	5.99 ^c
วัสดุปลูก 75% + ปุ๋ยมูลไส้เดือน 25%	0.40 ^{ab}	0.28 ^b	7.36 ^{ab}	7.56 ^{ab}
วัสดุปลูก 50 % + ปุ๋ยมูลไส้เดือน 50%	0.26 ^b	0.26 ^b	7.53 ^a	7.65 ^a
วัสดุปลูก 25% + ปุ๋ยมูลไส้เดือน 75%	0.26 ^b	0.24 ^{bc}	7.39 ^{ab}	7.67 ^a
ปุ๋ยมูลไส้เดือน 100%	0.28 ^{ab}	0.48 ^a	7.26 ^{ab}	7.66 ^a
F-test	**	**	**	**
CV (%)	30.19	27.76	4.12	2.78

หมายเหตุ : ** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 99% ($p>0.01$) โดยวิธี Duncan's Multiple-Range Test (DMRT)

ตารางที่ 2 ผลของปริมาณปุ๋ยมูลไส้เดือนที่แตกต่างต่อการเจริญเติบโตของคะน้าพันธุ์หัตถ์หอมหลังปลูก ระยะเวลา 45 วัน

ทรีตเมนต์	ความสูงต้น (เซนติเมตร)	เส้นผ่าน ศูนย์กลาง ลำต้น (มิลลิเมตร)	จำนวนใบ (ใบ)	ความกว้างใบ (เซนติเมตร)	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	ความเขียวใบ (SPAD)
วัสดุปลูก 100% + ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (ชุดควบคุม)	6.18 ^b	3.30 ^b	2.94 ^d	4.74 ^c	5.80 ^c	29.80 ^b
วัสดุปลูก 100% + ปุ๋ยเคมี 16-16-16	7.10 ^b	3.44 ^b	3.10 ^d	4.74 ^c	5.66 ^c	29.92 ^b
วัสดุปลูก 75% + ปุ๋ยมูลไส้เดือน 25%	7.26 ^b	3.60 ^b	3.90 ^c	5.30 ^c	6.10 ^c	28.06 ^b
วัสดุปลูก 50 % + ปุ๋ยมูลไส้เดือน 50%	9.36 ^a	4.08 ^b	4.84 ^b	5.60 ^{bc}	6.80 ^{bc}	28.26 ^b
วัสดุปลูก 25% + ปุ๋ยมูลไส้เดือน 75%	9.72 ^a	4.44 ^{ab}	5.52 ^{ab}	6.40 ^{ab}	7.80 ^{ab}	31.54 ^{ab}
ปุ๋ยมูลไส้เดือน 100%	10.62 ^a	5.64 ^a	5.74 ^a	6.70 ^a	8.30 ^a	36.50 ^a
F-test	**	**	**	**	**	**
CV (%)	12.98	12.42	9.05	8.84	9.13	11.17

หมายเหตุ : ** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 99% ($p>0.01$) โดยวิธี Duncan's Multiple-Range Test (DMRT)



ภาพที่ 1 การเจริญเติบโตของต้นคะน้าพันธุ์เห็ดหอมหลังปลูกเป็นระยะเวลา 45 วัน, T1 วัสดุปลูก 100% + ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (ชุดควบคุม), T2 วัสดุปลูก 100% + ปุ๋ยเคมี 16-16-16, T3 วัสดุปลูก 75% + ปุ๋ยมูลไส้เดือน 25%, T4 วัสดุปลูก 50 % + ปุ๋ยมูลไส้เดือน 50%, T5 วัสดุปลูก 25% + ปุ๋ยมูลไส้เดือน 75%, T6 ปุ๋ยมูลไส้เดือน 100%

(a) แสดงความสูงต้น (เซนติเมตร) (b) แสดงเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (มิลลิเมตร) (c) แสดงจำนวนใบ (ใบ) (d) แสดงความกว้างใบ (เซนติเมตร) (e) แสดงความยาวใบ (เซนติเมตร) (f) แสดงความเขียวใบ (SPAD)

ตารางที่ 3 ผลของปริมาณปุ๋ยมูลไส้เดือนต่อผลผลิตของคะน้าพันธุ์เห็ดหอมหลังปลูกระยะเวลา 45 วัน

ทรีตเมนต์	น้ำหนักสดต่อน้ำหนักดิน (กรัม)	น้ำหนักสดต่อกระถาง (กรัม)	น้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักดิน (กรัม)	น้ำหนักแห้งต่อกระถาง (กรัม)
วัสดุปลูก 100% + ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (ชุดควบคุม)	2.05 ^e	6.16 ^e	0.41 ^d	1.24 ^d
วัสดุปลูก 100% + ปุ๋ยเคมี 16-16-16	2.38 ^{de}	7.12 ^{de}	0.37 ^d	1.13 ^d
วัสดุปลูก 75% + ปุ๋ยมูลไส้เดือน 25%	3.35 ^d	10.04 ^d	0.55 ^{cd}	1.65 ^{cd}
วัสดุปลูก 50 % + ปุ๋ยมูลไส้เดือน 50%	5.44 ^c	16.31 ^c	0.81 ^c	2.43 ^c
วัสดุปลูก 25% + ปุ๋ยมูลไส้เดือน 75%	8.23 ^b	24.67 ^b	1.13 ^b	3.38 ^b
ปุ๋ยมูลไส้เดือน 100%	9.99 ^a	29.98 ^a	1.55 ^a	4.65 ^a
F-test	**	**	**	**
CV (%)	14.84	14.84	26.38	26.45

หมายเหตุ : ** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 99% ($p > 0.01$) โดยวิธี Duncan's Multiple-Range Test (DMRT)



ภาพที่ 2 วัสดุปลูกที่มีปริมาณของปุ๋ยมูลไส้เดือนที่แตกต่างกัน และลักษณะผลผลิตของคะน้าพันธุ์เห็ดหอมเมื่ออายุ 45 วัน ได้แก่ (ก) วัสดุปลูก 100% + ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (ชุดควบคุม) (ข) วัสดุปลูก 100% + ปุ๋ยเคมี 16-16-16 (ค) วัสดุปลูก 75% + ปุ๋ยมูลไส้เดือน 25% (ง) วัสดุปลูก 50 % + ปุ๋ยมูลไส้เดือน 50% (จ) วัสดุปลูก 25% + ปุ๋ยมูลไส้เดือน 75% (ฉ) ปุ๋ยมูลไส้เดือน 100%

4. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาผลของปุ๋ยไส้เดือนร่วมกับ วัสดุปลูกต่อลักษณะการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของคะน้า พบว่าลักษณะการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของคะน้า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) หลังย้ายปลูกทุกสัปดาห์ ส่วนการให้ผลผลิตของคะน้า พบว่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยแนวโน้มการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของคะน้าจะเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของปุ๋ยมูลไส้เดือนที่เพิ่มขึ้นต่อวัสดุปลูกและในทรีตเมนต์ที่ 6 การใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือน 100% ส่งผลให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของคะน้ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 9.99 และ 1.55 กรัมต่อน้ำหนักดิน ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ดำเนินการแล้วเสร็จได้โดยได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ประจำปีงบประมาณ 2566

เอกสารอ้างอิง

1. สุนิสา ประไพตระกูล. (2551). *พืชตระกูลกะหล่ำ (คะน้า ผักกาด กวางตุ้ง) คู่มือนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร*. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมการเกษตร สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร.
2. กรมส่งเสริมการเกษตร. (2561). *พืชตระกูลกะหล่ำ* (ออนไลน์). แหล่งที่มา :

- http://www.agriman.doe.go.th/home/t.n/t.n1/5vegetable_Requirement/02_Lettuce.pdf. 6 ตุลาคม 2567.
3. ยุวดี จอมพิทักษ์ และคนอื่น ๆ (2541). *ผัก อาหาร มีพลัง*. กรุงเทพฯ: รุ่งแสงการพิมพ์.
4. ระพีพรรณ ใจภักดี. (2544). *ผักใบ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แสงแดดเพื่อเด็ก.
5. กอบเกียรติ์ บันสิทธิ์, ปิยรัตน์ เขียนมีสุข, สมศักดิ์ ศิริพลตั้งมั่น, อุทัย เกตุนุติ, อัจฉรา ตันติโชค และลักขณาวรรณภักย์. (2540). การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูหอมแดงโดยวิธีผสมผสาน. หน้า 85-90. ใน. *เอกสารวิชาการ การป้องกันกำจัดศัตรูพืชโดยวิธีผสมผสาน*. กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร.
6. อานัฐ ตันโซ. (2550). *ไส้เดือนดิน (Earthworm)*. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, ปทุมธานี. 259 น.
7. อภิชาติ ศรีสะอาด และศุภวรรณ ใจแสน. (2553). *คู่มือการผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนเงินล้าน*. กรุงเทพฯ: บริษัท นาคา อินเตอร์มีเดีย จำกัด.
8. วงศธร เผื่อนคำไฮ และ พิชณุ แก้วตะพาน. (2564). การใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของผักสลัดเรดโครอลและผักสลัดเรดโอ๊ค. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 3 วันที่ 26 มีนาคม 2564*. (หน้า 510-516). เลย : มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.
9. กรรณิการ์ วงศ์มุกดา สุพิณณญา เมาะราสี และปานใจ สือประเสริฐสิทธิ์. (2563). การผลิตเม็ดดินเผาน้ำหนักเบาจากดินตะกอนประปาและกากมันสำปะหลัง. *Production of Lightweight Expanded Clay Aggregate from Water Treatment Sludge and Cassava Sludge*. 39(4), 472-479.
10. พิชชากร จงณรงค์ชัย. (2566). *การพัฒนาวัสดุปลูกผสมมูลไส้เดือนสำหรับการผลิตผักสลัดกรีนโอ๊คและคะน้าใบ*. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
11. อธิสุนทร นันทกิจ และคนอื่น ๆ. (2557). *โครงการฝึกอบรมหลักสูตรการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (รุ่นที่16)*. กรุงเทพฯ : คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
12. Edwards, Arancon & Sherman. (2011). *Vermiculture technology: Earthworms, organic wastes and environmental management*. The United States of America: Taylor and Francis Group.
13. ทิพย์วรรณ สะอาดเงิน. (2556). ผลของชนิดปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตของคะน้า การชะละลายไนเตรต และปริมาณไนตริฟายอิงแบคทีเรียในดิน. *วารสารดินและปุ๋ย*. ปีที่ 35, 1-4.
14. โสฬส แซ่ลิ้ม. (2559). *ปุ๋ยอินทรีย์และการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: กลุ่มวิจัยและพัฒนาการ จัดการอินทรีย์วัตถุ กองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน กรมพัฒนาที่ดิน.
15. ภารดี แซ่อึ้ง และ นาริภรณ์ สามภักดี. (2564) ผลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 และพันธุ์ชัยนาท 6. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี*. ปีที่ 9(2), 127-138.
16. สุชาดา ซานุสันต์, ศรายุทธ ชุติกรกุล และภิญโญ มีแก้ว. (2557). *การเจริญเติบโตของผักบั้งจีนที่ปลูกโดยใช้มูลไส้เดือนดิน*. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://dspace.bru.ac.th/xmlui/handle/123456789/2768> .20 กันยายน 2566.
17. Edwards C.A. and Bohlen P.J. (1996). *Biology and Ecology of Earthworms*. 3rd London: Chapman & Hall.
18. พิชญ์ ตั้งสมบัติวิจิตร และอุทาน บุรณศักดิ์ศรี. (2562). ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน : เทคโนโลยีชีววิถีเพื่อการอนุรักษ์ดินและการจัดการขยะอินทรีย์ในประเทศไทย. *วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)* 14(2), 170-181.
19. ณัฐชยธร ชัตติยะพุดิเมธ และชูลีมาศ บุญไทย อิวาย. (2561). ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน. *วารสารดินและปุ๋ย*. ปีที่ 40(2), 31-38.



Research Article

Determination of Oxalic Acid in Some Thai Local Vegetables by Precipitation of Sodium Oxalate

การตรวจหาปริมาณกรดออกซาลิกในผักพื้นบ้านไทยบางชนิด โดยการตกตะกอนโซเดียมออกซาเลต

รณกฤต ผลแมน^{1*}, สวาท ทองละเอียต¹, สุพรรณิการ์ โพธิ์งาม¹, นิภัทร บุญมา¹, กิตตินันท์ แก้วลำ¹

Ronnagrit Phonman^{1*}, Sawat Thong la-eard¹, Suphannika Pho-ngam¹, Niphat Boonma¹, Kittinan Kaewlam¹

¹กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสำโรงทาบวิทยาคม 261/1 หมู่ 11 ต.สำโรงทาบ อ.สำโรงทาบ จ.สุรินทร์ 32170

¹Science and Technology Department, Samrongthapwittayakom School, 261/1 Moo 11, Samrongthap, Surin, 32170

Article Info

Received 17 September 2024

Revised 4 April 2025

Accepted 17 June 2025

Abstract

Oxalate in plant-based foods can increase the risk of kidney stone formation if consumed excessively. This study analyzed the oxalic acid content in 9 types of Thai local vegetables: *Senna siamea* (Lam.) Irwin & Barneby), *Lasia spinosa* (L.) Thwaites, *Cnidoscolus chayamansa* McVaugh, *Basella alba* L., *Commelina benghalensis* L., *Portulaca oleracea* L., *Cleome gynandra* L., *Careya sphaerica* Roxb., and *Amaranthus viridis* L. using sodium oxalate precipitation and titration methods. The oxalic acid content in the samples ranged from 128.34 ± 16.22 to 1925.03 ± 4.30 mg/100 g dry weight. The 3 vegetables with the highest oxalic acid levels were *Basella alba* L., *Amaranthus viridis* L. and , *Commelina benghalensis* L., while *Lasia spinosa* (L.) Thwaites had the lowest level. These findings allowed classification into 5 groups based on detected oxalic acid levels. The results of this study help consumers make safer dietary choices to reduce kidney stone risk and promote sustainable consumption. However, further validation with more precise methods and analysis of oxalic acid content in additional vegetables are recommended.

Keywords: Oxalic Acid, Thai Local Vegetables, Sodium Oxalate Precipitation

บทคัดย่อ

ออกซาเลตในอาหารจากพืชผักสามารถเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดนิ่วในไตหากบริโภคมากเกินไป การศึกษานี้วิเคราะห์ปริมาณกรดออกซาลิกในผักพื้นบ้าน 9 ชนิด ได้แก่ ขึ้นฉะพลี ผักหนาม ผักผักรูส ผักปลั่ง ผักปลาบ ผักเบี้ยใหญ่ ผักเสี้ยน ผักกระโดน และผักโขม โดยใช้วิธีการตกตะกอนโซเดียมออกซาเลตและไทเทรต พบว่าปริมาณกรดออกซาลิกในตัวอย่างมีค่าอยู่ระหว่าง 128.34 ± 16.22 ถึง 1925.03 ± 4.30 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง ผักที่มีปริมาณกรดออกซาลิกสูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ ผักปลั่ง ผักโขม และผักปลาบ ส่วนผักหนามมีปริมาณต่ำสุด โดยสามารถจัดเป็น 5 กลุ่มตามระดับกรดออกซาลิกที่ตรวจพบ คือ 1) ผักปลั่งและผักโขม 2) ผักปลาบ 3) ขึ้นฉะพลี 4) ผักผักรูส ผักเบี้ยใหญ่ ผักเสี้ยน ผักกระโดน และ 5) ผักหนาม ผลการศึกษานี้ช่วยให้ผู้บริโภคเลือกบริโภคอย่างปลอดภัยเพื่อลดความเสี่ยงต่อโรคนี้ในไต และส่งเสริมการบริโภคที่ยั่งยืน อย่างไรก็ตาม ควรยืนยันผลด้วยวิธีที่แม่นยำขึ้น และศึกษาปริมาณกรดออกซาลิกในผักชนิดอื่นเพิ่มเติม

คำสำคัญ: กรดออกซาลิก, ผักพื้นบ้านไทย, การตกตะกอนโซเดียมออกซาเลต

1. บทนำ

ออกซาเลต (oxalate) เป็นสารที่ไม่ทราบหน้าที่แน่ชัดในร่างกาย ซึ่งร้อยละ 80 ของออกซาเลตในเลือดได้มาจากการสังเคราะห์ในตับโดยอาศัยเอนไซม์ชนิดต่างๆ ส่วนที่เหลือร้อยละ 20 ได้มาจากการรับประทานอาหาร [10] ในทางเคมีออกซาเลตเป็นรูปที่มีประจุของกรดออกซาลิก (oxalic acid: $H_2C_2O_4$) ที่สามารถละลายน้ำได้ ซึ่งสามารถเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับธาตุอื่นๆ ทำให้มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ เช่น แคลเซียมออกซาเลต [15] เป็นต้น

แคลเซียมออกซาเลต (calcium oxalate: CaC_2O_4) เป็นสารประกอบหนึ่งที่สามารถพบได้ในพืชผักทั่วไปที่ใช้รับประทานหลายชนิด [16] โดยพืชผักหลายชนิดมีปริมาณออกซาเลตที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม เช่น สภาพการเจริญเติบโต ชนิดของดิน ฤดูกาล ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยว และปริมาณแคลเซียมในดิน [17] โดยเฉพาะในผักหรือผลไม้พื้นบ้าน ซึ่งเป็นพืชที่ชาวบ้านในท้องถิ่นนิยมนำมารับประทาน โดยมักมีการตรวจพบปริมาณของแคลเซียมออกซาเลตในปริมาณสูง [8]

การรับประทานพืชผักที่มีออกซาเลต ร่างกายจะทำการขับออกซาเลตส่วนเกินออกจากร่างกาย โดยการขับทางไตออกทางปัสสาวะเป็นหลัก อย่างไรก็ตามการรับประทานพืชผักที่มีปริมาณออกซาเลตสูงที่มากเกินไปและรับประทานอย่างต่อเนื่องจะส่งผลกระทบต่อผู้บริโภค คือ ส่งผลให้เกิดภาวะออกซาเลตสูงในปัสสาวะ (hyperoxaluria) คือ ภาวะที่มีปริมาณออกซาเลตในปัสสาวะมากกว่า 45 มิลลิกรัมต่อวัน ซึ่งจะเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคไตจากออกซาเลต (oxalate nephropathy) ทั้งแบบฉับพลันและเรื้อรัง รวมทั้งยังสามารถส่งผลให้เกิดโรคนี้ในทางเดินปัสสาวะได้อีกด้วย [10] ซึ่งจากการศึกษาอุบัติการณ์และความชุกของโรคนี้ในไตและทางเดินปัสสาวะของประชากรในประเทศไทยช่วง 3 ทศวรรษที่ผ่านมา พบว่ามีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยพบอัตราการเกิดโรคนี้ในไตและทางเดินปัสสาวะมากที่สุดที่ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ [5, 7, 8] โรคนี้ในไตและทางเดินปัสสาวะจึงจัดเป็นปัญหาสาธารณสุขที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตโดยเฉพาะประชากรวัยแรงงานและผู้สูงอายุ ทั้งยังเป็นโรคที่มีอัตราการกลับเป็นซ้ำสูงภายหลังจากการรักษา [7]

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาปริมาณกรดออกซาลิกในพืชผักพื้นบ้านของไทย มีการจัดกลุ่มพืชตามปริมาณกรดออกซาลิกที่พบโดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ [6, 8]

กลุ่มที่มีปริมาณกรดออกซาลิกสูง เช่น ใบยอ ชะพลู ผักโขมไทย มะเขือพวง ยอดกระถิน ตำลึง ผักแว่น ผักขี้มด ผักสะแก เป็นต้น

กลุ่มที่มีปริมาณกรดออกซาลิกปานกลาง เช่น กะเพรา กระเจ็ด ยอดแค ดอกแค ผักบุ้งจีน สะเดา มะระขี้นก เป็นต้น

กลุ่มที่มีปริมาณกรดออกซาลิกต่ำ เช่น คะน้า กวางตุ้ง ตำลึง บวบ ถั่วพู ผักหนาม โหระพา ผักหวานป่า เป็นต้น

ทั้งนี้ กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ได้ให้ข้อแนะนำว่าโดยปกติแล้วไม่ควรบริโภคอาหารที่มีออกซาเลตเกิน

วันละ 22 กรัมต่อน้ำหนักตัว 60 กิโลกรัม หรือ 378 มิลลิกรัม ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม [8] เพราะฉะนั้นเพื่อเป็นการลดความเสี่ยงดังกล่าว จึงจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตในพืชผักเพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเลือกบริโภคให้เหมาะสม

นอกจากนี้เมื่อศึกษาวิธีการวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตจากพืชพบว่าสามารถทำได้หลากหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีการมีต้นทุนทางด้านวัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และผลการศึกษาที่มีค่าความเที่ยง และความแม่นยำแตกต่างกันออกไป อาทิ วิธีพื้นฐาน เช่น การไทเทรต วิธีที่ใช้เครื่องมือขั้นสูง เช่น วิธีทางสเปกโทรโฟโตเมตรี วิธีทางโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) วิธีทางแก๊สโครมาโทกราฟี (GC) วิธีทางแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส (CE) วิธีทางไอออนโครมาโทกราฟี และการวิเคราะห์ด้วยเอนไซม์ ซึ่งเป็นเทคนิคที่มีความถูกต้อง ความเที่ยงและมีความไวสูง แต่ก็มีข้อเสียคือ ใช้เครื่องมือวิเคราะห์ที่มีราคาแพง ต้องอาศัยความรู้ความชำนาญหรือต้องใช้นักวิทยาศาสตร์ที่มีความชำนาญในการใช้เครื่องมือเหล่านั้น ทั้งยังมีความยุ่งยากในการใช้งาน [3] โดยในการศึกษาค้นคว้านี้มุ่งให้ได้ข้อมูลที่แสดงปริมาณกรดออกซาลิกในพืชเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิเคราะห์ด้วยวิธีการขั้นสูงต่อไป จึงพิจารณาเลือกใช้วิธีการตกตะกอนออกซาเลต และไทเทรตหาปริมาณกรดออกซาลิก โดยประยุกต์วิธีการของ บุญมี นาคธรม (2546) [20], อภิชาติ บุญมาลัย และคณะ (2562) [3] และ Fatoki (1991) [13] ซึ่งวิธีนี้อาจเกิดความคลาดเคลื่อนในการหาจุดยุติที่อาศัยการดูสีที่เปลี่ยนแปลงของสารละลาย แต่ก็ถือว่าเป็นวิธีการมาตรฐานและทำได้ง่าย [3] นอกจากนี้จากการศึกษาวิธีการตรวจหาปริมาณกรดออกซาลิกด้วยวิธีการไทเทรต พบว่าส่วนใหญ่มักดำเนินการศึกษาโดยใช้แคลเซียมเข้าไปทำปฏิกิริยากับกรดออกซาลิกและทำให้เกิดการตกตะกอนสารประกอบแคลเซียมออกซาเลต เพื่อให้ความคล้อยคลึงกับปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจริงในร่างกาย อย่างไรก็ตามพบว่าออกซาเลตในร่างกายของมนุษย์ยังสามารถจับตัวและทำปฏิกิริยากับสารอื่นได้ด้วยเช่นกัน อาทิ โซเดียม ซึ่งจะเกิดเป็นสารประกอบโซเดียมออกซาเลต ผู้ศึกษาจึงพิจารณาเลือกใช้วิธีการตกตะกอนโซเดียมออกซาเลต แทนการตกตะกอนแคลเซียมออกซาเลต เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการดังกล่าว โดยใช้ตัวอย่างผักพื้นบ้านในท้องถิ่น จำนวน 9 ชนิด ได้แก่ ขี้เหล็ก ผักหนาม ผักขมขจร ผักปลั่ง ผักปลาบ ผักเบี้ยใหญ่ ผักเสี้ยน ผักกระโดน และผักโขม เนื่องจากเป็นพืชที่มีอยู่ในพื้นที่ที่ผู้วิจัยศึกษาคือ ชุมชนในเขตอำเภอสำโรงทาบ จังหวัดสุรินทร์ และชาวบ้านในชุมชนให้คำแนะนำว่าเป็นผักและสามารถรับประทานได้ รวมทั้งผักพื้นบ้านที่นำมาศึกษาข้างต้นส่วนใหญ่มีสรรพคุณทางยา อาทิ ใบผักหนาม ใช้แก้อาการปวดท้อง ใบผักปลั่ง ใช้ระบายท้อง ขับปัสสาวะ แก้บิด [12], ใบขี้เหล็ก ช่วยรักษาโรคเบาหวาน ลดความดันโลหิตสูง กำจัดเสมหะ, [4, 11] ผักเบี้ยใหญ่ มีฤทธิ์ลดน้ำตาลและไขมันในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานและผู้ป่วยไขมันผิดปกติที่ไม่ได้เกิดจากแอลกอฮอล์ รักษาแผลไฟไหม้ในช่องปาก รักษาผื่นแพ้ในผู้ป่วยโรคสะเก็ดเงิน [1] รวมทั้งผักพื้นบ้านบางชนิดยังไม่มียาข้อมูลผลการศึกษาปริมาณกรดออกซาลิกในประเทศไทยมาก่อน ผู้ศึกษาจึงได้คัดเลือกตัวอย่างผักพื้นบ้านข้างต้นเพื่อนำมาศึกษาไทเทรตหาปริมาณกรดออกซาลิก และนำความรู้ที่ได้เผยแพร่แก่ชุมชนต่อไป

2. วัตถุประสงค์

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ตรวจสอบ และวิเคราะห์ปริมาณกรดออกซาลิกในผักพื้นบ้าน โดยใช้วิธีการตกตะกอนโซเดียมออกซาลेट ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$) 2) เปรียบเทียบปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบในผักพื้นบ้านแต่ละชนิด และ 3) วิเคราะห์และจัดกลุ่มผักพื้นบ้านโดยใช้ปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบ

3. วิธีการดำเนินการศึกษา

3.1 ตัวแปร

ตัวแปรต้น ผักพื้นบ้านไทย จำนวน 9 ชนิด

ตัวแปรตาม ปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบ (mg/100g น้ำหนักแห้ง)

ตัวแปรควบคุม กระบวนการสกัด, การเตรียมสารละลาย, ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน การตกตะกอนโซเดียมออกซาลेट และการไทเทรต

3.2 ตัวอย่างพืชที่นำมาศึกษา

ตัวอย่างพืชที่นำมาใช้ในการศึกษาเป็นผักพื้นบ้านไทยจากพื้นที่ชุมชนในเขตอำเภอสาโรงทาบ จังหวัดสุรินทร์ โดยผู้ศึกษาได้ขอคำแนะนำจากชาวบ้านในชุมชนที่มีประสบการณ์ในการรับประทานผักพื้นบ้านหรือมีองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง เป็นผู้ให้คำแนะนำว่าพืชชนิดใดเป็นผักหรือสามารถรับประทานได้ ทั้งนี้ผู้ศึกษาได้คัดเลือกตัวอย่างผักพื้นบ้านไทยที่ยังไม่มีการศึกษาปริมาณกรดออกซาลेटมาก่อน หรือมีการศึกษาอยู่ในปริมาณน้อยมาก ได้ผักพื้นบ้านไทยรวมจำนวน 9 ชนิด ดังนี้

- 1) ชีเหล็ก (*Senna siamea* (Lam.) Irwin & Barneby),
- 2) ผักหนาม (*Lasia spinosa* (L.) Thwaites),
- 3) ผักผงชูรส (*Cnidioscolus chayamansa* McVaugh),
- 4) ผักปลัง (*Basella alba* L.),
- 5) ผักปลาบ (*Commelina benghalensis* L.),
- 6) ผักเบี้ยใหญ่ (*Portulaca oleracea* L.),
- 7) ผักเสี้ยน (*Cleome gynandra* L.),
- 8) ผักกระโดน (*Careya sphaerica* Roxb.),
- 9) ผักโขม (*Amaranthus viridis* L.)



ภาพที่ 1 ตัวอย่างพืชที่นำมาศึกษา จำนวน 9 ชนิด

3.3 การเตรียมตัวอย่างพืชที่นำมาศึกษา

การเตรียมตัวอย่างตามวิธีของ Fatoki (1991) [13] โดยเก็บตัวอย่างผักพื้นบ้านที่ต้องการนำมาศึกษาทำความสะอาดด้วยน้ำ จากนั้นคัดเลือกเอาเฉพาะส่วนที่สามารถรับประทานได้เท่านั้น หั่นชิ้นส่วนตัวอย่างให้มีขนาดเล็ก แล้วนำเข้าเครื่องอบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้ตัวอย่างแห้ง (dry matter) จากนั้นนำตัวอย่างพืชแต่ละชนิดมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดแยกตัวอย่างพืชแต่ละชนิดและรักษาสภาพตัวอย่างแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันตัวอย่างดูดซับความชื้นก่อนนำไปทำการทดลองในขั้นตอนต่อไป

3.4 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

การเตรียมสารละลายตัวอย่างโดยประยุกต์วิธีของอภิชาติ บุญมาลัย และคณะ (2562) [3] และ Fatoki (1991) [13] โดยเริ่มจากนำตัวอย่างพืชแต่ละชนิดที่รักษาสภาพไว้ในตู้อบลมร้อน มาทำการชั่งน้ำหนัก 1 g น้ำหนักแห้ง ใส่ลงในหลอดทดลองแต่ละหลอด จากนั้นปิเปตสารละลาย 30% HCl 10 mL เติมลงในหลอดทดลองแต่ละหลอด ใช้จุกปิดหลอดทดลองแล้วทำการเขย่าเบาๆ ให้เข้ากัน สลับกับตั้งทิ้งไว้ประมาณ 5-10 นาที กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง จากนั้นทำการปิเปตแยกสารละลาย ปริมาตร 5 mL ใส่ในขวดรูปชมพู่ แล้วปรับปริมาตรของสารละลายด้วย 30% HCl ให้ได้ 12.5 mL นำสารละลายตัวอย่างแต่ละชนิดที่แยกมาได้ไปทำการปรับ pH ของสารละลายให้ได้ประมาณ 8 (pH ≈ 8) ด้วยสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (NH₄OH) หรือสารละลายกรดอะซิติก (CH₃COOH) โดยในขั้นตอนนี้ผู้ศึกษาวัดค่า pH ขณะปรับด้วยเครื่อง Data logger เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ทุกครั้งที่เติมสารละลาย

3.5 การตกตะกอนโซเดียมออกซาเลต และตรวจหาปริมาณกรดออกซาลิก

การตกตะกอนโซเดียมออกซาเลต และตรวจหาปริมาณกรดออกซาลิก โดยประยุกต์วิธีการของบุญมี นาครณ์ (2546) [20], อภิชาติ บุญมาลัย และคณะ (2562) [3] และ Fatoki (1991) [13] โดยนำสารละลายตัวอย่างแต่ละชนิดที่เตรียมได้จากข้อ 3.4 มาทำการตกตะกอนโซเดียมออกซาเลต (Na₂C₂O₄) ด้วยการเติมสารละลายโซเดียมอะซิเตท (CH₃COONa) อิมตัว (ที่อุณหภูมิห้อง) จากนั้นนำหลอดทดลองไปเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuge) เพื่อตกตะกอน ที่ความเร็วประมาณ 3000 รอบ/นาที เป็นระยะเวลา 2 นาที นำหลอดทดลองออกจากเครื่องปั่นเหวี่ยง จากนั้นล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่น แล้วทำการเติมสารละลาย CH₃COOH 1.5 M ปริมาตร 5 mL เขย่าเบาๆ จากนั้นนำเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยงเพื่อตกตะกอนอีกครั้ง ที่ความเร็วประมาณ 3000 รอบ/นาที เป็นระยะเวลา 2 นาที เช่นเดิม เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนด นำหลอดทดลองออกจากเครื่องปั่นเหวี่ยง ทั้งส่วนที่เป็นสารละลายคงไว้แต่ส่วนที่เป็นตะกอน จากนั้นนำหลอดทดลองที่มีตะกอนไปอบในตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง (หรือจนกว่าตะกอนจะแห้ง โดยสังเกตลักษณะทางกายภาพด้วยตาเปล่า) เมื่อหลอดทดลองที่มีตะกอนแห้งดีแล้ว นำหลอดทดลองออกจากตู้อบแล้วทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำสารละลายกรดซัลฟิวริก (H₂SO₄) 2 M เพื่อละลายตะกอน และปรับปริมาตร

สารละลายให้ได้ 12.5 mL นำสารละลายตะกอนที่เตรียมได้ไปทำการไทเทรตหาปริมาณกรดออกซาลิกกับสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (KMnO₄) 0.01 M แล้วคำนวณหาปริมาณกรดออกซาลิก ในหน่วย mg/100g น้ำหนักแห้ง โดยใช้สมการ 1 [3] ดังนี้

$$\text{mg/100g น้ำหนักแห้ง} = \frac{C \times V \times 90.03 \times 100}{W}$$

เมื่อ C คือ ความเข้มข้นที่ได้จากการไทเทรต (mol/L) ซึ่งคำนวณได้จากปริมาตรสารละลายมาตรฐาน KMnO₄ ที่ใช้ในการไทเทรต (V_{titrant}, mL)*ความเข้มข้นของ KMnO₄ 0.01 M)

V คือ ปริมาตรของสารละลายตัวอย่าง ซึ่งเท่ากับ 12.5 ml

90.03 คือ มวลโมเลกุลของกรดออกซาลิก (g/mol)

W คือ น้ำหนักของตัวอย่าง ซึ่งเท่ากับ 1 g น้ำหนักแห้ง

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย, ร้อยละของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (% RSD)
2. เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) และทดสอบรายคู่ ภายหลัง (Post Hoc) ด้วยวิธีของ Bonferroni หากพบนัยสำคัญของการเปรียบเทียบ
3. จัดกลุ่มตัวอย่างผักพื้นบ้านโดยใช้ค่าเฉลี่ยปริมาณของกรดออกซาลิกที่ตรวจพบด้วยการวิเคราะห์จัดกลุ่ม (Cluster analysis)

4. ผลการศึกษา

ผลการศึกษาปรากฏผลดังนี้

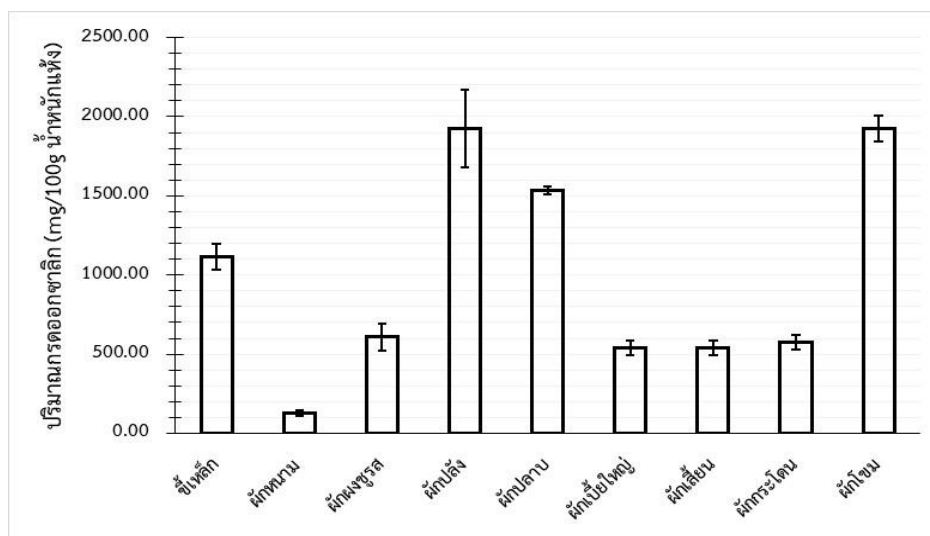
1. ผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดออกซาลิก ในหน่วย mg/100g น้ำหนักแห้ง พบว่าผักปลัง (*Basella alba* L.) ตรวจพบปริมาณกรดออกซาลิกมากที่สุด เท่ากับ 1925.03 ± 12.89 mg/100g รองลงมาคือผักโขม (*Amaranthus viridis* L.) 1925.03 ± 4.30 mg/100g, ผักปลาบ (*Commelina benghalensis* L.) 1536.65 ± 1.55 mg/100g, ชี้เหล็ก (*Senna siamea* (Lam.) Irwin & Barneby) 1114.49 ± 7.42 mg/100g, ผักผงชูรส (*Cnidioscolus chayamansa* McVaugh) 607.91 ± 13.61 mg/100g, ผักกระโดน (*Careya sphaerica* Roxb.) 574.13 ± 8.32 mg/100g, ผักเบี้ยใหญ่ (*Portulaca oleracea* L.) และผักเสี้ยน (*Cleome gynandra* L.) 540.36 ± 8.84 mg/100g, และผักหนาม (*Lasia spinosa* (L.) Thwaites) ตรวจพบปริมาณกรดออกซาลิกน้อยที่สุด เท่ากับ 128.34 ± 16.22 mg/100g ตามลำดับ
2. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบมีอย่างน้อย 1 คู่ตัวอย่างที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (F = 88.245, Sig. = 0.000) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดออกซาลิกในผักพื้นบ้านไทย โดยการตกตะกอนโซเดียมออกซาเลต

ตัวอย่างพืช	ค่าเฉลี่ยปริมาณกรดออกซาลิก (n = 3) (mg/100g น้ำหนักแห้ง) ± %RSD	ปริมาณกรดออกซาลิก ที่ตรวจพบเทียบกับงานวิจัยอื่น (mg/100g)
1. ขี้เหล็ก (<i>Senna siamea</i> (Lam.) Irwin & Barneby)	1114.49 ^c ± 7.42	71.04* [6]
2. ผักหนาม (<i>Lasia spinosa</i> (L.) Thwaites)	128.34 ^a ± 16.22	91.83* [6]
3. ผักผงชูรส (<i>Cnidioscolus chayamansa</i> McVaugh)	607.91 ^b ± 13.61	210 ± 27** [2]
4. ผักปลัง (<i>Basella alba</i> L.)	1925.03 ^e ± 12.89	294.12 ± 0.00 [22] 385.3* [8]
5. ผักปลาบ (<i>Commelina benghalensis</i> L.)	1536.65 ^d ± 1.55	23.6* [19]
6. ผักเบี้ยใหญ่ (<i>Portulaca oleracea</i> L.)	540.36 ^b ± 8.84	671-869* [26] 770 ± 99 [14]
7. ผักเสี้ยน (<i>Cleome gynandra</i> L.)	540.36 ^b ± 8.84	8.8* [9] 28.8* [25]
8. ผักกระโดน (<i>Careya sphaerica</i> Roxb.)	574.13 ^b ± 8.32	58.91* [6] 226.7 ± 2.7* [24]
9. ผักโขม (<i>Amaranthus viridis</i> L.)	1925.03 ^e ± 4.30	243.15* [6] 591.77 ± 9.79 [22] 960 ± 220 [14] 1090* [8] 600-1200* [15]

หมายเหตุ: 1) %RSD หมายถึง ร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์, 2) ^{a, b, d, e} ตัวอักษรที่ต่างกันในกลุ่มเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05, 3) *หมายถึง ปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบจากตัวอย่างสด (mg/100g น้ำหนักสด), 4) **หมายถึง ปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบจากตัวอย่างที่ผ่านการแปรรูปผล

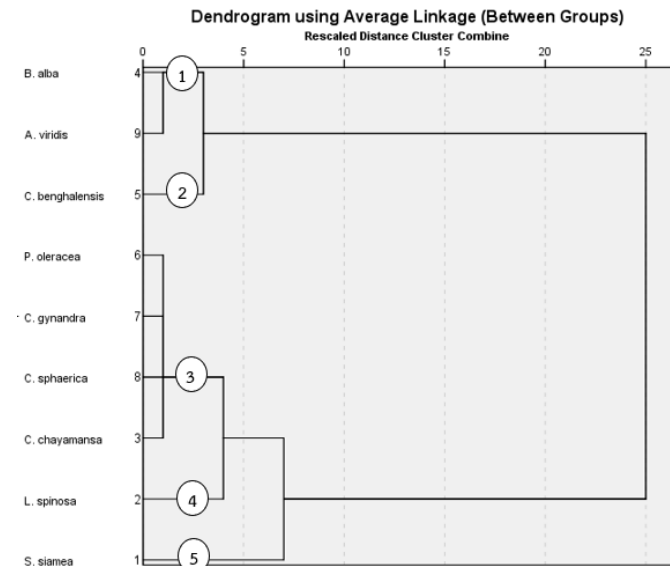
การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบแสดงได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภูมิแสดงปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบ

เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณกรดออกซาลิกโดยการทดสอบภายหลัง (Post Hoc) รายคู่ ด้วยวิธีของ Bonferroni พบว่า 1) ผักปลัง และผักโขม มีค่าเฉลี่ยปริมาณกรดออกซาลิกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีค่าเฉลี่ยปริมาณกรดออกซาลิกสูงกว่าผักชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รองลงมาคือ 2) ผักปลาบ มีค่าเฉลี่ยปริมาณกรดออกซาลิกแตกต่างจากผักชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ขึ้นเหล็ก มีค่าเฉลี่ยปริมาณกรดออกซาลิกแตกต่างจากผักชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 4) ผักผงขูรส ผักเบี้ยใหญ่ ผักเสี้ยน และผักกระโดน โดยผักพื้นบ้านทั้ง 4 ชนิดนี้มีค่าเฉลี่ยปริมาณกรดออกซาลิกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ 5) ผักหนาม มีค่าเฉลี่ยปริมาณกรดออกซาลิกน้อยกว่าผักชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดออกซาลิกของผู้ศึกษากับข้อมูลที่ปรากฏในเอกสารหรืองานวิจัยอื่นๆ พบว่า ผักเบี้ยใหญ่ ผักหนาม และผักโขม มีปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามปริมาณของกรดออกซาลิกที่ตรวจพบในผักชนิดอื่นๆ ยังมีค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก

3. จัดกลุ่มปริมาณของกรดออกซาลิกที่ตรวจพบในผักพื้นบ้านโดยการวิเคราะห์จัดกลุ่ม (Cluster analysis) ด้วยเทคนิค (Hierarchical cluster analysis: HCA) โดยพิจารณาค่า coefficient ที่น้อยที่สุดจากตาราง Agglomeration Schedule และกำหนดจำนวนกลุ่มโดยอาศัย Dendrogram ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนภาพ Dendrogram จัดกลุ่มพืชตามปริมาณกรดออกซาลิกที่พบ

จากแผนภาพ Dendrogram ข้างต้นจึงสามารถจัดกลุ่มได้จำนวน 5 กลุ่ม ตามปริมาณค่าเฉลี่ยกรดออกซาลิกที่ตรวจพบ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย ผักปลัง และผักโขม ซึ่งมีปริมาณค่าเฉลี่ยกรดออกซาลิกที่ตรวจพบสูงที่สุดตั้งแต่ 1925.03 ± 12.89 ถึง 1925.03 ± 4.30 mg/100g

กลุ่มที่ 2 ได้แก่ ผักปลาบ มีปริมาณค่าเฉลี่ยกรดออกซาลิกที่ตรวจพบเท่ากับ 1536.65 ± 1.55 mg/100g

กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วยผักผงขูรส ผักเบี้ยใหญ่ ผักเสี้ยน และผักกระโดน ซึ่งมีปริมาณค่าเฉลี่ยกรดออกซาลิกที่ตรวจพบตั้งแต่ 540.36 ± 8.84 ถึง 607.91 ± 13.61 mg/100g

กลุ่มที่ 4 ได้แก่ ผักหนาม ซึ่งมีปริมาณค่าเฉลี่ยกรดออกซาลิกที่ตรวจพบเท่ากับ 128.34 ± 16.22 mg/100g

กลุ่มที่ 5 ได้แก่ ขึ้นเหล็ก ซึ่งมีปริมาณค่าเฉลี่ยกรดออกซาลิกที่ตรวจพบเท่ากับ 1114.49 ± 7.42 mg/100g

5. สรุปผลการศึกษา

การตรวจหาปริมาณกรดออกซาลิกในผักพื้นบ้านไทยบางชนิดโดยการตกตะกอนโซเดียมออกซาลेट มีประสิทธิภาพที่สามารถนำมาใช้ตรวจหาปริมาณกรดออกซาลิกได้ โดยผลการศึกษานี้สามารถได้ดังนี้

1. ปริมาณกรดออกซาลิกในตัวอย่างผักพื้นบ้านทั้ง 9 ชนิด มีปริมาณอยู่ระหว่าง 128.34 ± 16.22 ถึง 1925.03 ± 4.30 mg/100g น้ำหนักแห้ง โดยตัวอย่างผักพื้นบ้านที่ตรวจพบปริมาณกรดออกซาลิกมากที่สุด 3 ลำดับแรก คือ ผักปลัง (*Basella alba* L.) 1925.03 ± 4.30 mg/100g น้ำหนักแห้ง, รองลงมาคือ ผักโขม (*Amaranthus viridis* L.) 1925.03 ± 12.89 mg/100g น้ำหนักแห้ง และผักปลาบ (*Commelina benghalensis* L.) 1536.65 ± 1.55 mg/100g น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และผักหนาม (*Lasia spinosa* (L.) Thwaites) มีปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบน้อยที่สุด คือ 128.34 ± 16.22 mg/100g น้ำหนักแห้ง
2. ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดออกซาลิกในผักพื้นบ้านที่ตรวจพบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อทำการทดสอบรายคู่เพื่อตรวจสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติสามารถจัดกลุ่มผักพื้นบ้านได้ 5 กลุ่ม คือ 1) ผักปลัง และผักโขม 2) ผักปลาบ 3) ขึ้นเหล็ก 4) ผักผงขูรส ผักเบี้ยใหญ่ ผักเสี้ยน และผักกระโดน และ 5) ผักหนาม อย่างไรก็ตามผลการเปรียบเทียบปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบกับค่าที่ปรากฏในเอกสารหรืองานวิจัยอื่นค่าส่วนใหญ่ยังมีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก
3. สามารถจัดกลุ่มผักพื้นบ้านตามปริมาณค่าเฉลี่ยกรดออกซาลิกที่ตรวจพบได้ 5 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย ผักปลัง และผักโขม กลุ่มที่ 2 ได้แก่ ผักปลาบ กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วยผักผงขูรส ผักเบี้ยใหญ่ ผักเสี้ยน และผักกระโดน กลุ่มที่ 4 ได้แก่ ผักหนาม และกลุ่มที่ 5 ได้แก่ ขึ้นเหล็ก

6. อภิปรายผลการศึกษา

ผลการศึกษาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการตรวจหาปริมาณกรดออกซาลิกในผักพื้นบ้านไทยบางชนิดโดยการตกตะกอนโซเดียมออกซาลेट เป็นวิธีการพื้นฐานที่มีประสิทธิภาพ สามารถนำไปใช้ตรวจหาปริมาณกรด

ออกซาลิกเบื้องต้นได้ โดยการศึกษาปริมาณกรดออกซาลิกในตัวอย่าง ผักพื้นบ้านทั้ง 9 ชนิด มีผลการศึกษาบางส่วนสอดคล้องไปในทางเดียวกันกับข้อมูลที่ปรากฏในเอกสารและงานวิจัยที่ศึกษา ดังนี้

การศึกษาปริมาณกรดออกซาลิกในผักพื้นบ้านบางชนิด พบว่า ผักโขม (*Amaranthus viridis* L.) จัดอยู่ในกลุ่มผักพื้นบ้านที่ตรวจพบปริมาณกรดออกซาลิกในปริมาณสูงซึ่งเป็นไปในทางเดียวกันกับผลการตรวจสอบจากงานวิจัยอื่นที่นำมาเปรียบเทียบ [14] [8] [15] นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ซึ่งปรากฏให้เห็นความหนาแน่นของผลึกออกซาลेटในผักปลัง (*Basella alba* L.) และผักโขม (*Amaranthus viridis* L.) ที่มีความหนาแน่นของผลึกออกซาลेटอยู่ในระดับที่สูงกว่าผักชนิดอื่นๆ [16] รวมทั้งพบว่าผักหนาม (*Lasia spinosa* (L.) Thwaites) มีปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบน้อยที่สุด สอดคล้องกับผลการวิจัยที่นำมาเปรียบเทียบ [6] เช่นกัน นอกจากนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดออกซาลิกในผักพื้นบ้านที่ตรวจพบจะพบว่าผักพื้นบ้านแต่ละชนิดมีปริมาณกรดออกซาลิกที่แตกต่างกันและสามารถจัดกลุ่มผักพื้นบ้านตามวิธีการทางสถิติได้ 5 กลุ่ม คือ 1) ผักปลัง และ ผักโขม 2) ผักปลาบ 3) ชีเหล็ก 4) ผักผงขูรส ผักเบี้ยใหญ่ ผักเสี้ยน และผักกระโดน และ 5) ผักหนาม ทั้งนี้พืชบางชนิดมีการสะสมกรดออกซาลิกในรูปของแคลเซียมออกซาลेट จึงอาจตรวจพบปริมาณของแคลเซียมและกรดออกซาลิกใกล้เคียงกัน โดยพืชที่ขึ้นบนบกจะมีปริมาณของแคลเซียมมากกว่าพืชที่ขึ้นในน้ำหรือใกล้แหล่งน้ำ จึงสามารถเปลี่ยนกรดออกซาลิกให้อยู่ในรูปแคลเซียมออกซาลेटได้มากขึ้นตามไปด้วย [6] เช่น ผักหนาม ซึ่งเป็นพืชที่มักจะเจริญเติบโตในพื้นที่น้ำตื้นและดินที่มีน้ำขัง จึงมีปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามปริมาณของกรดออกซาลิกที่ตรวจพบไม่สัมพันธ์กับขนาดหรือประเภทของพืช อาทิ ผักชีเหล็ก และผักกระโดน ซึ่งผักพื้นบ้านที่มีลักษณะเป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ กลับมีปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบแตกต่างกัน หรือกรณีของผักโขม และผักเบี้ยใหญ่ ซึ่งมีลักษณะเป็นพืชล้มลุกขนาดเล็กเช่นเดียวกัน กลับพบว่าปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบแตกต่างกันมาก ทั้งนี้ความแตกต่างที่เกิดขึ้นอาจเนื่องจากบทบาททางชีวเคมีของกรดออกซาลิกในพืชแต่ละชนิดที่แตกต่างกัน เช่น การสะสมแร่ธาตุ หรือการป้องกันศัตรูพืช นอกจากนี้ปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น ชนิดของดิน ช่วงเวลาเก็บเกี่ยว หรือภูมิอากาศอาจส่งผลต่อความแตกต่างระหว่างพืชแต่ละชนิด [6, 17] เช่น ผลการศึกษาปริมาณของกรดออกซาลิกจากงานวิจัยอื่นที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบในครั้งนี้มีส่วนหนึ่งเป็นงานวิจัยที่มีการทดลองในพื้นที่ต่างประเทศ ซึ่งมีสภาพภูมิประเทศ และภูมิอากาศแตกต่างจากประเทศไทย จึงอาจทำให้กระบวนการทางสรีรวิทยาของพืชที่นำมาศึกษาแตกต่างกันออกไป ผลการตรวจสอบปริมาณของกรดออกซาลิกในพืชดังกล่าวจึงมีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ความแตกต่างดังกล่าวยังสามารถเกิดจากการเลือกนำตัวอย่างพืชที่มีอายุแตกต่างกันมาศึกษา ซึ่งพืชที่มีอายุน้อยจะมีกระบวนการสะสมสารภายในไว้มากกว่าพืชที่มีอายุน้อย รวมถึงการคัดเลือกชิ้นส่วนต่างๆ ของพืชตัวอย่างที่แตกต่างกันมาศึกษา น้ำหนักของตัวอย่างที่นำมาศึกษา ซึ่งอาจเป็นตัวอย่างสดหรือตัวอย่างแห้ง ก็ย่อมมีผลทำให้ผลการศึกษาดังกล่าวแตกต่างกันด้วย เช่น การวิเคราะห์ปริมาณกรดออกซาลิกในผักกระโดนที่มีการใช้บริเวณยอดอ่อนหรือตาอ่อน (buds) มาศึกษา [6, 24] เหมือนกัน หากแต่ในกระบวนการศึกษาใช้กรรมวิธีที่แตกต่างกัน (ตัวอย่างสด

และตัวอย่างแห้ง) ผลการตรวจสอบปริมาณกรดออกซาลิกที่ได้จึงมีความแตกต่างกัน หรือกรณีการตรวจสอบปริมาณกรดออกซาลิกในผักเบี้ยใหญ่ซึ่งในงานวิจัยที่นำมาอ้างอิง [14, 26] ใช้เฉพาะส่วนใบมาศึกษาเท่านั้น แต่จากผลที่ผู้ศึกษาได้ทำการตรวจสอบซึ่งใช้ส่วนของลำต้นอ่อนร่วมด้วย เนื่องจากการคัดเลือกตัวอย่างได้ข้อมูลจากคนชมชนว่าสามารถรับประทานได้เช่นกัน ซึ่งผลการศึกษาพบว่ามีปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบใกล้เคียงกัน เป็นต้น

อย่างไรก็ตามผลจากการศึกษาครั้งนี้ยังมีข้อจำกัดที่ควรคำนึงถึง เช่น วิธีการตกตะกอนโซเดียมออกซาลेटที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ถือว่ามีประสิทธิภาพในระดับพื้นฐาน เนื่องจากสามารถตรวจหาปริมาณกรดออกซาลิกในพืชได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม วิธีนี้มีข้อจำกัดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการตกตะกอนแคลเซียมออกซาลेट ซึ่งเป็นที่นิยมในงานวิจัยก่อนหน้านี้ [3, 20, 22] เนื่องจากตะกอนแคลเซียมออกซาลेटมีความเสถียรและไม่ละลายน้ำ ทำให้ผลลัพธ์มีความแม่นยำมากกว่า [27] ขณะที่โซเดียมออกซาลेटมีความเป็นไปได้อาจจะละลายน้ำบางส่วนโดยเฉพาะในค่า pH ที่ไม่เหมาะสม ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในปริมาณที่วัดได้ [23] ดังนั้น การยืนยันผลด้วยเทคนิคขั้นสูง เช่น HPLC หรือ GC จึงเป็นสิ่งจำเป็นในการศึกษาครั้งถัดไป [18]

ทั้งนี้ดังที่ได้ศึกษาและพบว่ากรดออกซาลิกสามารถรวมตัวกับผลการศึกษาปริมาณกรดออกซาลิกข้างต้น หากพิจารณาจากข้อมูลที่ กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ได้แนะนำว่าโดยปกติไม่ควรบริโภคอาหารที่มีออกซาลेटเกินวันละ 22 กรัมต่อน้ำหนักตัว 60 กิโลกรัม หรือ 378 มิลลิกรัม ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม [8] กรณีนี้หากบุคคลมีน้ำหนัก 60 กิโลกรัม หมายความว่า ไม่ควรบริโภคอาหารที่มีกรดออกซาลิกสูงเกินกว่าค่าประมาณ 22000 มิลลิกรัม/วัน แต่อย่างไรก็ตามมีการระบุไว้ว่าปริมาณกรดออกซาลิกที่ประมาณ 350 mg/100g ขึ้นไป ถือว่าเป็นปริมาณกรดออกซาลิกในอาหารที่อยู่ในระดับสูง [8] รวมทั้งกรดออกซาลิกที่ผู้บริโภคได้รับอาจมาจากอาหารจากแหล่งอื่นด้วยเช่นกัน รวมทั้งกระบวนการเมตาบอลิซึมของออกซาลेटโดยธรรมชาติจากตับ ก็สามารถเพิ่มปริมาณออกซาลेटในร่างกายได้ [10] เพราะฉะนั้นผู้บริโภคจึงควรระมัดระวังในการบริโภคผักพื้นบ้านข้างต้น โดยอาจใช้วิธีการต้มหรือลวกผักก่อนรับประทาน ซึ่งจะช่วยลดปริมาณกรดออกซาลิกที่สะสมในผักได้ส่วนหนึ่ง [21] และควรดูแลสุขภาพร่างกายโดยการดื่มน้ำวันละ 6-8 แก้ว หลีกเลี่ยงการดื่มกาแฟที่เข้มข้นมากอย่างต่อเนื่อง ลดการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ และหลีกเลี่ยงอาหารที่มีกรดออกซาลิกสูง [8, 10]

อย่างไรก็ตามผลที่ได้จากการศึกษาข้างต้นสามารถใช้เป็นแนวทางเบื้องต้นในการเลือกบริโภคผักพื้นบ้านเท่านั้น เนื่องจากเป็นผลที่ได้จากการศึกษาโดยใช้ตัวอย่างแห้งซึ่งปริมาณกรดออกซาลิกที่ได้จากการศึกษาจะอยู่ในหน่วย กรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง ซึ่งไม่ใช่ค่ามาตรฐานหรือแสดงปริมาณกรดออกซาลิกที่สามารถอ้างอิงได้ชัดเจน อาจจำเป็นต้องมีการคำนวณกลับให้อยู่ในรูปของน้ำหนักสด (fresh weight) หรือมีการศึกษาเพิ่มเติมอีกครั้งโดยใช้ตัวอย่างสด หรือใช้วิธีการตรวจสอบที่มีความแม่นยำมากขึ้นดังที่ได้กล่าวถึงไปแล้วในข้างต้น

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

- ผลที่ได้จากการศึกษาข้างต้นอาจมีความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ โดยเป็นผลมาจากกระบวนการตกตะกอนและการไทเทรต ปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบจึงไม่ใช่ค่ามาตรฐานหรือแสดง ปริมาณกรดออกซาลิกที่สามารถอ้างอิงได้ชัดเจน

- ปริมาณกรดออกซาลิกที่ตรวจพบสามารถใช้เป็นแนวทางเบื้องต้นในการเลือกบริโภคผักพื้นบ้านเท่านั้น ซึ่งอาจจำเป็นต้องมีการ คำนวณกลับให้อยู่ในรูปของน้ำหนักสดหรือมีการศึกษาเพิ่มเติมอีกครั้ง โดยใช้ตัวอย่างสด หรือใช้วิธีการตรวจสอบที่มีความแม่นยำมากขึ้น

7.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

- ควรมีการยืนยันผลซ้ำด้วยวิธีการเดิม โดยแยกศึกษาส่วน ต่างๆ ของผักพื้นบ้านแต่ละชนิด เพื่อตรวจสอบว่าส่วนใดของพืชมีการ สะสมกรดออกซาลิกไว้มากน้อยเพียงใด

- ในกรณีที่ต้องการผลการตรวจสอบที่มีความแม่นยำและ เทียงตรงมากยิ่งขึ้น ควรเลือกใช้วิธีการที่มีความเป็นมาตรฐาน สามารถ ลดความคลาดเคลื่อนได้มาก และเป็นที่ยอมรับ เช่น วิถีทางสเปก โโทรโฟโตเมตรี วิถีทางโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) วิถีทางแก๊สโครมาโทกราฟี (GC) วิถีทางแคปิลลารีอิเล็กโตรโฟรีซิส (CE) วิถีทางไอออนโครมาโทกราฟี และการวิเคราะห์ด้วยเอนไซม์

- ควรศึกษาหาปริมาณกรดออกซาลิกในผักพื้นบ้านชนิดอื่นๆ เพิ่มเติม เพื่อเพิ่มสารสนเทศที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- Athawongsa K. Purslane: Thai Local Vegetables with Great Value. Medical Plants Newspaper, Library and Knowledge Center, Mahidol University. 2019;31(1).
- Avila-Nava A., et al. Development of Functional Cookie Formulated with Chaya (*Cnidioscolus aconitifolius* (Mill.) I.M. Johnston) and Amaranth (*Amaranthus cruentus*). Molecules. 2022;27(7397):1-14.
- Boonmalai A, Sangchaimongkonlap K, Bhudsri K. Determination of oxalate in vegetable samples using a low cost electrode by potentiometric microtitration method. Phranakhon Rajabhat Research Journal (Science and Technology). July - December 2019;14(2): 148-160.
- Buildings, Grounds and Facilities Division, Chiangmai University. Database of plants in Chiang Mai University [Internet]. [cited 2024 Nov 5]. Available from: <https://buildings.oop.cmu.ac.th/plant/index.php>
- Chaiklang A. Treatment of Kidney Stones By Percutaneous Nephrolithotomy in the Lateral Position with Ultrasound-Guided at Phrae Hospital from 2010 - 2024. Phrae Medical Journal and Clinical Sciences. 2024;32(2):59-70.
- Chalitanawin N. Determination of Calcium and Oxalate in Indigenous Vegetables by Atomic Absorption Spectroscopy. Research Report in Faculty of Science and technology, Rajabhat Sakon Nakhon University. 2014.
- Chamchoi N. Descriptive study of kidney stone in Sakaeo Province, Thailand. Buddhasothorn Hospital Journal. 2024;40(1):1-11.
- Chanapa P. The Risk Factors of Kidney Stones Focusing on Calcium Oxalate. Songkla Med J. 2011;29(6): 299-308.
- Cweya J.A., Mnzava N.A. Cat's whiskers. *Cleome gynandra* L.. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. No. 11. Heller J., Engels J.M.M, Hammer K., editors. IPK and IPGRI, Rome, Italy. 1997.
- Chinpraditsuk S, Chatkrailert A. Oxalate Nephropathy. Journal of the Nephrology Society of Thailand. 2023;29(2):107-115.
- Esievo K.B., Fatokun O.T., Ibrahim J.A., Kunle O.F. Pharmacognosis Studies of the leaf of *Senna siamea* (Lam.) Irwin & Barneby Family: Caesalpinaceae. European Journal of Medical Plants. 2016;16(2):1-7.
- Faculty of Pharmaceutical Science, Ubon Ratchathani University. Herbal Database [Internet]. [cited 2024 Nov 5]. Available from: <https://phar.ubu.ac.th/herb-index>
- Fatoki O.S. Ambient temperature acid extraction method for the determination of oxalic acid contents of vegetables. Journal of Agricultural and Food Chemistry. February 1991;39(2):293-295.
- Guil J.L., Rodríguez-García I., Torija E. Nutritional and toxic factors in selected wild edible plants. Plant Food for Human Nutrition. 1997;51: 99-107.
- Promdang S, Benjawan S, Doung-ngern U, Sukkhaeng S. Oxalate content and antioxidant properties in 12 genotypes of amaranth. KHON KAEN AGR. J. 2020;48(1):1065-1072.
- Kengkat Y, Jongthonglang P, Phromprasit P. Examination of Calcium Oxalate Crystals in Local Vegetables from Ban Mai Subdistrict, Khon Buri District, Nakhon Ratchasima Province. Science and Technology Research Journal Nakhon Ratchasima Rajabhat University. July-December 2022;7(2):75-82.
- Kusuma D.S., et al. Evaluation of extraction parameters for total oxalate determination in spinach using design of experiment analysis. Journal of Food Composition and Analysis. 2016;51:9-14.

18. Misiewicz B., Mencer D., Terzaghi W., VanWert A.L.
Analytical Methods for Oxalate Quantification: The Ubiquitous Organic Anion. *Molecules*. 2023;28(3206): 1-25.
19. Mwangi S., et al. Nutritional Composition and Antinutritional Factors of Selected African Indigenous Leafy Vegetables in Kenya. *Journal: Foods*, 2024;13(6): 858.
20. Nakorn B. Determination of Oxalic acid in Thai vegetables by Precipitation of Calcium Oxalate. Ubonratchatani: Faculty of Science and Technology, Ubonratchatani Rajabhat University. 2003.
21. Narasri, W. Calcium in Vegetables. *Food*. 2021;51(1): 40-43.
22. Odufuwa T.K., Atunnise A.K., Olukanni O.D., Salau B.A. Juicing alters oxalates contents in commonly consumed leafy vegetables in South West Nigeria. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*. 2014;3(3):183-186.
23. Reynold J.G., Britton M.D., Carter R. A Review of Sodium Oxalate Solubility in Water. *Industrial and Engineering Chemistry Research*. 2023;62: 19394-19401.
24. Vanhanen L., Savage G.P., Sangketkit C. Oxalate content of eleven indigenous Thai plants. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. July-October 2011; 9(3&4):38-10.
25. Ventosa-Febles E. *Cleome gynandra* (wild spider flower). [Internet]. [cited 2024 Nov 5]. Available from: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.119802>
26. Wang X., et al. Purslane-induced oxalate nephropathy: case report and literature review. *BMC Nephrology*. 2023;24(207):1-7.
27. Werner H., et al. Calcium Oxalate Crystallization: Influence of pH, energy input, and supersaturation ratio on the synthesis of artificial kidney stone. *American chemical Society Omega*. 2021;6:26566-26574.



ISSN 2985-0835

KOCH CHA SARN JOURNAL OF SCIENCE
Vol. 47 (1); January-June (2025), pp. 19-24
<https://science.srru.ac.th/kochasarn>

Research Article

The effects of ensiling day and microbial supplementation (Baker's yeast or Look Pang Sato) on the fermentation quality of fermented durian peels for potential use as cattle feed

ผลของระยะเวลาวันหมักและการเสริมจุลินทรีย์ (ยีสต์ขนมปัง หรือลูกแป้งสาโท) ต่อคุณภาพการหมักของเปลือกทุเรียนหมักเพื่อการใช้ประโยชน์เป็นอาหารโคเนื้อ

ทัย กาบบัว¹, สายันห์ สืบผาง^{1*}

Thai Kaubbua¹, Sayan Subepang^{1*}

¹คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ 319 ถนนไทยพันทา ต.โพธิ์ อ.เมือง จ.ศรีสะเกษ 33000

¹Faculty of Liberal Arts and Science, , 319, Thaipantha Road, Pho, Amphoe Mueang Si Sa Ket, 33000

Article Info

Received 24 December 2024

Revised 26 May 2025

Accepted 26 June 2025

Abstract

The increasing cost of animal feed has been a significant challenge to livestock farmers. Additionally, durian peel, a common agricultural byproduct, contains nutritional characteristics suited for use as a source of roughage. Nevertheless, its increased moisture content put it at risk of early spoilage. If sufficiently processed and preserved, durian peel could possibly be developed into an alternative fiber ingredient. This study focused on investigating the effects of yeast or fermented starter (Look Pang Sato) supplementation in fermented durian peel on its chemical composition and physical fermentation quality (smell, texture, color, and pH). The experimental design followed a 3x3 factorial arrangement in a completely randomized design (CRD). Factor A was microbial supplementation (a1 = no supplementation, a2 = baker's yeast supplementation, and a3 = Look Pang Sato supplementation), while Factor B was ensiling days (b1 = 0 days, b2 = 21 days, and b3 = 60 days). This resulted in a total of 9 treatment combinations, each with 5 replications. The study found that the dry matter content of fermented durian peels across all three groups was not significantly different ($P>0.05$). However, dry matter content decreased as ensiling days increased ($P<0.05$). The highest crude protein content (7.9%) was observed in durian peel fermented with yeast, with crude protein content increasing after 21 days of ensiling. The pH levels of the fermented durian peels across all groups were also not significantly different ($P>0.05$), though pH levels decreased as ensiling time increased ($P<0.01$). All three formulations of fermented durian peel were of good quality, with the formulation fermented for 21 days showing the highest overall quality. This study concluded that supplementation with baker's yeast or Look Pang Sato in durian peel fermentation increased crude protein content, with the optimal ensiling period being 21 days.

Keywords: Durian peel, Baker's yeast, Look Pang Sato, fermentation quality

*Corresponding Author. Email: sayanneng@gmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันต้นทุนการผลิตอาหารสัตว์มีแนวโน้มสูงขึ้น ส่งผลกระทบต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ ในขณะที่เปลือกทุเรียนซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีปริมาณมาก และมีคุณค่าโภชนะเหมาะสมต่อการเป็นอาหารหยาบ แต่เน่าเสียง่ายเนื่องจากมีความชื้น หากได้รับการพัฒนาอย่างเหมาะสมสามารถนำมาใช้เป็นอาหารหยาบทางเลือกได้ปัจจุบัน การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นศึกษาผลของการเสริมยีสต์หรือลูกแป้งสาโทในรูปแบบน้ำหมักของเปลือกทุเรียนต่อค่าองค์ประกอบทางเคมี และคุณภาพการหมักทางกายภาพเบื้องต้น (กลิ่น เนื้อสัมผัส สี และค่าความเป็นกรดต่าง) วางแผนงานทดลองแบบ 3x3 แฟคทอเรียลในแผนงานทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ เมื่อปัจจัยทดลอง A เป็นการเสริมจุลินทรีย์ (a1 = ไม่เสริม, a2 = เสริมยีสต์ขนมปัง และ a3 = เสริมลูกแป้งสาโท) และปัจจัยทดลอง B เป็นวันหมัก (b1 = 0 วัน, b2 = 21 วัน และ b3 = 60 วัน) รวม 9 ปัจจัยทดลองรวม กำหนด 5 ซ้ำต่อปัจจัยทดลอง จากการศึกษาพบว่า วัตถุแห้งของเปลือกทุเรียนหมักทั้ง 3 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ค่าวัตถุแห้งลดลงเมื่อระยะเวลาหมักเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) ค่าโปรตีนหยาบของทุเรียนหมักเสริมยีสต์มีค่าสูงที่สุด (7.9%) และค่าโปรตีนหยาบมีค่าเพิ่มขึ้นหลังหมักแล้วที่วันหมักที่ 21 ค่าความเป็นกรดต่างของเปลือกทุเรียนหมักทุกกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) และมีค่าลดลงเมื่อวันหมักเพิ่มขึ้น ($P<0.01$) เปลือกทุเรียนหมักทั้ง 3 แบบ มีระดับคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี โดยเปลือกทุเรียนที่หมัก 21 วัน มีระดับคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีมาก การศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่าการเสริมยีสต์ขนมปัง หรือเสริมลูกแป้งสาโทในเปลือกทุเรียนส่งผลให้ค่าโปรตีนหยาบเพิ่มขึ้น และระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับเปลือกทุเรียนหมักยีสต์ คือ 21 วัน

คำสำคัญ: เปลือกทุเรียน, ยีสต์ขนมปัง, ลูกแป้งสาโท, คุณภาพการหมัก

1. บทนำ

ในปัจจุบันต้นทุนการผลิตอาหารสัตว์ที่สูงขึ้นเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อภาคการปศุสัตว์ โดยเฉพาะกลุ่มผู้เลี้ยงสัตว์ที่ต้องแบกรับค่าใช้จ่ายที่เพิ่มสูงขึ้นจากวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่หายากตามกลไกตลาด โดยข้อมูลกรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์ รายงานว่าในช่วงปี 2564-2567 ราคาวัตถุดิบหลักที่นำเข้า เช่น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปลาป่น และกากถั่วเหลือง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 3% 9% และ 18% ตามลำดับ [1-3] ทำให้เกิดความต้องการหาวัตถุดิบทางเลือกใหม่ที่สามารถใช้ทดแทนได้ในต้นทุนต่ำ เปลือกทุเรียนเป็นแหล่งทางเลือกอาหารสัตว์ที่น่าสนใจเนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่มีอยู่มากมาย โดยประเทศไทยมีผลผลิตทุเรียนประมาณ 1.4 ล้านตัน/ปี [1] คิดเป็นเปลือกทุเรียนประมาณ 70% ซึ่งวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรที่สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับสัตว์ได้ และเปลือกทุเรียนมีคุณค่าทางโภชนะสำหรับสัตว์ ได้แก่ วัตถุแห้ง 95.37% โปรตีนหยาบ 3.82% เถ้า 7.57% เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด 40.30% เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด 20.01% และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ เท่ากับ 1,729 kcal/kg [4] อย่างไรก็ตาม เนื่องจากเปลือกทุเรียนมีความชื้นและย่อยยาก การปรับปรุงคุณภาพทางโภชนาการโดยใช้เทคโนโลยีการหมักช่วยในการถนอมอาหารที่มีความชื้น [5] ร่วมกับเทคโนโลยีด้านชีวภาพด้วยการเสริมจุลินทรีย์ เช่น ยีสต์ เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถเพิ่มคุณค่าทางอาหารและเพิ่มความย่อยได้ของเปลือก ปัจจุบันได้มีการพัฒนาอาหารสัตว์ด้วยการเสริมจุลินทรีย์ ซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสัตว์ได้ [6] [7] สำหรับการศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นสนใจการใช้ประโยชน์ได้ของเปลือกทุเรียน โดยรูปแบบการใช้ประโยชน์จะเป็นการพัฒนาการหมักเปลือกทุเรียนด้วยสารเสริม ได้แก่ ยีสต์ขนมปัง หรือลูกแป้งสาโทที่เป็นสารเสริมนิยมใช้หมักในอาหารสัตว์โดยมีวัตถุประสงค์ ศึกษาคุณภาพการหมักทางกายภาพเบื้องต้น (กลิ่น

เนื้อสัมผัส สี และค่าความเป็นกรดต่าง) และค่าองค์ประกอบทางเคมี (ค่าวัตถุแห้ง และค่าโปรตีน) ที่ระยะเวลาหมักต่างกัน โดยมีสมมติฐานว่า เมื่อเปลือกทุเรียนได้รับการหมักที่เสริมด้วยสารเสริมดังกล่าวแล้ว นอกจากจะช่วยถนอมอาหารสัตว์ได้ยาวนานแล้ว ยังสามารถที่จะเพิ่มระดับโปรตีนรวมในเปลือกทุเรียนอาหารสัตว์ให้สูงขึ้น สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัตถุดิบในท้องถิ่น และช่วยลดภาวะมลพิษเนื่องจากขยะสดจากเปลือกทุเรียน นำไปสู่การสร้างความมั่นคงด้านอาหารสัตว์ในชุมชน และต่อยอดการพัฒนาสู่การค้าเชิงพาณิชย์ให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนต่อไป

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

2.1 การวางแผนงานทดลอง

หน่วยทดลองเป็นเปลือกทุเรียนหมักบรรจุในกระปุกพลาสติกขนาดขนาดบรรจุ 5 ลิตร ใช้แผนการทดลองแบบ 3x3 แฟคทอเรียลในแผนงานทดลองสุ่มสมบูรณ์ (3x3 Factorial in Completely Randomized Design, CRD) ประกอบด้วย 2 ปัจจัยทดลองหลัก ได้แก่ ปัจจัยทดลอง A เป็น รูปแบบการเสริมจุลินทรีย์ 3 แบบ (a1 = ไม่เสริมจุลินทรีย์ a2 เสริมยีสต์จากแป้งขนมปัง และ a3 = เสริมลูกแป้งสาโท) และ ปัจจัยทดลอง B เป็นระยะเวลาวันหมัก 3 ช่วง (b1 = วันหมักที่ 0 b2 = วันหมักที่ 21 และ b3 = วันหมักที่ 60) รวม 9 ปัจจัย 9 ปัจจัยทดลองรวม (treatment, T) ประกอบด้วย T1 = ไม่เสริม-หมัก 0 วัน, T2 = ไม่เสริม-หมัก 21 วัน, T3 = ไม่เสริม-หมัก 60 วัน, T4 = เสริมยีสต์ขนมปัง-หมัก 0 วัน, T5 = เสริมยีสต์ขนมปัง-หมัก 21 วัน, T6 = เสริมยีสต์ขนมปัง-หมัก 60 วัน, T7 = เสริมลูกแป้งสาโท-หมัก 0 วัน, T8 = เสริมลูกแป้งสาโท-หมัก 21 วัน และ T9 = เสริมลูกแป้งสาโท-หมัก 60 วัน กำหนด 5 ซ้ำต่อปัจจัยทดลอง

2.2 การผลิตเปลือกทุเรียนหมัก (Fermented Durian Peel, FDP)

การศึกษาค้นคว้านี้ได้ดำเนินการผลิตเปลือกทุเรียนหมักตามขั้นตอน ดังนี้

1. รวบรวมเปลือกทุเรียน และส่วนผสมน้ำหมัก (ยูเรีย น้ำตาลทราย กากน้ำตาล เกลือ ยีสต์ขนมปัง และลูกแป้งสาโท)
2. สับเปลือกทุเรียนขนาดประมาณ 2-3 ซม. ด้วยเครื่องสับอาหารสัตว์ประยุกต์ แล้วชั่งวัตถุดิบอาหารตามสัดส่วนดังแสดงในตารางที่ 1 ด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล
3. ผลิตน้ำหมักจุลินทรีย์ประยุกต์ตามวิธีของ Khampa et al. [8]
4. รดน้ำหมักให้ทั่วไป (ปรับความชื้นให้เท่ากันที่สัดส่วนเปลือกทุเรียน 59 กิโลกรัม: น้ำหมัก 41 ลิตร) แล้วผสมส่วนผสมให้เข้ากันดี ด้วยเครื่องผสมอาหารสัตว์
5. อัดให้แน่นในกระปุกพลาสติกขนาดบรรจุ 4 ลิตร ปิดฝาให้แน่น ทิ้งไว้ในที่ร่ม และรอการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ตามปัจจัยทดลองที่กำหนด

ตารางที่ 1 สัดส่วนวัตถุดิบเปลือกทุเรียนหมัก (กิโลกรัม น้ำหนักแห้ง)

รายการ	สัดส่วน (กิโลกรัม น้ำหนักแห้ง)		
	เปลือก ทุเรียนหมัก	เปลือกทุเรียน หมักเสริมยีสต์	เปลือกทุเรียนหมัก เสริมลูกแป้งสาโท
1. เปลือก ทุเรียน	98.66	98.96	98.96
2. ยูเรีย	0.80	0.80	0.80
3. น้ำตาล ทราย	0.17	0.17	0.17
4. กากน้ำตาล	0.34	0.34	0.34
5. เกลือ	0.03	0.03	0.03
6. ยีสต์ขนม ปัง	0.00	0.30	0.00
8. ลูกแป้ง สาโท	0.00	0.00	0.30
รวม	100.00	100.00	100.00

2.3 การเก็บข้อมูล

2.3.1 คุณภาพการหมัก

เกณฑ์คุณภาพการหมักทางกายภาพ กำหนดตรวจสอบ 4 เกณฑ์ชี้วัด คือ 1) กลิ่น 2) เนื้อสัมผัส 3) สี และ 4) ค่าความเป็นกรดต่าง หลังจาก นั้นจะใช้เกณฑ์ในการประเมินคุณภาพเป็นคะแนนตามวิธีของ วารุณี และคณะ [9] ดังนี้

1. กลิ่น (0 -12 คะแนน) = เหม็นเน่า หรือมีกลิ่นรา (0 คะแนน) มี กลิ่นฉุนเล็กน้อย (4 คะแนน) ไม่หอม มีกลิ่นฉุนมากๆ และมีกลิ่นเหม็น เล็กน้อย (8 คะแนน) และ หอมคล้ายกลิ่นมะม่วงแดงหรือน้ำส้มสายชู (12 คะแนน)

2. เนื้อสัมผัส (0-3 คะแนน) = เละ เป็นเมือก และสกปรกมาก (0 คะแนน) แน่น ส่วนใบ ลำต้นและวัตถุดิบเปื่อยยุ่ยมาก และมีสิ่งเจือปน (1 คะแนน) แน่น ส่วนใบ ลำต้นและวัตถุดิบเปื่อยยุ่ยเล็กน้อย และสิ้น เป็นเมือก (2 คะแนน) และแน่น มีส่วนใบ ลำต้น และวัตถุดิบคงสภาพ เดิม และไม่มีสิ่งเจือปน (3 คะแนน)

3. สี (0-3 คะแนน) = น้ำตาลเข้ม หรือดำ (0 คะแนน) น้ำตาลทอง (1 คะแนน) เขียวอมเหลือง เขียวเข้ม หรือคล้ำลง (2 คะแนน) และ เหลืองอมเขียว สีจางๆ หรือสีคงเดิม (3 คะแนน)

4. ค่า pH (0-6 คะแนน) = > 5.1 (0 คะแนน) 4.7-5.1 (2 คะแนน) 4.2-4.7 (4) 3.5-4.2 (6 คะแนน)

เมื่อครบวันหมักตามระยะเวลาที่กำหนด เปิดตัวอย่าง สุ่มตัวอย่าง 3 จุดใน แต่ละชั้น (บน กลาง และล่าง) ของแต่ละตัวอย่าง (ปัจจัย ทดลอง) 500 กรัม แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 (480 กรัม) ทำการ ประเมินคุณภาพตามเกณฑ์ที่ 1 2 และ 3 และส่วนที่ 2 (20 กรัม) ใส่ ในถุงพลาสติก จากนั้นเติมน้ำกลั่นประมาณ 180 มิลลิลิตรผสมให้เข้า กันในแต่ละถุง แช่ทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมงในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ครอบคลุมด้านตัวอย่างกรองผ่านกระดาษกรอง เบอร์ 0 แล้ว นำของเหลวมาวัดค่าความเป็นกรดต่างโดยใช้เครื่อง pH meter (Denver Instrument BASIC pH Meter, Denver Instrument Company, Colorado, United States) ตามวิธีของ Cai et al. [10] นำค่าที่ได้เปลี่ยนเป็นค่าคะแนนตามเกณฑ์ที่ 4 จากนั้นรวมเกณฑ์ ประเมินทั้ง 4 ข้อ ประเมินคุณภาพการหมัก (Ensiling quality) ตาม ช่วงคะแนน ดังนี้ คะแนนคุณภาพ 20-25 ดีมาก, 15-19 ดี, 6-14 ปาน กลาง และ 0-5 ต่ำ

2.3.2 องค์ประกอบทางเคมี

สุ่มตัวอย่างตามปัจจัยทดลอง 500 กรัม นำตัวอย่างที่เหลือแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรก (200 กรัม) นำมาอบที่ 105 องศาเซลเซียส 18 ชั่วโมง เพื่อ วิเคราะห์หาวัตถุดิบแห้ง (dry matter, DM) และส่วนที่ 2 (300 กรัม) นำมา อบที่ 65 องศาเซลเซียส ประมาณ 72 ชั่วโมง แล้วบดตัวอย่างผ่าน ตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร นำไปตรวจวิเคราะห์โปรตีนหยาบ (crude protein, CP) ตามวิธีของ AOAC [11]

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ ANOVA ตามแผนการทดลอง แบบ 3x3 factorial in CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง ค่าเฉลี่ยของปัจจัยทดลองโดยวิธี Duncan New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% (P<0.05) โดยใช้ Proc GLM [12]

3. ผลการวิจัย

3.1 ค่าองค์ประกอบทางเคมี

จาก ตารางที่ 2 พบว่า รูปแบบการเสริมจุลินทรีย์ไม่มีอิทธิพลร่วมกัน กับวันหมักต่อค่า DM โดยเปลือกทุเรียนหมักทั้ง 3 แบบ มีค่า DM ไม่ แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ค่า DM ของเปลือกทุเรียนหมักทั้ง 3

รูปแบบการหมัก มีค่าอยู่ในช่วง 30.6-31.2% ($P>0.05$) แต่เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า DM ลดลง จาก 32.6% เหลือ 29.6% ในวันหมักที่ 60 ($P<0.01$) สารเสริมฯ มีอิทธิพลร่วมกับวันหมักต่อค่า CP โดย เลือกทุเรียนหมักมีค่า CP สูงที่สุด ในหมักที่ 21 ($P<0.0001$)

3.2 ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)

จาก ตารางที่ 3 พบว่า ไม่พบอิทธิพลร่วมของสารเสริมฯ และระยะวันหมัก ($P>0.05$) เลือกทุเรียนหมักทั้ง 3 รูปแบบ มีค่า pH (4.8) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม พบว่า เมื่อระยะเวลาวันหมักเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า pH ลดลงต่ำสุด (pH 4.3 เมื่อวันหมักที่ 60) ($P<0.01$)

3.3 คุณภาพการหมักทางกายภาพ

จาก ตารางที่ 4 พบว่า ไม่พบอิทธิพลร่วมของสารเสริมฯ และระยะวันหมัก ($P>0.05$) การเสริมจุลินทรีย์ส่งผลให้เลือกทุเรียนมีระดับคุณภาพการหมักอยู่ในระดับดี โดยค่าคะแนน กลิ่น เนื้อสัมผัส และสีมีค่าไม่แตกต่าง ($P>0.05$) แต่การเสริมลูกแป้งสาโทส่งผลค่าคะแนน pH ต่ำที่สุด ($P<0.05$) ระยะวันหมักส่งผลต่อคุณภาพการหมัก ($P<0.05$) โดยระยะวันหมักที่ 21 มีระดับคุณภาพดีที่สุด

4. การอภิปรายผล

ค่าวัตถุแห้ง ของ เลือกทุเรียนหมัก ในครั้งนี้มีค่าอยู่ในช่วงการทำหมัก 30-70% ตามคำแนะนำของ McDonald et al. [5] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา Huang et al. [13] พบว่า ค่าวัตถุแห้ง มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น การลดลงของ ค่าวัตถุแห้งในอาหารทดลองเกิดจากกระบวนการหมักของแบคทีเรีย ซึ่งจุลินทรีย์จะใช้คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานเพื่อการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนเซลล์ ส่งผลให้ปริมาณ ค่าวัตถุแห้งลดลง ซึ่งกระบวนการหมักที่มีประสิทธิภาพและเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ปริมาณค่าวัตถุแห้ง ลดลง 3-5 % [14]

จากงานวิจัยครั้งนี้ พบว่า เลือกทุเรียนหมัก มีค่าโปรตีนสูงขึ้นเมื่อเทียบกับไม่หมัก สอดคล้องกับการศึกษาการเสริมยีสต์ให้กับหญ้าหมักพบว่า หญ้าหมักที่ได้รับการเสริมยีสต์มีค่าโปรตีนสูงกว่ากลุ่มไม่เสริม [15] และเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ [6] ได้รายงานไว้ว่า เลือกทุเรียนหมักยีสต์จะมีค่าโปรตีน เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากค่าโปรตีนที่เพิ่มขึ้นจาก single-celled microorganisms ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนให้กับสัตว์ และเป็นแหล่ง probiotic สำหรับสุขภาพสัตว์ [16]

ค่า pH ของอาหารหมักเป็นค่าบ่งบอกที่สำคัญของคุณภาพการหมัก เลือกทุเรียนหมัก ทั้ง 3 แบบ มีค่า pH อยู่ในเกณฑ์คุณภาพการหมักที่ดี ตามมาตรฐานการหมักที่กำหนด [5] และค่า pH ของเลือกทุเรียนหมัก ในช่วงวันหมัก 21 และ 60 วันมีค่าใกล้เคียง 4.2 ซึ่งเป็นค่าที่ถูกกำหนดให้เป็นค่ามาตรฐานของอาหารหมักที่มีคุณภาพ และมีแนวโน้มลดลงเมื่อวันหมักเพิ่มขึ้น การลดลงของค่า pH เป็นผลจากกิจกรรมของ Lactic acid bacteria เปลี่ยนน้ำตาลในอาหารชั้นหมักให้เป็นกรดแลคติกที่สูงขึ้น [17]

เลือกทุเรียนหมัก ทั้ง 3 แบบมีระดับคุณภาพการหมักทางกายภาพที่ไม่แตกต่างกันอยู่ในเกณฑ์ดี ทั้งนี้เนื่องจากการควบคุมความชื้นที่เหมาะสม การจัดการการเก็บไม่ให้มีอากาศ และมีแหล่งอาหารที่เหมาะสมสำหรับจุลินทรีย์ คือ แป้งจากเลือกทุเรียนซึ่งเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญของ lactic acid bacteria ที่เปลี่ยนน้ำตาลกลายเป็นกรด จึงส่งผลให้ค่า pH ต่ำตามมาตรฐานที่กำหนด [5] คณิศร และคณะ [18] รายงานว่า เลือกทุเรียนมีค่าคาร์โบไฮเดรตประมาณ 77.73% เมื่อเทียบกับปลายข้าว มีค่าคาร์โบไฮเดรต 77.55% ดังนั้นเลือกทุเรียนจึงนำมาหมักได้คุณภาพที่ดีได้ อย่างไรก็ตามหากระดับความชื้นที่เกินกว่า 75% หรือปริมาณ DM ต่ำกว่า 15% ค่า pH ที่ระดับ 4 ก็ไม่สามารถยับยั้งการทำงานของ coliform bacteria ที่ส่งผลต่อการเน่าเหม็นและอันตรายต่อสัตว์เลี้ยง เนื้อของอาหารหมักมีความแน่น บ่งบอกถึงการบรรจุในสภาพที่ไร้อากาศ แต่หากบรรจุภัณฑ์รั่ว หรือแตก ส่งผลมีอากาศเข้าไป จะกระตุ้นการเจริญของแบคทีเรียกลุ่ม Saccharolytic clostridia และ Coliform bacteria ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย [17, 19] สีของเลือกทุเรียนหมักยังคงเหลืองและคล้ำเล็กน้อยเนื่องจากสภาวะหมักไร้อากาศและปฏิกิริยากรดอินทรีย์ที่เปลี่ยนสีเป็น phaeophytin และกลิ่นหอมคล้ายมะม่วงทองของ เลือกทุเรียนหมัก ที่เกิดจากกรดแลคติกและแอลกอฮอล์ บ่งบอกถึงคุณภาพการหมักที่ดี และเพิ่มความน่ากินให้สัตว์ [20]

5. บทสรุป

การเสริมจุลินทรีย์ใน เลือกทุเรียนหมัก ช่วยเพิ่มระดับ CP ให้สูงขึ้น โดยแหล่งจุลินทรีย์จากยีสต์ขนมปังให้ประสิทธิภาพการเพิ่ม CP ดีกว่าลูกแป้งสาโท ระยะวันหมัก 21 วันส่งผลให้ เลือกทุเรียนหมัก มีคุณภาพสูงสุด และสามารถถูกเก็บรักษาในระดับคุณภาพดีได้ยาวนาน 60 วัน ซึ่งสามารถใช้เป็นแหล่งที่เลือกอาหารหยาบคุณภาพสำหรับปศุสัตว์ไทย

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณแหล่งทุนวิจัยบำรุงการศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2567 มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

ตารางที่ 2 ผลของการเสริมจุลินทรีย์และระยะวันหมักต่อค่าวัตถุแห้ง และค่าโปรตีนหยาบ ของเลือกทุเรียนหมัก

ค่าสังเกต	จุลินทรีย์			วันหมัก			SEM	P-value		
	ไม่เสริม	ยีสต์ฯ	ลูกแป้งฯ	0	21	60		จุลินทรีย์	วันหมัก	จุลินทรีย์ x วันหมัก
DM (%)	31.2	30.9	30.8	32.6 ^a	30.7 ^b	29.6 ^b	0.67	0.6718	0.0001	0.5094

CP (%)	9.3 ^c	10.9 ^a	10.1 ^b	7.3 ^c	11.6 ^a	11.3 ^b	0.12	<0.001	<0.0001	<0.0001
--------	------------------	-------------------	-------------------	------------------	-------------------	-------------------	------	--------	---------	---------

หมายเหตุ : ^{a b c} อักษรที่ต่างกันแสดงค่าความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยในแนวแถวที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P<0.05); SEM = standard error of mean (ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)

ตารางที่ 3 ผลของการเสริมจุลินทรีย์และระยะวันหมักต่อค่าความเป็นกรดต่างของเปลือกทุเรียนหมัก

ค่าสังเกต	จุลินทรีย์			วันหมัก			SEM	P-value		
	ไม่เสริม	ยีสต์ ^a	ลูกแป้ง ^a	0	21	60		จุลินทรีย์	วันหมัก	จุลินทรีย์ x วันหมัก
pH	4.8	4.8	4.8	5.8 ^a	4.4 ^b	4.3 ^c	0.07	0.9683	<0.0001	0.3113

หมายเหตุ : ^{a b c} อักษรที่ต่างกันแสดงค่าความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยในแนวแถวที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P<0.05); SEM = standard error of mean (ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)

ตารางที่ 3 ผลของการเสริมจุลินทรีย์และระยะวันหมักต่อค่าความเป็นกรดต่างของเปลือกทุเรียนหมัก

ค่าสังเกต	จุลินทรีย์			วันหมัก			SEM	P-value		
	ไม่เสริม	ยีสต์ ^a	ลูกแป้ง ^a	0	21	60		จุลินทรีย์	วันหมัก	จุลินทรีย์ x วันหมัก
pH	4.8	4.8	4.8	5.8 ^a	4.4 ^b	4.3 ^c	0.07	0.9683	<0.0001	0.3113

หมายเหตุ : ^{a b c} อักษรที่ต่างกันแสดงค่าความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยในแนวแถวที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P<0.05); SEM = standard error of mean (ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)

ตารางที่ 4 ผลของการเสริมจุลินทรีย์และระยะวันหมักต่อคุณภาพทางกายภาพของเปลือกทุเรียนหมัก

ค่าสังเกต	จุลินทรีย์			วันหมัก			SEM	P-value		
	ไม่เสริม	ยีสต์ ^a	ลูกแป้ง ^a	0	21	60		จุลินทรีย์	วันหมัก	จุลินทรีย์ x วันหมัก
กลิ่น	9.8	9.8	9.6	8.0 ^c	11.6 ^a	9.6 ^b	0.44	0.7815	<0.0001	0.6507
เนื้อสัมผัส	2.7	2.6	2.4	3.0 ^a	2.9 ^a	1.8 ^b	0.19	0.3874	<0.0001	0.7361
สี	2.7	2.8	2.7	3.0 ^a	2.9 ^a	2.2 ^b	0.19	0.7209	0.0002	0.5215
กรดต่าง	2.7 ^b	3.3 ^a	2.7 ^b	0.0 ^b	4.4 ^a	4.2 ^a	0.31	0.0260	<0.0001	0.2440
รวม	17.6 ^{ab}	18.6 ^a	17.4 ^b	14.0 ^c	21.8 ^a	17.8 ^b	0.59	0.0624	<0.0001	0.2819
ระดับคุณภาพ	ดี	ดี	ดี	ปานกลาง	ดีมาก	ดี	-	-	-	-

หมายเหตุ : ^{a b} อักษรที่ต่างกันแสดงค่าความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยในแนวแถวที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P<0.05); SEM = standard error of mean (ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)

เอกสารอ้างอิง

1. กรมการค้าภายใน. (2567.) รายงานสถานการณ์ราคาสินค้าเกษตรที่สำคัญ รายสัปดาห์ ประจำเดือน เมษายน 2567 (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์). ค้นเมื่อ 18 มิถุนายนค้นเมื่อ 18 มิถุนายน 2568, จาก

<https://regional.moc.go.th/th/file/get/file/202404293963bcaa091ebea421d0a0189aec29a9094515.pdf>.

2. กรมการค้าภายใน. (2567.) รายงานสถานการณ์ราคาสินค้าเกษตรที่สำคัญ รายสัปดาห์ ประจำเดือน เมษายน 2567 (ปลาป่นโปรตีน ร้อยละ 60). ค้นเมื่อ 18 มิถุนายน2568, จาก

- https://regional.moc.go.th/th/file/get/file/2024042918a_fcb23cf816914484542b508710eb3094528.pdf.
3. กรมการค้าภายใน. (2567.) รายงานสถานการณ์ราคาสินค้าเกษตรที่สำคัญ รายสัปดาห์ ประจำเดือน เมษายน 2567 (จากถั่วเหลือง โปรตีน ร้อยละ 45). ค้นเมื่อ 18 มิถุนายน 2568, จาก <https://regional.moc.go.th/th/file/get/file/20240429188e581ff9c54d850a881cc5edfd4110094524.pdf>.
4. Phonmun, T., T. Subanrat, and S. Chumpawadee. (2015). Evaluation of metabolizable energy and digestibility of agroindustrial residues as ruminant feed. *Khon Kaen Agricultural Journal*. 43(1): 491-498.
5. McDonald P., Edwards R A, Greenhalgh J F D, Morgan C A, Sinclair L A, and Wilkinson R G. (2011). *Animal Nutrition*. 7th Edition. Pearson, Harlow, England.
6. สิริวดี พรหมน้อย, เจษฎา มิ่งฉาย, สุรพิชญ์ มาน้อย, ณัฐพล คงเลิศ, และพลากร อภัยการวี. (2564). ผลของการเสริม ยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae*) ต่อการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาของผลพลอยได้และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์*. 16(1): 55-66.
7. ณัฐชา ปัญญาวุฒิ, ปิยวัฒน์ สังข์สนธิ, เบญจมาศ คนแข็ง. Sarong So, อนุสรณ์ เชิดทอง, ชานนท์ สุนทรา และ ปิ่น จันจุฬา. (2564). การปรับปรุงคุณภาพเปลือกทุเรียนด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกและสารเสริมเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง. *วารสารแก่นเกษตรฉบับเพิ่มเติม*. (2): 228-304.
8. Khampa, S., Chuelong, S., Siriutane, T., Ittharat, S. and U. Koatdoke. (2010). Using of cassava root raw fermented yeast products as diet on crossbred native cattle fattening for economic of small holder farmers. *Khon Kaen Agriculture Journal*. (Suppl.) 38: 20-23.
9. วารุณี พานิชผล, ฉายแสง ไข่แก้ว, สมคิด พรหมมา, โสภณ ชินเวโรจน์, จันทรกานต์ อรนนท์, วิโรจน์ ฤทธิ์ฤชัย และวรรณภา อ่างทอง. (2547). มาตรฐานพืชอาหารสัตว์หมักของกองอาหารสัตว์. กรุงเทพฯ: กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
10. Cai Y, Benno Y, Ogawa M, Ohmomo S, Kumai S, and Nakase T. (1998). Influence of *Lactobacillus* spp. from an inoculant and of *Weissella* and *Leuconostoc* spp. from forage. *Applied and Environmental Microbiology*. 64(8): 2982-2987.
11. AOAC. (1995). *Official Method of Analysis*, 16th Edition. Animal Feeds: Association of Official Analytical Chemists, VA, USA.
12. SAS. (1998). *User's Guide: Statistic*, Version 6, 12th Edition. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
13. Huang Y., Liang L, Dai S, Wu C, Chen C, and Hao J. (2021). Effect of Different Regions and Ensiling Periods on Fermentation Quality and the Bacterial Community of Whole-Plant Maize Silage. *Frontier Microbiology*. 12: 1-12.
14. Kim Y I , Oh Y K, Park K K, and Kwak W S. (2014). Ensiling Characteristics and the In situ Nutrient Degradability of a By-product Feed-based Silage. *Asian-Australas. J. Anim. Sci*. 27: 201-208.
15. ธนากรณ์ ปราณีตพลกรัง, แพรวพรรณ ชูช่วย และกรรณิกา อัมพข. (2565). ผลการเสริมยีสต์ที่มีต่อคุณภาพของหญ้าเนเปียร์หมักร่วมกับหญ้าอูรี. *วารสารเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์*. 1(1): 1-7.
16. Junrui M A, Yifei S, Demei M, Zhongkai Z, Yuyu Z, and Rui Y. (2023). Yeast proteins: The novel and sustainable alternative protein in food applications. *Trends in Food Science & Technology*. 132: 190-121.
17. Kamphayae S, Kumagai H, Bureenok S, Narmseelee R, and Butcha P. (2017). Effects of graded levels of liquid brewer's yeast on chemical composition and fermentation quality in cassava pulp and rice straw-based total mixed ration silage. *Animal Science Journal*. 88:618-624.
18. คณิศร ล้อมเมตตา, สิทธิพัฒน์ แผ้วฉ่ำ, สนธยา กุลกัลยา, และ อุมารินทร์ มัจฉาเกื้อ. (2559). การใช้เปลือกทุเรียนและเมล็ดทุเรียนบดแห้งทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหารเลี้ยงปลาไน. *วารสารวิจัยรำไพพรรณี*. 10(2): 109-117.
19. Muck R E. (2010). Silage microbiology and its control through additives. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 39: 183-191.
20. Kaiser A G, Piltz J W, Burns H M, and Griffiths N W. (2003). *Successful Silage*. Dairy Research and Development Corporation and NSW Agriculture, Australia.



Research Article

Author Guidelines

การพัฒนาผลิตภัณฑ์วaffleเฟลกรอบเสริมผงเห็ดนางนวลสีชมพู

Product Development of Crispy Waffle with Pink Oyster Mushroom Powder

พัชรลักษณ์ วัฒนไชย¹, จูรีมาศ ดีอามาศ¹ และสินีนารถ สุขทนารักษ์^{1*}

Pacharalak Wattanachai¹, Jureemart Deeammart¹ and Sineenart Suktanarak^{1*}

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

¹Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage

Article Info

Received 11 February 2025

Revised 26 June 2025

Accepted 29 June 2025

Abstract

The purpose of this research was to develop a crispy waffle product by incorporating pink oyster mushroom powder at four different levels, which were 0% (control), 5%, 10%, and 15% of the flour weight. The sensory evaluation results indicated that the panelists gave the highest overall preference scores to the crispy waffles with 0% and 5% pink oyster mushroom powder. There were no statistically significant differences ($p>0.05$) between the 0% and 5% samples in all aspects (appearance, color, aroma, taste, texture, and overall liking). Therefore, the 5% pink oyster mushroom powder waffle, the lowest level of supplementation that still showed high acceptability, was selected for chemical composition analysis. The results revealed the following composition, which were carbohydrates 58.75%, protein 9.40%, fat 9.96%, ash 15.92%, fiber 1.30%, and moisture 4.67%. Color and texture analysis of all four levels of mushroom powder addition indicated that increasing the amount of mushroom powder led to a decrease in lightness (L^*) and an increase in hardness.

Keywords: crispy waffle, pink oyster mushroom, mushroom powder

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์วaffleเฟลกรอบโดยเสริมผงเห็ดนางนวลสีชมพูทั้งหมด 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 (Control), ร้อยละ 5, ร้อยละ 10 และร้อยละ 15 ของน้ำหนักแป้ง จากการทดลองพบว่าผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้คะแนนความชอบภาพรวมผลิตภัณฑ์วaffleเฟลกรอบที่เสริมผงเห็ดนางนวลสีชมพูร้อยละ 0 และร้อยละ 5 มากที่สุด โดยวaffleเฟลกรอบที่เสริมผงเห็ดนางนวลสีชมพูร้อยละ 0 และร้อยละ 5 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในทุกๆ ด้าน (ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม) ดังนั้นจึงเลือกผลการทดลองที่มีการเสริมเห็ดนางนวล ซึ่งก็คือผลิตภัณฑ์วaffleเฟลกรอบที่เสริมผงเห็ดนางนวลสีชมพูร้อยละ 5 มาวัดองค์ประกอบทางเคมี ผลการทดลองพบว่า มีคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย และความชื้น ร้อยละ 58.75, 9.40, 9.96, 15.92, 1.30 และ 4.67 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์วaffleเฟลกรอบเสริมเห็ดนางนวลสีชมพูทั้ง 4 ระดับ ถูกนำมาวัดค่าสีและเนื้อสัมผัส พบว่า ยิ่งเพิ่มปริมาณผงเห็ดนางนวลมากขึ้น วaffleเฟลกรอบมีค่าความสว่างลดลง (L^*) ในขณะที่วัดค่าความแข็ง (Hardness) ก็เพิ่มมากขึ้นตามปริมาณผงเห็ด

คำสำคัญ: วaffleเฟลกรอบ, เห็ดนางนวลสีชมพู, ผงเห็ด

1. บทนำ

เห็ดเป็นวัตถุดิบทางอาหารชนิดหนึ่งที่ดีต่อสุขภาพ เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีโปรตีน กลีโกลิและเส้นใยสูง แต่มีไขมันในระดับต่ำ [1] ในปัจจุบันมีเห็ดในท้องตลาดที่ผู้บริโภคนิยมซื้อไปบริโภคมากมาย เช่น เห็ดนางฟ้า เห็ดฟาง เห็ดหูหนู และเห็ดเข็มทอง เป็นต้น โดยเห็ดถูกนำมาประกอบเป็นอาหารทานคู่กับข้าวหรือเมนูอาหารคาวหลากหลายเมนู เช่น แกงเห็ด ผัดเห็ดน้ำมันหอย ต้มยำใส่เห็ด และสปาเก็ตตี้ใส่เห็ด เป็นต้น นอกจากนี้เห็ดยังถูกนำมาแปรรูปอาหารเป็นเมนูอื่นๆ อีก เช่น เห็ดสวรรค์ ลูกชิ้นเห็ด และแฮมเห็ด แต่มีเห็ดอีกชนิดหนึ่งที่ประเทศไทยยังไม่นิยมนำมารับประทานอย่างแพร่หลาย นั่นก็คือ เห็ดนางนวลสีชมพู (Pink Oyster Mushroom) โดยเห็ดนางนวลสีชมพู มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Pleurotus djamor* (Rumph. Ex Fr.) Boedijin ซึ่งเป็นเห็ดที่จัดอยู่ในสกุลเห็ดนางรม ลักษณะทั่วไปของเห็ดนางนวลสีชมพู จะมีลักษณะคล้ายรูปพัด หมวกเห็ดกว้างประมาณ 2-5 เซนติเมตร และมีขนละเอียดปกคลุม โดยคุณค่าทางโภชนาการของเห็ดนางนวลสีชมพูพบว่า มีโปรตีนร้อยละ 11.3-43.1 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 35.5-42.4 ไขมันร้อยละ 0.1-4.6 เส้นใยร้อยละ 7.3-12.2 และเถ้าร้อยละ 6.2-8.2 [2] ในปัจจุบันเห็ดนางนวลสีชมพูยังไม่ถูกนิยมนำมารับประทานในประเทศไทยอย่างแพร่หลายนัก อาจเป็นเพราะว่าลักษณะของเห็ดนางนวลสีชมพู มีลักษณะเป็นสีชมพู ซึ่งมีสีที่สดใสนักคนทั่วไปอาจมองว่าเป็นเห็ดที่มีพิษ และเห็ดนางนวลสีชมพูยังถูกเพาะเลี้ยงอยู่ในวงจำกัด

ผลิตภัณฑ์วุ้นเห็ดนางนวลสีชมพูเป็นผลิตภัณฑ์ขนมที่นิยมรับประทานได้ทั้งเด็กและผู้ใหญ่ มีรสชาติอร่อย รูปลักษณ์ของขนมวุ้นเห็ดนางนวลสีชมพูจะมีลักษณะคล้ายขนมรังผึ้ง ซึ่งเกิดจากการนำแป้งไปหยอดใส่ลงบนพิมพ์ของเตาอบ โดยส่วนประกอบหลักในการทำวุ้นเห็ดนางนวลสีชมพูจะประกอบไปด้วยแป้งสาลี เหนย น้ำตาล และไข่ไก่ เป็นต้น โดยปัจจุบันมีงานวิจัยในการพัฒนาผลิตภัณฑ์วุ้นเห็ดนางนวลสีชมพู เช่น การปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์วุ้นเห็ดนางนวลสีชมพูจากมันเทศสีม่วงโดยใช้สารกัวร์กัม [3] การพัฒนาผลิตภัณฑ์วุ้นเห็ดนางนวลสีชมพูโดยใช้แป้งมะพร้าวทดแทนแป้งสาลี [4] การนำมะม่วงพืชมะม่วงมาใช้ในการทำวุ้นเห็ดนางนวลสีชมพู [5] และการใช้แป้งจากเมล็ดขนุนมาทำเป็นวุ้นเห็ดนางนวลสีชมพู [6] เป็นต้น

จากเหตุผลที่เห็ดนางนวลสีชมพูยังไม่ถูกนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารอย่างแพร่หลาย งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะนำเห็ดนางนวลสีชมพูมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์วุ้นเห็ดนางนวลสีชมพูเพื่อเป็นการพัฒนาเมนูเพื่อเพิ่มความหลากหลายให้แก่วัตถุดิบเห็ดนางนวลสีชมพู และยังได้ผลิตภัณฑ์วุ้นเห็ดนางนวลสีชมพูที่เสริมคุณค่าทางโภชนาการจากผงเห็ดนางนวลสีชมพูอีกด้วย

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 ศึกษาปริมาณเห็ดนางนวลสีชมพูที่เหมาะสมที่เสริมลงไปผลิตภัณฑ์วุ้นเห็ดนางนวลสีชมพู

- ทำผลิตภัณฑ์วุ้นเห็ดนางนวลสีชมพูโดยดัดแปลงสูตรจากงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์วุ้นเห็ดนางนวลสีชมพูทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ [7] ซึ่งส่วนผสมของสูตรวุ้นเห็ดนางนวลสีชมพูประกอบไปด้วยแป้งสาลีอเนกประสงค์ร้อยละ 29 ไข่ไก่ (ทั้งฟอง) ร้อยละ

17.45 ไข่ไก่ (แยกเฉพาะส่วนไข่ขาว) ร้อยละ 10.47 น้ำตาลทรายขาว 32.47 เนยสดร้อยละ 8.72 กลีโกลิวนิลลา ร้อยละ 1.75 และเกลือร้อยละ 0.14 สำหรับขั้นตอนการทำวุ้นเห็ดนางนวลสีชมพูจะนำส่วนผสมของแป้ง (แป้งสาลีอเนกประสงค์ น้ำตาลทรายขาว และเกลือ) มาร่อนใส่ในอ่างผสม หลังจากเตรียมอ่างผสมอีกใบเพื่อใส่ของเหลว (ไข่ไก่ ไข่ขาว เนยสด และกลีโกลิวนิลลา) ผสมให้เข้ากัน แล้วนำส่วนผสมของเหลวที่ผสมกันดีแล้วเทใส่ในอ่างผสมของแป้งที่เตรียมไว้ คนผสมให้เข้ากัน แล้วทำการพักไว้ 30 นาทีที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นนำส่วนผสมทั้งหมดที่พักไว้หยอดใส่ในเครื่องทำวุ้นเห็ดนางนวลสีชมพู โดยใช้ช่องขนาด 1 ซอนโตะ เพื่อควบคุมปริมาณของแป้งให้มีปริมาณเท่ากันในขณะหยอด ใส่เครื่องอบวุ้นเห็ดนางนวลสีชมพู โดยใช้ไฟปานกลางอบจนกระทั่งวุ้นเห็ดนางนวลสีชมพูสุกโดยระยะเวลา 1 นาที เมื่อวุ้นเห็ดนางนวลสีชมพูสุกแล้วให้ใช้พิมพ์ทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร ครอบตัดลงไปบนวุ้นเห็ดนางนวลสีชมพู เพื่อให้วุ้นเห็ดนางนวลสีชมพูเป็นวงกลมเท่ากัน

- เตรียมเห็ดนางนวลสีชมพู โดยนำเห็ดนางนวลสีชมพูมาล้างน้ำทำความสะอาด ตัดส่วนปลายของเห็ดออก หลังจากนั้นตัดเห็ดเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง เมื่อได้เห็ดที่อบแห้งแล้วจะนำมาปั่นด้วยเครื่องปั่นให้ละเอียด ก็จะให้เป็นผงเห็ด
- นำผงเห็ดที่ได้ไปเสริมลงไปแป้งสาลีที่ทำผลิตภัณฑ์วุ้นเห็ดนางนวลสีชมพู โดยทำการเสริมลงไปทั้งหมด 4 ระดับ (ร้อยละ 0, ร้อยละ 5, ร้อยละ 10 และร้อยละ 15) ของน้ำหนักแป้ง นำผลิตภัณฑ์วุ้นเห็ดนางนวลสีชมพู 4 ระดับไปวิเคราะห์คุณภาพในด้านต่อไป

2.2 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์วุ้นเห็ดนางนวลสีชมพูที่เสริมผงเห็ดทั้ง 4 ระดับ มาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยตัวอย่างวุ้นเห็ดนางนวลสีชมพูแต่ละตัวอย่างจะถูกจัดให้แก่ผู้ทดสอบชิม โดยบรรจุอยู่ในถุงซิปล็อก และติดรหัสเลขสุ่ม 3 ตัว ทำการทดสอบกับผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน (Untrained Panel) จำนวน 30 คน โดยทดสอบชิมทั้งหมด 2 ซ้ำ ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9 จุด (9-Point Hedonic Scale Test) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ 1=ไม่ชอบมากที่สุด, 2=ไม่ชอบมาก, 3=ไม่ชอบปานกลาง, 4=ไม่ชอบเล็กน้อย, 5=เฉยๆ, 6=ชอบเล็กน้อย, 7=ชอบปานกลาง, 8=ชอบมาก และ 9=ชอบมากที่สุด ประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

2.3 การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์วุ้นเห็ดนางนวลสีชมพู

- การวิเคราะห์ค่าสี
นำผลิตภัณฑ์วุ้นเห็ดนางนวลสีชมพูทดสอบค่าสีโดยใช้เครื่อง Colorimeter รุ่น CR-10 (Minolta, Japan) ซึ่งค่าสีที่ได้จะรายงานผลออกมาในค่า L^* a^* และ b^* โดย L^* หมายถึง ค่าความสว่าง (ดำ=0, ขาว=100) ค่า a^* หมายถึง สีแดงหรือสี

เขียว (+สีแดง, -สีเขียว) และค่า b^* หมายถึง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน (+สีเหลือง, -สีน้ำเงิน)

- การวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส
ผลิตภัณฑ์วaffleฟิล์มกรอบจะถู่วัดค่าเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง Texture Analyzer รุ่น CT3 (Brookfield, USA) หัววัดที่ใช้จะเป็นหัววัดแบบมีดตัด (Wide knife edge) ที่มีความกว้าง 60 mm. และมีความเร็วในการเคลื่อนที่ในขณะวัดอยู่ที่ 0.50 มิลลิเมตร
- การวิเคราะห์ค่าทางเคมี
ตัวอย่างวaffleฟิล์มกรอบที่ได้รับการคัดเลือกโดยวิธีทดสอบทางกายภาพตามวิธีมาตรฐาน ASTM จะถูกนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน โยอาหาร เถ้า และความชื้น [8]

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส จะวางแผนการทดลองแบบ สุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Random Complete Block Design, RCBD) ส่วนข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าสีและค่าเนื้อสัมผัส จะวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Randomize Design, CRD) จากนั้นข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์วaffleฟิล์มกรอบที่เตรียมผงเห็ดนางรมสีชมพู 4 ระดับ (ร้อยละ 0, ร้อยละ 5, ร้อยละ 10 และร้อยละ 15) แสดงได้ดังตารางที่ 1 จากตารางพบว่า ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์วaffleฟิล์มกรอบที่เตรียมผงเห็ดนางรมสีชมพูทั้ง 4 ระดับไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เนื่องจากในขั้นตอนการทำผลิตภัณฑ์วaffleฟิล์มกรอบได้มีการควบคุมปริมาณการหยอดของแป้งก่อนใส่ลงไปในเครื่องทำวaffleโดยหยอดแป้งโดยใช้ช้อนตวงขนาด 1 ช้อนโต๊ะ และเมื่อวaffleฟิล์มสุกได้ใช้พิมพ์ที่มีลักษณะเป็นทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร กดลงบนวaffleฟิล์มกรอบ ทำให้วaffleฟิล์มกรอบที่เตรียมผงเห็ดนางรมสีชมพูมีขนาดเท่ากันทั้งหมด จึงส่งผลให้ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏไม่แตกต่างกัน ในขณะที่คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นและรสชาติ พบว่า ผลิตภัณฑ์วaffleฟิล์มกรอบที่เตรียมร้อยละ 0 และร้อยละ 15 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยภาพรวมแนวโน้ม พบว่า ยิ่งเสริมปริมาณผงเห็ดนางรมสีชมพูมากขึ้น ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นและรสชาติลดลง เนื่องจากเห็ดมีกลิ่นเฉพาะตัว ดังนั้นเมื่อเสริมผงเห็ดลงไปผลิตภัณฑ์วaffleฟิล์มกรอบมากขึ้น ก็ส่งผลต่อคะแนนด้านกลิ่นด้วย

ตารางที่ 1 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสวaffleฟิล์มกรอบเสริมเห็ดนางรมสีชมพู 4 ระดับ

ปัจจัยคุณภาพ	ปริมาณการเสริมเห็ด (ร้อยละ)			
	0	5	10	15
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	7.16±1.71	7.08±1.16	6.95±1.29	6.98±1.78
สี ^{ns}	7.04±1.33	6.96±1.14	6.88±1.17	6.81±1.64
กลิ่น	7.03±1.26 ^a	7.00±1.47 ^a	6.73±1.51 ^b	6.30±1.71 ^b
รสชาติ	7.22±1.62 ^a	7.39±1.55 ^a	6.52±1.56 ^b	6.47±1.64 ^b
เนื้อสัมผัส	7.12±1.42 ^a	6.96±1.26 ^a	6.78±1.49 ^b	6.65±1.44 ^b
ความชอบโดยรวม	7.39±1.37 ^a	7.56±1.23 ^a	6.73±1.5 ^b	6.78±1.53 ^b

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

^{a-b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ส่วนคะแนนความชอบด้านสี พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์วaffleฟิล์มกรอบเสริมผงเห็ดนางรมสีชมพูทั้ง 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่เมื่อพิจารณาค่าสีจากตารางที่ 2 พบว่าค่าสี (L^* และ b^*) มีแนวโน้มลดลงเมื่อเสริมปริมาณผงเห็ดมากขึ้น โดยผลิตภัณฑ์วaffleฟิล์มที่เสริมผงเห็ดนางรมสีชมพูร้อยละ 0 และร้อยละ 15 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยค่า L^* และ a^* ที่มีแนวโน้มลดลงบ่งบอกสีของวaffleฟิล์มกรอบว่ามีสีน้ำตาลคล้ำมากขึ้นเรื่อยๆ ตามปริมาณผงเห็ดที่เสริม ซึ่งสอดคล้องกับภาพที่ 1 เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส (ตารางที่ 1) พบว่า ผลิตภัณฑ์วaffleฟิล์มกรอบที่เสริมผงเห็ดร้อยละ 0 และร้อยละ 15 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เนื่องจากผงเห็ดที่ผลิตได้มีสีคล้ำกว่าสีของแป้งสาลี ในขณะที่ค่า Hardness (ตารางที่ 3) พบว่า ผลิตภัณฑ์วaffleฟิล์มกรอบที่เสริมผงเห็ดแต่ละระดับไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่เมื่อพิจารณาภาพรวมคะแนนความชอบด้านกรอบในตารางที่ 1 พบว่า คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัด และค่า Hardness ในตารางที่ 3 ก็บ่งบอกได้ว่าวaffleฟิล์มกรอบมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณผงเห็ด มีงานวิจัยเรื่องผลของกั้วร็กมต่อคุณภาพของวaffleฟิล์มชนิดกรอบปราศจากกลูเตนจากแป้งมันเทศสีม่วง พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณกั้วร็กมมากขึ้น ทำให้วaffleฟิล์มกรอบมีค่าความแข็งมีมากขึ้น เนื่องจากกั้วร็กมเป็นสารเพิ่มความหนืด ช่วยอุ้มน้ำ เมื่อเติมเข้าไป จะเกิดโครงสร้างร่างแหล้อมรอบเม็ดสตาร์ชเอาไว้ ทำให้โครงสร้างภายในของวaffleฟิล์มกรอบมีความแข็งแรงมากขึ้น [3] ซึ่งเป็นไปได้ว่าผงเห็ดมีลักษณะเป็นเส้นใย เมื่อผสมกับน้ำแป้ง จึงเกิดการอุ้มน้ำ ทำให้วaffleฟิล์มกรอบมีค่าความแข็งมากขึ้นเช่นกัน นอกจากนี้มีงานวิจัยที่นำพืชมะม่วงมาใช้ในการทำวaffleฟิล์มกรอบ โดยเสริมพืชมะม่วงเข้า

ไปในวอฟเฟิลกรอบ ก็พบว่ายิ่งเสริมฟิวเรมะม่วงมากขึ้น อัตราการแผ่ตัวของวอฟเฟิลกรอบมากขึ้น จึงทำให้ค่าเนื้อสัมผัสมีแนวโน้มลดลงเมื่อเสริมฟิวเรมะม่วงมากขึ้น เนื่องจากฟิวเรมะม่วงที่นำมาใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์วอฟเฟิลกรอบมีความชื้น จึงส่งผลต่อความกรอบ [5] ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้สังเกตเห็นนางวลสีชมพูมาผ่านกระบวนการอบแห้ง แล้วนำมาปั่นให้ละเอียด จนมีลักษณะเป็นผงแห้ง แล้วนำมาผสมกับน้ำแป้ง ซึ่งเกิดผ่านความร้อนและถูกทำให้เป็นผงแห้ง ดังนั้นจึงมีค่าความชื้นที่ต่ำกว่าฟิวเรมะม่วง เมื่อหยอดน้ำแป้งที่ผสม ผงแห้งลงไปในเครื่องทำวอฟเฟิล พบว่าน้ำแป้งมีความชื้นหนืดมากขึ้น มีการแผ่กระจายตัวลงบนเครื่องทำวอฟเฟิลกรอบได้น้อย ซึ่งเป็นไปได้ว่าผงแห้งที่เสริมเข้าไปมีโครงสร้างแตกต่างจากแป้งสาลี และโครงสร้างของผงแห้งนางวลสีชมพูอาจมีลักษณะเป็นเส้นใย จึงมีความสามารถในการอุ้มน้ำ ดังนั้นเมื่อนำน้ำแป้งหยอดลงเครื่องทำวอฟเฟิล พบว่าน้ำแป้งแผ่กระจายตัวได้น้อย วอฟเฟิลกรอบมีความหนามากขึ้น จึงส่งผลให้แนวโน้มของค่า Hardness เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณการเสริมผงแห้งมากขึ้น ซึ่งแนวโน้มค่า Hardness แตกต่างจากงานวิจัยเรื่องการเสริมฟิวเรมะม่วงในวอฟเฟิลกรอบ

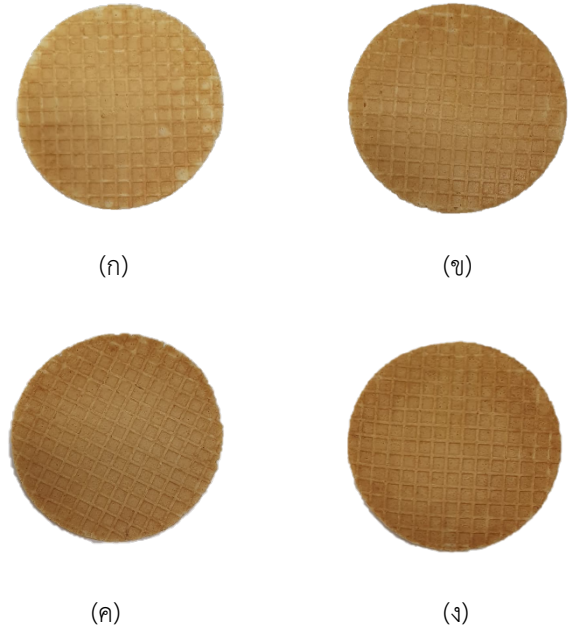
ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพวอฟเฟิลกรอบเสริมเห็ดนางวลสีชมพู

4 ระดับ

ปัจจัยคุณภาพ	ปริมาณการเสริมเห็ด (ร้อยละ)			
	0	5	10	15
ค่าสี				
L*	71.40±	68.84±	65.61±	59.56±
	1.60 ^a	1.04 ^a	0.80 ^b	1.72 ^c
a* ^{ns}	9.03±	9.03±	8.87±	8.82±
	1.78	1.60	1.33	1.41
b*	28.40±	27.55±	27.44±	27.20±
	0.96 ^a	0.60 ^b	0.25 ^b	0.41 ^b
Hardness ^{ns} (g)	860.25±	913.65±	931.33±	933.67±
	66.65	33.51	91.63	69.98

หมายเหตุ^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

^{a-c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)



ภาพที่ 1 วอฟเฟิลกรอบเสริมเห็ดนางวลสีชมพูทั้ง 4 ระดับ

- (ก) ร้อยละ 0
- (ข) ร้อยละ 5
- (ค) ร้อยละ 10
- (ง) ร้อยละ 15

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีผลิตภัณฑ์วอฟเฟิลกรอบเสริมเห็ดนางวลสีชมพู ร้อยละ 5

ปัจจัยคุณภาพ	ปริมาณ (ร้อยละ)
คาร์โบไฮเดรต	58.75
โปรตีน	9.40
ไขมัน	9.96
เถ้า	15.92
เยื่อใย	1.30
ความชื้น	4.67

จากผลการทดลองการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์วอฟเฟิลกรอบเสริมผงเห็ดนางวลสีชมพูทั้ง 4 ระดับ พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์วอฟเฟิลกรอบเสริมผงเห็ดนางวลสีชมพูร้อยละ 0 และร้อยละ 5 มากที่สุด ซึ่งทั้งร้อยละ 0 และร้อยละ 5 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ในทุกๆ ด้าน แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็น การนำเห็ดนางวลสีชมพูมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ จึงได้คัดเลือกผลิตภัณฑ์วอฟเฟิลกรอบเสริมผงเห็ดนางวลสีชมพูร้อยละ 5

มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย และความชื้น) ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 3 โดยพบว่าผลิตภัณฑ์วaffleฟิลกรอบเสริมเห็ดนางนวลสีชมพู มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย และความชื้นร้อยละ 58.75, 9.40, 9.96, 15.92, 1.30 และ 4.67 ตามลำดับ

4. สรุปผลการวิจัย

จากผลการดำเนินกาวิจัย พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์วaffleฟิลกรอบเสริมเห็ดนางนวลสีชมพูร้อยละ 0 และร้อยละ 5 มากที่สุด แต่งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์นำเห็ดนางนวลสีชมพูมาใช้กับผลิตภัณฑ์วaffleฟิลกรอบ จึงกล่าวได้ว่าผลิตภัณฑ์วaffleฟิลกรอบสามารถเสริมเห็ดนางนวลสีชมพูได้ถึงร้อยละ 5 โดยแนวโน้มเมื่อเพิ่มปริมาณเห็ดมากขึ้น ค่าสีของวaffleฟิลกรอบมีสีคล้ำมากขึ้น ในขณะที่ค่า Hardness ก็มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณเห็ดที่เสริมลงไป ซึ่งประโยชน์จากงานวิจัยนี้ เป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้แก่ผลิตภัณฑ์วaffleฟิลกรอบ และยังสามารถนำเห็ดนางนวลสีชมพูไปประยุกต์กับผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ชนิดอื่นได้ ซึ่งเป็นการเพิ่มความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ซึ่งมีเห็ดนางนวลสีชมพูเป็นส่วนผสม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณฟาร์มเห็ดบ้านกลาง อ.เมือง จ.ปทุมธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์เห็ดนางนวลสีชมพูมาใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้ และมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. ดาเกิง ป่องพาล. เอกสารประกอบการสอน เรื่อง การผลิตเห็ด. สาขาพืชผัก ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่; 2547.
2. Kumar, V. and Chhetri, A. Pink Oyster Mushroom (Pleurotus djamor) Introduction and General Farming Practices. Vigyan Varta an International E-Magazine. 2024;5(7): 76-80.
3. กรรณิการ์ กุลยะมณี และพนารัตน์ สังข์อินทร์. ผลของกั้วร์กัมต่อคุณภาพของวaffleฟิลชนิดกรวยปราศตากกลูเตนจากแป้งมันเทศสีม่วง. วารสารวิทยาลัยดุสิตธานี. 2562;13(1): 315-329.
4. Asavarujanon, T., Ratanasumawong, S. and Rumpagaporn, P. Nutrition and Physical Changes of Crispy Waffles Due to the Replacement of Wheat Flour with Coconut Flour. Food Science and Agricultural Technology. 2022; 6: 72-77.
5. ปรีสร่า กนกบติวัฒน์ และปิติพร ฤทธิเรืองเดช. ผลของปริมาณพืชมะม่วงต่อสมบัติรีโอโลยีของแบทเทอร์และคุณภาพของวaffleฟิลกรอบ. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2564;13(25): 75-85.
6. Kushwaha, R., Gupta, A., Singh, V., Kaur, S., Puranil, V. and Kaur, D. Jackfruit seed flour-bases waffle ice cream cone: Optimization of ingredient levels using response surface methodology. Heliyon. 2023;9: 2-11.

7. นิศาชล เนียนงาม, มณีรัตน์ นิลหงส์ และวชิรา ห้อยดี. การพัฒนาผลิตภัณฑ์วaffleฟิลกรอบทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์; 2560
8. AOAC. Official Methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists International. Arlington, Virginia. 1995.



Research Article

The Antioxidant Activity and Anti *Serratia marcescens* and *Escherichia coli* from fresh and dried *Piper betle* L. Extract

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรค *Serratia marcescens* และ *Escherichia coli* จากสารสกัดหยาบใบพลูสดและแห้ง

นิชดา สารวัลย์แพศย์¹, อธิพร พันธุ์บ้านแหลม², ณัฐนิชา จำปาแดง^{3*}
Nichada Santwanpas¹, Tideeporn Punbanlaem², Natnicha Jumpadang^{3*}

¹คณะพยาบาลศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร, 10520

²คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพมหานคร, 10250

³คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยปทุมธานี, ปทุมธานี, 10200

¹Nursing Science, School of Nursing, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520

²Faculty of Nursing, Ramkhamhaeng University, Bangkok, 10250

³Division of Basic and Medical Sciences, Faculty of Allied Health Sciences, Pathumthani University, Pathum Thani, 12000

Article Info

Received 17 September 2025

Revised 20 March 2025

Accepted 30 June 2025

Abstract

This study investigated the potential therapeutic properties of *Piper betle* L. leaf extract against bacterial infections, particularly gastrointestinal tract including *Escherichia coli* (*E. coli*) and *Serratia marcescens* (*S. marcescens*). Extracts obtained using dichloromethane and methanol solvents were evaluated for their antioxidant activity, total flavonoids content and total phenolic compound and inhibitory effects on the growth of *S. marcescens* and *E. coli* bacteria. The results revealed that leaf extracts extracted with dichloromethane exhibited broader inhibition zones compared to those extracted with methanol when tested against *E. coli*. Additionally, a trend towards bacterial inhibition was observed for both types of leaf extracts against *S. marcescens* with corresponding of antioxidant activity. These findings suggest that *Piper betle* L. leaf extract holds promise as a natural remedy for bacterial infections including in elderly people and person with immunocompromise. However, further research, including *in vivo* and toxicity studies in animal models, is needed to validate its potential therapeutic use and safety for treating bacterial infection and other bacterial pathogens.

Keywords: *Piper betle* L. extract, *Serratia marcescens*, *Escherichia coli*

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ได้ศึกษาฤทธิ์ทางการรักษาของสารสกัดใบพลู *Piper betle* L. เพื่อการต่อต้านการติดเชื้อแบคทีเรียในกระเพาะอาหารโดยเฉพาะเชื้อ *Escherichia coli* และ *Serratia marcescens* สารสกัดที่ได้ใช้ตัวทำละลายไดคลอโรมีเทนและเมทานอลในการสกัด โดยนำสารสกัดที่ได้มาประเมินความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณฟลาโวนอยด์และสารประกอบฟีนอลิก และศึกษาการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย *S. marcescens* และ *E. coli* ของสารสกัดพลูที่สกัดได้พบว่าสารสกัดใบพลูที่สกัดด้วยไดคลอโรมีเทนแสดงโซนการยับยั้งที่กว้างกว่าที่สกัดด้วยเมทานอล ทั้งเชื้อ *S. marcescens* และ *E. coli* ยกเว้นสารสกัดใบพลูแห้งตากแดดที่สกัดด้วยไดคลอโรมีเทน นอกจากนี้ยังพบแนวโน้มของการยับยั้งแบคทีเรียสำหรับทั้งสารสกัดใบพลูที่สกัดด้วยไดคลอโรมีเทนและเมทานอลกับเชื้อแบคทีเรียมี

*Corresponding Author. Email: natnicha.j@ptu.ac.th

ผลการทดลองที่สอดคล้องกับการเป็นสารออกซิเดชัน จากการทดลองสรุปได้ว่าสารสกัดใบพลูซึ่งเป็นสารธรรมชาติที่มีศักยภาพสามารถนำมาเป็นทางเลือกสำหรับการรักษาโรคติดเชื้อแบคทีเรียในผู้สูงอายุและผู้ที่มีระบบภูมิคุ้มกันอ่อนแอ อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมรวมถึงการทดสอบในสัตว์และการทดสอบความเป็นพิษในแบบจำลองที่ใช้สัตว์เพื่อยืนยันการใช้สารสกัดใบพลู ในการรักษาโรคติดเชื้อแบคทีเรียและโรคติดเชื้อแบคทีเรียอื่น ๆ ในอนาคตรวมทั้งความปลอดภัยในการใช้งาน

คำสำคัญ: สารสกัดใบพลู, เชื้อแบคทีเรีย *Serratia marcescens*, เชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli*

1. บทนำ

เชื้อ *Serratia marcescens* [1, 2] และ *Escherichia coli* [3, 4] เป็นเชื้อแบคทีเรียที่มีความสำคัญในระบบสุขภาพของมนุษย์และสัตว์ [5-7] ทั้งสองเชื้อนี้มีความสามารถในการก่อให้เกิดโรคในมนุษย์สามารถพบเชื้อแบคทีเรียทั้งสองชนิดนี้ตามสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เช่น ดิน, น้ำ, อาหาร เป็นต้น เชื้อ *S. marcescens* โดยส่วนใหญ่จะไม่ก่อให้เกิดโรคในมนุษย์ [8-10] แต่สามารถฉวยโอกาสในการติดเชื้อได้โดยจะแสดงอาการของโรคขึ้น มักพบว่าเชื้อชนิดนี้มีความสัมพันธ์กับการติดเชื้อของผู้ป่วยในโรงพยาบาล [11-13] โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่มีระบบภูมิคุ้มกันอ่อนแอ เช่น ผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยในหอพักผู้สูงอายุ ในขณะที่เดียวกัน เชื้อ *E. coli* ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียที่มีอยู่ในลำไส้ของมนุษย์และสัตว์ [14-16] มีบางสายพันธุ์ที่เป็นสาเหตุของโรคที่สามารถถ่ายทอดผ่านการบริโภคอาหารที่ปรุงสุกไม่สะอาดหรือผ่านการสัมผัสโดยตรงกับสิ่งปนเปื้อน สายพันธุ์ที่เป็นอันตรายที่สุดของ *E. coli* คือ *E. coli* O157: H7 [17, 18] ซึ่งสามารถทำให้เกิดโรคอุจจาระร่วงรุนแรงได้ ดังนั้นการป้องกันการติดเชื้อจากทั้งสองชนิดจึงอยู่ที่การรักษาความสะอาดรวมถึงปฏิบัติตามมาตรการอื่น ๆ เช่น การล้างมืออย่างสม่ำเสมอ, การป้องกันการสัมผัสกับสิ่งปนเปื้อนและการรักษาความสะอาดที่มีมาตรฐานในโรงพยาบาลหรืออุตสาหกรรมอาหาร รวมถึงการใช้สารเคมีที่เหมาะสมสำหรับการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียเหล่านี้จึงเป็นสิ่งสำคัญในการป้องกันการติดเชื้อชนิดนี้ด้วย [7], [19-21]

Piper betle L. หรือในชื่อท้องถิ่น "พลู" เป็นพืชที่เป็นที่รู้จักในภูมิภาคเอเชียเป็นพืชสมุนไพรที่มีประโยชน์มากมายในด้านการแพทย์และเพื่อสุขภาพมนุษย์ [22, 23] ในท้องถิ่นพลูมักถูกใช้ในการรักษาโรคและใช้ในงานพิธีกรรมทางวัฒนธรรม เช่น การบรวงสรวงและพิธีกรรมศาสนา เป็นต้น นอกจากนี้สารสกัดจากพลูยังมีประโยชน์ต่อสุขภาพมากมาย เช่น มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย [24], มีฤทธิ์ต้านการเกิดเซลล์มะเร็ง [25, 26] และมีฤทธิ์ลดการเกิดอาการอักเสบ ซึ่งมีการศึกษาอย่างกว้างขวางพบว่าสารสกัดจากใบพลูมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญหลายตัว [25, 27] สารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้ช่วยลดสภาวะการเกิดออกซิเดชันของสารชีวโมเลกุลซึ่งเป็นต้นเหตุของความเสียหายต่อโรคเรื้อรัง [28] เช่น โรคหัวใจ [28], มะเร็ง [29, 30], และเบาหวาน [23] สารสกัดที่พบในใบพลูประกอบด้วยสารฟีนอล ฟลาโวนอยด์ อัลคาลอยด์และสารชีวภาพอื่น ๆ ดังนั้นสารสกัดจากใบพลูจึงมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่ป้องกันและรักษาโรคเหล่านั้นได้ [23, 31] นอกจากนี้สารสกัดใบพลูยังได้รับความสนใจในการวิจัยเพิ่มมากขึ้นจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากใบพลูมีฤทธิ์ต้านเชื้อโรคต่อหลายชนิด เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา และไวรัส มีการวิจัยชี้ให้เห็นว่าสารสกัดจากใบพลูมีฤทธิ์ต้านเชื้อโรคโดยการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ [32-34] โดยสารเหล่านี้สามารถทำลายเยื่อหุ้มเซลล์และรบกวนกระบวนการเผาผลาญของเชื้อแบคทีเรีย ดังนั้นใบพลูจึงเป็นสมุนไพรทางเลือกอีกชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพเหมาะสำหรับนำมาพัฒนา

เป็นสารต้านเชื้อโรคจากธรรมชาติที่ใช้ในทางการแพทย์ในอนาคต [35, 36] และพัฒนาต่อยอดงานวิจัยที่สามารถนำไปสู่การพัฒนาเป็นยาในการรักษาโรคติดเชื้อและเชื้อดื้อยาที่พบในปัจจุบัน [37-39] อย่างไรก็ตามสารสำคัญที่สกัดได้จากพืชสดและแห้งมีความแตกต่างกันทั้งในด้านปริมาณและองค์ประกอบเชิงเคมี ความแตกต่างนี้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและชีวเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการทำแห้ง ซึ่งมีผลต่อความเสถียรและความคงตัวของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compounds) พืชสดมีปริมาณน้ำสูง และยังคงมีเอนไซม์ภายในเซลล์ที่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือไฮโดรไลซิสทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบบางชนิดหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การสลายตัวของวิตามินหรือฟลาโวนอยด์ นอกจากนี้ ความชื้นยังเป็นปัจจัยที่เอื้อต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความบริสุทธิ์ของสารสกัด ในทางกลับกัน การทำแห้งพืชสดด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น การตากแดด การอบร้อน ส่งผลให้โครงสร้างเซลล์เปลี่ยนแปลงและอาจมีการสูญเสียหรือเสื่อมสภาพของสารสำคัญบางชนิด โดยเฉพาะสารที่ไวต่อความร้อนและแสง เช่น น้ำมันหอมระเหย (essential oils) และวิตามิน C อย่างไรก็ตาม พืชแห้งก็มีความเข้มข้นของสารสำคัญมากขึ้นเมื่อพิจารณาต่อน้ำหนักแห้ง (dry weight) และสามารถเก็บรักษาได้นานโดยมีการเสื่อมสภาพของสารออกฤทธิ์น้อยลง

ดังนั้นการศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดยาใบพลูสดและแห้งในการต้านอนุมูลอิสระและเชื้อแบคทีเรียที่เป็นต้นเหตุของโรคจากการติดเชื้อจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจในวงการวิจัยทางการแพทย์ [31, 33] งานวิจัยนี้นำเสนอผลการศึกษาเพื่อทำความเข้าใจถึงฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากใบพลูกับตัวทำละลายเมทานอลและไดคลอโรมีเทน ซึ่งทำการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและต้านเชื้อแบคทีเรียเฉพาะต่อ *S. marcescens* [1, 8] และ *E. coli* [7, 15] ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียที่สามารถทำให้เกิดโรคในมนุษย์โดยเฉพาะผู้ป่วยที่ภูมิคุ้มกันต่ำและผู้สูงอายุ การนิยมใช้ใบพลูของชุมชนในผู้สูงอายุจึงเป็นโอกาสที่จะสามารถเข้าถึงและนำสารสกัดใบพลูไปประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาต่อยอดวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย เช่น ยา เครื่องดื่ม หรือผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพอื่น ๆ เพื่อที่จะช่วยลดการระบาดของโรคและปรับปรุงสุขภาพของผู้สูงอายุ

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 การเตรียมสารสกัดใบพลู

ใบพลูที่ใช้ในการศึกษาได้จาก ต.ทุ่งใหญ่ อ.ทุ่งใหญ่ จ.นครศรีธรรมราช ช่วงเดือนธันวาคม 2566 เตรียมสารสกัดใบพลูสดโดยการนำใบพลูล้างน้ำให้สะอาด จากนั้นปั่นใบพลูให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น ส่วนใบพลูแห้งต้องนำไปล้างให้สะอาดแล้วนำไปตากแดดจนแห้งกรอบ จากนั้นปั่นใบพลูให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น แล้วนำผงพลูทั้ง 2 ชนิด ซึ่งปริมาณ 10 กรัมใส่ลงไปในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำทำละลายเมทา

นอลหรือไดคลอโรมีเทนลงไปปริมาตร 100 มิลลิลิตร (อัตราส่วนมวลต่อปริมาตร 1 : 10 โดยมวล/ปริมาตร) แช่ ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน จากนั้นกรองสารสกัดใบ พลูด้วยกระดาษกรองแล้วนำสารสกัดที่ได้มาระเหยเพื่อเอาตัวทำละลายออกด้วยเครื่องกลั่นระเหยสุญญากาศ (Rotary evaporator) เมื่อเสร็จสิ้นเก็บสารสกัดที่ระเหยแห้งซึ่งน้ำหนักและนำไปสารสกัดใบพลูหยาบที่ได้ไปแช่ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปทดลองต่อไป

2.2 การทดสอบหาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดใบพลู [41]

การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดกระทำโดยวิธี Folin-Ciocalteu ในไมโครเพลท 96 well plate นำสารสกัดใบพลูมาละลายในตัวทำละลาย DMSO ให้มีความเข้มข้น 0.0625-1 มิลลิกรัมต่อ1มิลลิลิตร เติมนลงใน 96 well plate ปริมาตร 20 ไมโครลิตร จากนั้นเติมสารละลาย 2.0 M Folin-Ciocalteu ปริมาตร 100 ไมโครลิตรและเติมสารละลาย โซเดียมคาร์บอเนต (NaCO_3) ความเข้มข้น 75 กรัมต่อลิตร ปริมาตร 80 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วปิดทับด้วยกระดาษฟลอยด์ ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาทีในที่มืด แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง microplate reader และคำนวณหาปริมาณฟีนอลิกรวมในสารสกัดใบพลูโดยเทียบกับสารละลายมาตรฐานของ gallic acid ที่ความเข้มข้นต่างๆ

2.3 การทดสอบหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดใบพลู [41]

การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมกระทำโดยใช้วิธี colorimetric assay ในไมโครเพลท 96 well plate นำสารสกัดใบพลูความเข้มข้น 0.0625-1 มิลลิกรัมต่อ1มิลลิลิตรในสารละลาย DMSO เติมนลงใน 96 well plate ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ที่มีน้ำกลั่น 40 ไมโครลิตร ตามด้วยโซเดียมไนเตรทความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ทิ้งไว้นาน 5 นาที ตามด้วยอะลูมิเนียมคลอไรด์ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ทิ้งไว้นาน 6 นาที ตามด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 โมลาร์ปริมาตร 100 ไมโครลิตร นำมาวัดค่า absorbent ที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยใช้ Quercetin เป็น positive control

2.4 วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging [40]

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดใบพลูถูกประเมินโดยวิธี DPPH radical scavenging assay ในรูปแบบไมโครเพลท 96 well plate โดยเตรียมสารสกัดในช่วงความเข้มข้น 0.0625-1.000 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ละลายในสารละลาย DMSO เติมนลงใน 96 well plate ปริมาตร 20 ไมโครลิตร จากนั้นเติมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.4 ไมโครกรัมต่อ1มิลลิลิตร ปริมาณ 180 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด ณ อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง Microplate reader คำนวณหาค่าความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเทียบกับความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารมาตรฐาน Ascorbic acid ที่ความเข้มข้น 0.0625-1 มิลลิกรัมต่อ1มิลลิลิตร รายงาน ผลเป็นค่า

$$\% \text{ Inhibition} = A_0 - A_c \times 100/A_0$$

โดย A_0 คือ ค่าการดูดกลืนแสงเริ่มต้นของ DPPH

A_c คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH เมื่อเติมสารสกัดหรือสารมาตรฐาน

2.5 การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรคของสารสกัดใบพลูด้วยวิธี Agar disc diffusion [42]

ตรวจสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* และ *S. marcescens* โดยตรวจสอบด้วยวิธี Agar disc diffusion โดยใช้สารสกัดใบพลูที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อ1มิลลิลิตร มี positive control ใช้ Gentamycin 30 ug โดยใช้ห้วงถ่ายเชื้อแบคทีเรียมาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Mueller Hinton Broth (MHB) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเจือจางเชื้อให้ด้วย PBS buffer ให้ได้ OD เทียบเท่า McFarland 0.5 และใช้ไม้ที่พันด้วยสาลิจุ่มลงในหลอดสารละลายเชื้อ นำมาเกลี่ยบนผิวหน้าอาหาร Mueller Hinton Agar (MHA) ดูดสารสกัดใบพลูปริมาตร 10 ไมโครลิตร ลงบน paper disc ปราศจากเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm แล้ววาง paper disc บนจานเพาะเชื้อที่เตรียมไว้ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บันทึกผลโดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใส (inhibition zone)

2.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

สำหรับการวิเคราะห์ทางสถิตินั้นข้อมูลทั้งหมดจะถูกระบุในรูปของ Mean and Standard Deviation (mean $\pm$ SD) (ทำการทดลองซ้ำจำนวน 3 ครั้ง) ซึ่งการคำนวณโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel

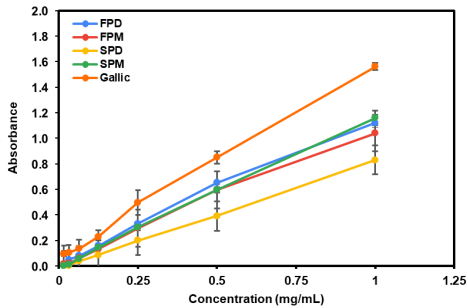
3. ผลการวิจัย

3.1ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกรวมจากสารสกัดใบพลูในตัวทำละลายเมทานอลและไดคลอโรมีเทน

จากผลการศึกษาพบว่าปริมาณสารสกัดฟีนอลิกรวมของสารสกัดใบพลูที่ได้จากตัวทำละลายเมทานอลและไดคลอโรมีเทนพบค่าการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามความเข้มข้นของสารสกัด การเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดใบพลูในตัวทำละลายทั้งสองชนิดเริ่มต้นตั้งแต่ 0.01 ถึง 1 มิลลิกรัมต่อ1มิลลิลิตร โดยตัวบ่งชี้ความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลิกรวมจะแสดงในรูปแบบ ค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) เทียบกับสารละลายมาตรฐาน gallic acid จากการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดขึ้นเรื่อยๆ ทั้งสารสกัดใบพลูแห้งและสดจากตัวทำละลายทั้งสองชนิดมีค่า absorbent เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามความเข้มข้นของสารสกัดตามลำดับ อย่างไรก็ตามใบพลูทั้งสองชนิดไม่ว่าจะเป็นใบพลูสดหรือตากแห้งที่อยู่ในตัวทำละลายเมทานอลไม่มีความแตกต่างกันแบบมีนัยสำคัญทางสถิติภาพที่ 1 ยกเว้นสารสกัดใบพลูแห้งที่ใช้ไดคลอโรมีเทนในการสกัดจะมีค่าการดูดกลืนแสง ต่ำที่สุดทั้งนี้อาจเป็นเพราะการที่นำใบพลูไปตากแดดส่งผลให้สารสำคัญบางชนิดสูญหายไปและเนื่องจากตัวทำละลายไดคลอโรมีเทนที่มีขั้วต่ำละลายสารออกมาได้น้อยจึงสอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้ งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการสกัดสารออกมาจากตัวอย่างใบพลูสด และแห้งโดยใช้ตัวทำละลายที่มีขั้วแตกต่างกัน ผลการศึกษานี้ช่วยให้เข้าใจถึงการสกัดสารจากใบพลูสด และแห้งว่าจะมีปริมาณสารสำคัญที่ออกมาแตกต่างกันเมื่อใช้

ตัวทำละลายที่มีขั้วต่างกัน ดังนั้นการเตรียมตัวอย่างพืช และการเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญต่อการสกัดสารเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพในการต้านเชื้อแบคทีเรียและทดสอบงานวิจัยเกี่ยวข้องกับสารสกัดใบพลูในอนาคต

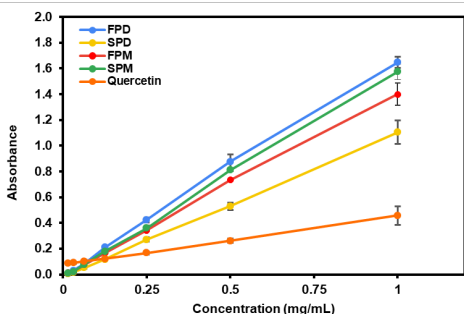
ภาพที่ 1. กราฟแสดงปริมาณค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดใบพลูที่แสดงถึงปริมาณสาร Phenolic compounds กับความเข้มข้น (mg/mL) เปรียบเทียบกับ



กรดแกลลิก (FPD: ใบพลูสดที่สกัดด้วยตัวทำละลายไดคลอโรมีเทน, SPD: ใบพลูตากแดดสกัดด้วยตัวทำละลายไดคลอโรมีเทน, FPM: ใบพลูสดที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล, SPM: ใบพลูตากแดดที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล).

3.2 ปริมาณของสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดจากสารสกัดใบพลูในตัวอย่างละลายเมทานอลและไดคลอโรมีเทน

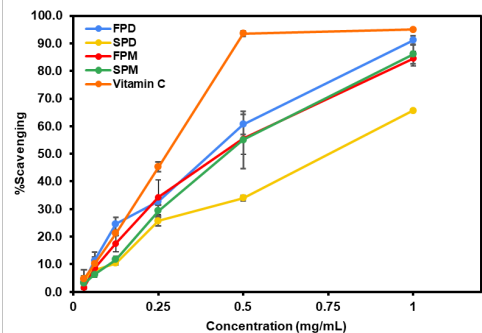
จากผลการศึกษาพบว่าสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในสารสกัดใบพลูมีการเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดตั้งแต่ 0.01 ถึง 1 มิลลิกรัมต่อ 1 มิลลิลิตร เมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน Quercetin ที่ความเข้มข้นเดียวกัน โดยค่า absorbent ของสารสกัดใบพลูสดในตัวทำละลายไดคลอโรมีเทน และเมทานอลเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามความเข้มข้นของสารสกัดที่ใช้ในการทดลอง ตลอดจนสารสกัดใบพลูแห้งในตัวทำละลายเมทานอลก็มีค่า absorbent เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามความเข้มข้นของสารสกัดเช่นกัน ยกเว้นสารสกัดใบพลูแห้งในตัวทำละลายไดคลอโรมีเทนยังคงมีค่า absorbent ต่ำกว่าสารสกัดที่กล่าวข้างต้น อย่างไรก็ตามสารสกัดจากใบพลูก็ยังมีความเข้มข้นมีค่า absorbent ที่ต่ำกว่าสาร Quercetin อย่างมีนัยสำคัญ ดังภาพที่ 2 การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการสกัดฟลาโวนอยด์จากใบพลูออกมาจากตัวทำละลายเมทานอล และไดคลอโรมีเทนว่ามีประสิทธิภาพในการสกัดได้ดีมาก เพียงแต่สารสกัดจากใบพลูแห้งที่ใช้ตัวทำละลายไดคลอโรมีเทนจะมีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ที่ออกมาน้อยกว่า ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาช่วยในการเข้าใจและปรับปรุงกระบวนการสกัดสารสกัดใบพลูเพื่อให้ได้สารสกัดที่มีประสิทธิภาพในการทดสอบขั้นต่อไปได้



ภาพที่ 2. กราฟแสดงปริมาณค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดใบพลูที่แสดงถึงปริมาณสาร Flavonoid กับความเข้มข้น (mg/mL) เปรียบเทียบกับควอร์เคทิน (Quercetin) (FPD: ใบพลูสดที่สกัดด้วยตัวทำละลายไดคลอโรมีเทน, SPD: ใบพลูตากแดดสกัดด้วยตัวทำละลายไดคลอโรมีเทน, FPM: ใบพลูสดที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล, SPM: ใบพลูตากแดดที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล).

3.3ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH activity ของสารสกัดใบพลูในตัวทำละลายเมทานอลและไดคลอโรมีเทน

จากผลการศึกษา 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl assay (DPPH assay) พบว่าสารสกัดใบพลูในตัวทำละลายไดคลอโรมีเทนและเมทานอลมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) ต่อ DPPH อย่างชัดเจน โดยค่า % scavenging activity เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัด โดยเทียบกับสารละลายมาตรฐาน Vitamin C ภาพที่ 3 ซึ่งสารสกัดใบพลูแห้งและสดในตัวทำละลายเมทานอลแสดงค่า % scavenging activity ที่สูงกว่าสารสกัดใบพลูแห้งในตัวทำละลายไดคลอโรมีเทนในระดับความเข้มข้นที่เทียบเท่ากัน นอกจากนี้สารสกัดใบพลูสดในตัวทำละลายไดคลอโรมีเทนมีค่า % scavenging activity ที่สูงกว่าสารสกัดใบพลูสดในตัวทำละลายเมทานอลในทุกๆระดับความเข้มข้นที่เทียบเท่ากันแบบมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลลัพธ์จากการศึกษานี้ช่วยให้เข้าใจถึงฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดใบพลูในการต้านอนุมูลอิสระจากตัวทำละลายที่มีขั้วต่างกัน ซึ่งจากการทดลองการหาปริมาณฟีนอลิกรวม การหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจะเห็นว่าผลการทดลองที่ได้จากสารสกัดของใบพลูสดและใบพลูแห้งที่ใช้ตัวทำละลายมีขั้วต่างกันผลลัพธ์ที่ได้สอดคล้องกันและเป็นไปแนวทางเดียวกัน ซึ่งอาจช่วยในการพัฒนาสารสกัดใบพลูในการประยุกต์ใช้ในการศึกษาต่อไป



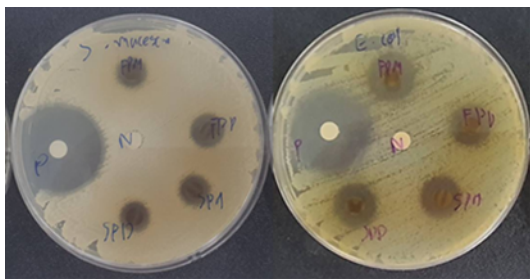
ภาพที่ 3. กราฟแสดงร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ (%scavenging) กับวิตามินซีที่ความเข้มข้นต่างๆในหน่วย mg/mL. (FPD: ใบพลูสดที่สกัดด้วยตัวทำละลายไดคลอโรมีเทน, SPD: ใบพลูตากแดดสกัดด้วยตัวทำละลายไดคลอโรมีเทน, FPM: ใบพลูสดที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล, SPM: ใบพลูตากแดดที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล).

3.4 ผลการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรค *S. marcescens* และ *E. coli* ของสารสกัดใบพลูในตัวทำละลายเมทานอลและไดคลอโรมีเทน

จากผลการทดลองพบว่าสารสกัดใบพลูที่สกัดด้วยไดคลอโรมีเทนและเมทานอลมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียทั้งสองชนิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในกรณีของเชื้อ *E. coli* พบว่าสารสกัดใบพลูที่สกัดด้วยไดคลอโรมีเทนมีขนาดใหญ่มากกว่าสาร

สกัดเมทานอล ไม่ว่าจะเป็นสารสกัดใบพลูสดหรือแห้ง โดยมีขนาดโซนยับยั้งประมาณ 17.48 ± 0.42 มิลลิเมตรและ 14.71 ± 2.1 มิลลิเมตรตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการสกัดด้วยไดคลอโรมีเทนมีประสิทธิภาพมากกว่าการสกัดด้วยเมทานอลในการยับยั้งเชื้อ *E. coli* ดังภาพที่ 4 และตารางที่ 1 สำหรับเชื้อ *S. marcescens* ก็พบว่าสารสกัดใบพลูทั้งสองชนิดที่สกัดด้วยไดคลอโรมีเทนและเมทานอลมีโซนยับยั้งเชื้อที่มีขนาดใกล้เคียงกัน โดยมีขนาดโซนยับยั้งประมาณ 12 มิลลิเมตร แสดงให้เห็นว่าความสามารถในการยับยั้งเชื้อของสารสกัดใบพลูไม่แตกต่างกันในกรณีของเชื้อ *S. marcescens* จะเห็นได้ว่าสารสกัดใบพลูสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียทั้งสองชนิดได้ แต่อย่างไรก็ตามความสามารถในการยับยั้งของสารสกัดอาจจะมีความแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับตัวทำละลายและเข้มข้นของสารสกัดที่ใช้ในการทดสอบ ดังนั้นการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความสามารถและปริมาณของสารสกัดที่ได้จะช่วยให้เข้าใจลึกซึ้งเกี่ยวกับคุณสมบัติและประสิทธิภาพของสารสกัดใบพลู

ภาพที่ 4 ภาพขนาดของบริเวณใสจากการทดสอบการแพร่กระจายของสารสกัดใบพลูแผ่นดิสก์บนต่อเชื้อ A) *S. marcescens*, B) *E. coli* *P เป็นยา Gentamycin



ที่ใช้การควบคุมเชิงบวก; N คือสารละลายตัวทำละลาย DMSO ; และสารสกัดจากใบพลู (FPD: สารสกัดจากใบพลูสดด้วยไดคลอโรมีเทน, SPD: สารสกัดจากใบพลูตากแดดด้วยไดคลอโรมีเทน, FPM: สารสกัดจากใบพลูสดด้วยเมทานอล, SPM: สารสกัดจากใบพลูตากแดดด้วยเมทานอล).

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนยับยั้ง (มม.) ของสารสกัดหยาบจากใบพลูสดและใบพลูแห้งต่อเชื้อ *S. marcescens* และ *E. coli*

Extracts	Inhibition Zone (mm±SD.)	
	<i>E. coli</i>	<i>S. marcescens</i>
FPD	17.48 ± 0.42	14.67 ± 1.14
FPM	17.99 ± 2.09	12.15 ± 0.03
SPD	14.71 ± 2.13	10.26 ± 0.66
SPM	17.19 ± 0.81	12.20 ± 0.52
Gentamycin	34.13 ± 1.06	34.88 ± 0.28

4 วิจัยรณผลการทดลอง

ผลการทดลองทั้งหมดที่ได้จากการศึกษาการหาปริมาณสารฟีนอลิกรวม การหาปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด การดูฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วย DPPH assay และการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. marcescens* และ *E. coli* ของสารสกัดใบพลูสดและแห้งในตัวทำละลายเมทานอลและไดคลอโรมีเทน โดยไม่ว่าจะเป็นใบพลูสดหรือใบพลูแห้งที่อยู่ในตัวทำละลายในการสกัดชนิดใดก็ตาม ปริมาณสารฟีนอลิกรวมมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ซึ่งแสดงให้เห็นชัดเจนว่าการสกัดสารสกัดใบพลูด้วยเมทานอลหรือไดคลอโรมีเทนนั้นมีผลต่อปริมาณสารสกัดที่เกิดขึ้นที่คล้ายกัน ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับตัวทำละลายทั้งสองชนิดมีความพอเหมาะในการสกัดสารที่เป็นฟีนอลิกเนื่องจากคุณสมบัติที่มีขั้วของฟีนอลิกทำให้ เมทานอลและไดคลอโรมีเทนสามารถสกัดสารเหล่านี้ออกมาได้ จึงนิยมนำสารทั้งสองชนิดมาเป็นการเลือกที่ใช้ในการสกัดสารสำคัญของพืชในห้องปฏิบัติการ โดยทั่วไปสารฟีนอลิก ที่พบในพืชใบพลูมีหลายชนิดได้แก่ gallic acid คาเฟอิก caffeic acid รวมถึง chlorogenic acid ที่มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระและการเกิดการอักเสบ นอกจากนี้ยังมีสารพวก Lignanang เช่น ไพโนเรซิน pinoresinol sesamin ซึ่งมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ อีกทั้งยังพบสาร phenolic glycosides ที่สามารถยับยั้งเชื้อและมีคุณสมบัติฆ่าเซลล์มะเร็งได้เช่นกัน นอกจากนี้สารสกัดใบพลูแห้งในตัวทำละลายเมทานอลมีความสามารถในการสกัดสารฟลาโวนอยด์ได้มากกว่าไดคลอโรมีเทน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารสกัดใบพลูแห้งในตัวทำละลายไดคลอโรมีเทนมีฟลาโวนอยด์ต่ำกว่าสารสกัดใบพลูแห้งในตัวทำละลายเมทานอล ซึ่งอาจแสดงถึงประสิทธิภาพในการสกัดสารฟลาโวนอยด์ที่ต่ำกว่าในตัวทำละลายไดคลอโรมีเทนเนื่องจากใบพลูแห้งมีปริมาณสารสำคัญสูญหายไปบางส่วนจึงทำให้การใช้สารละลายที่มีขั้วต่ำสกัดสารออกมาได้น้อยลงเช่นกัน แต่การสกัดใบพลูด้วยไดคลอโรมีเทนแสดงปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากกว่าเมทานอลเนื่องจากใบพลูสดมีน้ำเป็นองค์ประกอบหลักและน้ำเป็นตัวช่วยในการละลายสารฟลาโวนอยด์ออกมาปริมาณที่มากกว่า (dynamic extraction process) ดังนั้นผลการศึกษาครั้งนี้มีความสำคัญสำหรับการนำไปปรับปรุงกระบวนการสกัดสารสกัดใบพลูเพื่อให้ได้สารสกัดที่มีประสิทธิภาพในการทดสอบขั้นต่อไปได้ดีขึ้น สารฟลาโวนอยด์ที่พบในใบพลูได้แก่ myricetin Luteolin ซึ่งมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาและลดการอักเสบรวมถึงยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง นอกจากนี้ยังมีสาร apigenin kaempferol quercetin ที่เป็นสารสำคัญในใบพลูที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันโรคจากเซลล์ประสาทเสื่อม รวมทั้งยับยั้งเซลล์มะเร็งได้อีกด้วย สารสกัดใบพลูที่ใช้ตัวทำละลายเมทานอลและไดคลอโรมีเทนเป็นที่น่าสนใจอย่างมากเนื่องจากพบว่าทั้งสารสกัดใบพลูในตัวทำละลายเมทานอลและไดคลอโรมีเทนมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอย่างชัดเจน สารสกัดใบพลูสดในตัวทำละลายไดคลอโรมีเทนมีค่า % scavenging activity ที่สูงกว่าในตัวทำละลายเมทานอล ยกเว้นการสกัดใบพลูแห้งเมื่อเทียบในระดับความเข้มข้นที่เท่ากัน ทำให้เห็นถึงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดใบพลูในตัวทำละลายเมทานอลและไดคลอโรมีเทนที่มีประโยชน์ในการป้องกันการเกิดอันตรายจากอนุมูลอิสระในร่างกาย มีงานวิจัยรายงานพบว่าสารสกัดใบพลูไม่จะเป็นตัวทำลายสารอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ เช่น เมทานอล เอนทานอล ไดคลอโรมีเทน เฮกเซน เอทิลอะซิเตต คลอโรฟอร์ม หรือน้ำ ล้วนแต่มีประสิทธิภาพในการ

สกัดและส่งผลต่อฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาและด้านอนุมูลอิสระของสารสกัดใบพลู แต่อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระยังคงต้องได้รับการศึกษาและการตรวจสอบเพิ่มเติมเพื่อให้เข้าใจถึงคุณสมบัติของสารสกัดใบพลูได้อย่างละเอียดมากขึ้น เช่นความสามารถในการละลาย สารสำคัญที่มีอยู่ในสารสกัดหยาบ รวมถึงความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมที่ต้องคำนึงเป็นหลักสำคัญในการสกัด นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดใบพลูทั้งสองชนิดในสองตัวทำลายต่อการยับยั้งเชื้อก่อโรค *S. marcescens* และ *E. coli* พบว่า พืชสดที่สกัดด้วยไดคลอโรมีเทนมีโซนยับยั้งที่กว้างกว่าเมทานอลเมื่อถูกทดสอบกับเชื้อ *E. coli* ในขณะที่เดียวกันยังพบแนวโน้มในการยับยั้งเชื้อของสารสกัดดังกล่าวในเชื้อ *S. marcescens* อีกด้วย มีหลายงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าสารสกัดพินอลในใบพลู มีความสามารถเป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโต (bacteriostatic) และ สารทำลายเชื้อแบคทีเรีย (bactericidal) ซึ่งสารชนิดนี้จะไปรบกวนการทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์ของเชื้อโรคทำให้เชื้อแบคทีเรียถูกทำลาย. รวมทั้ง carboxyl group ใน aromatic hydrocarbons ของสารที่พบในใบพลูยังสามารถไปจับกับโครงสร้างของแบคทีเรียทำให้เสียสภาพและไม่สามารถติดเชื้อได้ ซึ่งมีรายงานว่าสามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบได้โดยเฉพาะโครงสร้างที่เป็นผนังเซลล์ของเชื้อแบคทีเรียทั้งสองชนิด รวมทั้งทำให้เซลล์เมมเบรนของแบคทีเรียเสียสภาพไปอีกด้วย

จากงานวิจัยนี้ นอกจากตัวทำลายที่ใช้ในการสกัดใบพลูแล้วผู้วิจัยได้สนใจความเป็นไปได้ของฤทธิ์ทางชีวภาพของใบพลูแห้งและสดที่นำมาทดสอบว่ามีปริมาณสารที่พบรวมถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกัน เนื่องจากสารสกัดใบพลูแห้งในตัวทำลายไดคลอโรมีเทนแสดงผลการทดลองได้น้อยกว่าเมื่อเทียบกับใบพลูสด อาจเป็นเพราะใบพลูสดยังมีสารสำคัญที่มีปริมาณมากกว่า รวมถึงอาจไม่ถูกทำลายหรือระเหยไปเนื่องจากรังสียูวีและความร้อนจากแสงแดดรวมทั้งการมีน้ำเป็นส่วนประกอบหลักทำให้มีความสามารถในการสกัดและการละลายในการทำให้สารออกมาจากใบพลูได้มากกว่า ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อปริมาณสารสำคัญได้ ดังนั้นการเลือกวิธีเก็บตัวอย่างพืชและการสกัดจึงเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการรักษาปริมาณสารสำคัญและฤทธิ์ทางชีวภาพเพื่อให้สอดคล้องกับบริบทของชุมชนในผู้สูงอายุและเป็นผลดีต่อการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำสารสกัดใบพลูมาใช้ในการงานด้านการแพทย์หรืออุตสาหกรรมอาหารที่เป็นเรื่องที่น่าสนใจในอนาคต

5 สรุปผลการทดลอง

จากผลการศึกษาพบว่าสารสกัดใบพลู มีศักยภาพมากเป็นแหล่งที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่โดดเด่นในการต้านอนุมูลอิสระและในการรักษาการติดเชื้อจากแบคทีเรียโดยเฉพาะอาการของการติดเชื้อในทางเดินอาหารและไวต่อการติดเชื้อต่อผู้สูงอายุและภูมิคุ้มกันอ่อนแอ อย่างไรก็ตามสารสกัดใบพลูจำเป็นต้องได้รับการศึกษาเพิ่มเติมก่อนที่จะนำมาใช้เป็นทางเลือกในการรักษาการติดเชื้อในระบบทางเดินอาหารจากแบคทีเรียและเชื้อชนิดอื่นๆ รวมถึงการหาสารสำคัญหลักเพื่อที่จะทดสอบในสัตว์ทดลองและการทดสอบความเป็นพิษต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. Tavares-Carreón, F.; De Anda-Mora, K.; Rojas-Barrera, I. C.; Andrade, A., *Serratia marcescens* antibiotic resistance mechanisms of an opportunistic pathogen: a literature review. *PeerJ* 2023, 11, e14399.
2. Bello Gonzalez, T. d. J.; van Gelderen, B.; Harders, F.; Vloet, R.; Voorbergen-Laarman, M.; de Ruiter, B.; Haenen, O. L., Molecular Characterization of *Serratia marcescens* Strain Isolated from Yellow Mealworms, *Tenebrio molitor*, in The Netherlands. *Insects* 2023, 14 (9), 770.
3. Allocati, N.; Masulli, M.; Alexeyev, M. F.; Di Ilio, C., *Escherichia coli* in Europe: an overview. *International journal of environmental research and public health* 2013, 10 (12), 6235-6254.
4. Harrington, S. M.; Dudley, E. G.; Nataro, J. P., Pathogenesis of enteroaggregative *Escherichia coli* infection. *FEMS microbiology letters* 2006, 254 (1), 12-18.
5. ทิพย์รัตน์, ป.; คงทวีเลิศ, ป.; ดวงนิล, ณ.; จุลศรีไกรวัล, ส.; จันทราภิมิตร, พ.; ปิ่นมณี, ส., ฤทธิ์ต้านอักเสบต่อเซลล์ผิวหนังและฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราของสารสกัดเมทานอลจากใบกล้วยงาช้าง: ฤทธิ์ต้านอักเสบและฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราของสารสกัดจากใบกล้วยงาช้าง. *วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์* 2023, 65 (3), 145-168.
6. Abreo, E.; Altier, N., Pangenome of *Serratia marcescens* strains from nosocomial and environmental origins reveals different populations and the links between them. *Scientific Reports* 2019, 9 (1), 46.
7. Su, C.; Brandt, L. J., *Escherichia coli* O157: H7 infection in humans. *Annals of internal medicine* 1995, 123 (9), 698-707.
8. Yu, V. L., *Serratia marcescens*: historical perspective and clinical review. *New England Journal of Medicine* 1979, 300 (16), 887-893.
9. Acar, J. F., *Serratia marcescens* infections. *Infection Control & Hospital Epidemiology* 1986, 7 (5), 273-280.
10. Cristina, M. L.; Sartini, M.; Spagnolo, A. M., *Serratia marcescens* infections in neonatal intensive care units (NICUs). *International journal of environmental research and public health* 2019, 16 (4), 610.
11. Hejazi, A.; Aucken, H.; Falkiner, F., Epidemiology and susceptibility of *Serratia marcescens* in a large general hospital over an 8-year period. *Journal of Hospital Infection* 2000, 45 (1), 42-46.
12. Passaro, D. J.; Waring, L.; Armstrong, R.; Bolding, F.; Bouvier, B.; Rosenberg, J.; Reingold, A. W.; McQuitty, M.; Philpott, S. M.; Jarvis, W. R., Postoperative *Serratia*

- marcescens wound infections traced to an out-of-hospital source. *Journal of Infectious Diseases* 1997, 175 (4), 992-995.
13. Millán-Lou, M. I.; López, C.; Bueno, J.; Pérez-Laguna, V.; Lapresta, C.; Fuertes, M. E.; Rite, S.; Santiago, M.; Romo, M.; Samper, S., Successful control of *Serratia marcescens* outbreak in a neonatal unit of a tertiary-care hospital in Spain. *Enfermedades infecciosas y microbiología clinica* (English ed.) 2022, 40 (5), 248-254.
14. Puvača, N.; de Llanos Frutos, R., Antimicrobial resistance in *Escherichia coli* strains isolated from humans and pet animals. *Antibiotics* 2021, 10 (1), 69.
15. Johnson, J. R.; Owens, K.; Gajewski, A.; Clabots, C., *Escherichia coli* colonization patterns among human household members and pets, with attention to acute urinary tract infection. *The Journal of infectious diseases* 2008, 197 (2), 218-224.
16. Toombs-Ruane, L. J.; Benschop, J.; French, N. P.; Biggs, P. J.; Midwinter, A. C.; Marshall, J. C.; Chan, M.; Drinković, D.; Fayaz, A.; Baker, M. G., Carriage of extended-spectrum-beta-lactamase-and AmpC beta-lactamase-producing *Escherichia coli* strains from humans and pets in the same households. *Applied and environmental microbiology* 2020, 86 (24), e01613-20.
17. Lim, J. Y.; Yoon, J. W.; Hovde, C. J., A brief overview of *Escherichia coli* O157: H7 and its plasmid O157. *Journal of microbiology and biotechnology* 2010, 20 (1), 5.
18. Mead, P. S.; Griffin, P. M., *Escherichia coli* O157: H7. *The Lancet* 1998, 352 (9135), 1207-1212.
19. Korzeniewska, E.; Korzeniewska, A.; Harnisz, M., Antibiotic resistant *Escherichia coli* in hospital and municipal sewage and their emission to the environment. *Ecotoxicology and environmental safety* 2013, 91, 96-102.
20. Fasugba, O.; Gardner, A.; Mitchell, B. G.; Mnatzaganian, G., Ciprofloxacin resistance in community-and hospital-acquired *Escherichia coli* urinary tract infections: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *BMC infectious diseases* 2015, 15, 1-16.
21. Daga, A. P.; Koga, V. L.; Soncini, J. G. M.; de Matos, C. M.; Perugini, M. R. E.; Pelisson, M.; Kobayashi, R. K. T.; Vespero, E. C., *Escherichia coli* bloodstream infections in patients at a university hospital: virulence factors and clinical characteristics. *Frontiers in cellular and infection microbiology* 2019, 9, 191.
22. Pradhan, D.; Suri, K.; Pradhan, D.; Biswasroy, P., Golden heart of the nature: *Piper betle* L. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 2013, 1 (6), 147-167.
23. Rekha, V.; Kollipara, M.; Gupta, B.; Bharath, Y.; Pulicherla, K. K., A review on *Piper betle* L.: nature's promising medicinal reservoir. *American Journal of Ethnomedicine* 2014, 1 (5), 276-289.
24. Nayaka, N. M. D. M. W.; Sasadara, M. M. V.; Sanjaya, D. A.; Yuda, P. E. S. K.; Dewi, N. L. K. A. A.; Cahyaningsih, E.; Hartati, R., *Piper betle* (L): Recent review of antibacterial and antifungal properties, safety profiles, and commercial applications. *Molecules* 2021, 26 (8), 2321.
25. Dasgupta, N.; De, B., Antioxidant activity of *Piper betle* L. leaf extract in vitro. *Food chemistry* 2004, 88 (2), 219-224.
26. Ali, I.; Khan, F. G.; Suri, K. A.; Gupta, B. D.; Satti, N. K.; Dutt, P.; Afrin, F.; Qazi, G. N.; Khan, I. A., In vitro antifungal activity of hydroxychavicol isolated from *Piper betle* L. *Annals of clinical microbiology and antimicrobials* 2010, 9, 1-9.
27. Alam, B.; Akter, F.; Parvin, N.; Pia, R. S.; Akter, S.; Chowdhury, J.; Sifath-E-Jahan, K.; Haque, E., Antioxidant, analgesic and anti-inflammatory activities of the methanolic extract of *Piper betle* leaves. *Avicenna journal of phytomedicine* 2013, 3 (2), 112.
28. Lubis, R. R.; Wahyuni, D. D., Antibacterial activity of betle leaf (*Piper betle* L.) extract on inhibiting *Staphylococcus aureus* in conjunctivitis patient. *American journal of clinical and experimental immunology* 2020, 9 (1), 1.
29. Kudva, A. K.; Rao, S.; Rao, P.; Periera, R.; Bhandari, G.; Mathew, J. M.; Ashwini, K.; Pais, M. L.; Swamy, M. K.; Baliga, M. S., *Piper betle* Linn. in cancer: past, present, and future. *Anticancer plants: Properties and Application: Volume 1* 2018, 327-347.
30. Majumdar, A. G.; Subramanian, M., Hydroxychavicol from *Piper betle* induces apoptosis, cell cycle arrest, and inhibits epithelial-mesenchymal transition in pancreatic cancer cells. *Biochemical pharmacology* 2019, 166, 274-291.
31. Jayalakshmi, B.; Raveesha, K.; Murali, M.; Amruthesh, K., Phytochemical, antibacterial and antioxidant studies on leaf extracts of *Piper betle* L. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* 2015, 7 (10), 23-29.
32. Ahsana, D., The Effectiveness Of Education And Workshop For Making Natural Disinfectants With Antiseptics From Water Steam Of *Piper betle* Leaves In The Production Warehouse Telaga Bidadari Village. *Prosiding Pengembangan Masyarakat Mandiri*

- Berkemajuan Muhammadiyah (Bamara-Mu) 2021, 1 (1), 98-109.
33. Dewi, B. E.; Tannardi, K.; Sudiro, T. M., The potency of piper betle leave extract as antiviral drug to dengue virus in vitro. Teikyo Medical Journal 2021, 44 (2), 677-686.
34. Tu Quy, P.; Thi Ai My, T.; Thi Thanh Hai, N.; Bui, T. Q.; Tuan Quang, D.; Thanh Triet, N.; Phuoc Hien, P.; Thi Ai Nhung, N., A computational screening on inhibitability of piper betle essential oil chemical structures against spike proteins of mutated SARS-CoV-2-variants D614G, N501Y, and S477N. Smart Science 2022, 10 (3), 246-263.
35. Das, S.; Parida, R.; Sriram Sandeep, I.; Nayak, S.; Mohanty, S., Biotechnological intervention in betelvine (Piper betle L.): A review on recent advances and future prospects. Asian Pacific Journal of Tropical Medicine 2016, 9 (10), 938-946.
36. Saravanan, R.; Rajendra Prasad, N.; Pugalendi, K. V., Effect of Piper betle leaf extract on alcoholic toxicity in the rat brain. J Med Food 2003, 6 (3), 261-5.
37. Rekha, V. P. B.; Kollipara, M.; Gupta, B.; Bharath, Y.; Pulicherla, K. K., A Review on Piper betle L.: Nature's Promising Medicinal Reservoir. American Journal of Ethnomedicine 2014, 1, 276-289.
38. Haslan, H.; Suhaimi, F. H.; Thent, Z. C.; Das, S., The underlying mechanism of action for various medicinal properties of Piper betle (betel). Clin Ter 2015, 166 (5), 208-14.
39. Lubis, R. R.; Marlisa; Wahyuni, D. D., Antibacterial activity of betle leaf (Piper betle L.) extract on inhibiting Staphylococcus aureus in conjunctivitis patient. Am J Clin Exp Immunol 2020, 9 (1), 1-5.
40. Baliyan, S.; Mukherjee, R.; Priyadarshini, A.; Vibhuti, A.; Gupta, A.; Pandey, R. P.; Chang, C.-M., Determination of Antioxidants by DPPH Radical Scavenging Activity and Quantitative Phytochemical Analysis of Ficus religiosa. Molecules 2022, 27 (4), 1326.
41. Saeed, N.; Khan, M. R.; Shabbir, M., Antioxidant activity, total phenolic and total flavonoid contents of whole plant extracts Torilis leptophylla L. BMC complementary and alternative medicine 2012, 12, 1-12.
42. Domig, K. J.; Mayrhofer, S.; Zitz, U.; Mair, C.; Petersson, A.; Amtmann, E.; Mayer, H. K.; Kneifel, W., Antibiotic susceptibility testing of Bifidobacterium thermophilum and Bifidobacterium pseudolongum strains: Broth microdilution vs. agar disc diffusion assay. International Journal of Food Microbiology 2007, 120 (1-2), 191-195.



คณะผู้จัดทำ

กองจัดการและพิสูจน์อักษร

ผศ.ดร.ธงชัย เจือจันทร์

ผศ.ดร.น้องนุช สารภี

ผศ.ยุพเยาว์ โตศิริ

นางยุริรัตน์ ดวงแก้ว

ฝ่ายออกแบบและสารสนเทศ

นายกฤษฎา นวลนาง

นางยุริรัตน์ ดวงแก้ว

นายชัยวัฒน์ งามงอน

โรงพิมพ์

บริษัท 253 พรีนส์ จำกัด

253, 253/1 ถ.เทศบาล3 ต.ในเมือง อ.เมืองสุรินทร์ จ.สุรินทร์ โทรศัพท์ 0-4451-2128