

ความเป็นไปได้ในการใช้น้ำหมักฟางข้าวอินทรีย์เพื่อทดแทนปุ๋ยเคมี

ในการเพาะเลี้ยงผ้า (*Wolffia* sp.)

Possibility of Using Organic Rice Straw Fermentation Liquid to Replace Chemical Fertilizers in Water Meal (*Wolffia* sp.) Cultivation

อารมณ เตียวสกุล^{1,*} สุกใจ รัตนยุวกร² ดวงสุดา ทองจันทร์³ และสุภา ศรีียงยศ³

Arom Tiaosakul^{1,*}, Sukjai Rattanayurakorn², Duangsuda Thongchan³ and Supa Srianyot³

¹สาขาประมง คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ สุรินทร์ 32000

²สาขาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ สุรินทร์ 32000

³สาขาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ สุรินทร์ 32000

¹Department of Fisheries, Faculty of Agriculture and Technology, Surin, Thailand 32000

²Department of Science and Mathematics, Faculty of Agriculture and Technology, Surin, Thailand 32000

³Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Technology, Surin, Thailand 32000

*Corresponding author: apermngam@gmail.com

*ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0006-2115-6313>

Received: September 20, 2024

Revised: December 19, 2025

Accepted: March 11, 2026

Abstract

This study aimed to compare the yields of water meal (*Wolffia* sp.) Cultivated in feed formulas containing different levels of organic rice straw fermentation the liquid as an ingredient, and water quality in the cultivating ponds. The experiments were conducted using a Completely Randomized Design (CRD) divided into three treatments with three replications each. Treatment 1 used 5 g of NPK (16-16-16) fertilizer (control formula), while 50 and 100 ml of organic rice straw fermentation liquid were used for treatments 2 and 3, respectively. All treatments used 50 grams of fresh water meal and 50 liters of water in a circular cement pond with a surface area of 0.442 m², and the study period was 8 days.

The results showed that the yield of water meal and water quality were not statistically different at the 95 percent confidence level ($p>0.05$). Therefore, there is a possibility of using organic rice straw fermentation liquid to replace chemical fertilizers in the production of organic water meal for human and animal' food in the future.

Keywords: *Wolffia* sp., organic fertilizer, rice straw fermentation liquid, water meal production

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตฝำ (*Wolffia* sp.) ที่เลี้ยงในสูตรอาหารที่มีปริมาณน้ำหมักฟางข้าวอินทรีย์เป็นส่วนผสมในระดับต่างๆ และคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงฝำ ดำเนินการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) แบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลอง ๑ และ 3 ซ้ำ ชุดการทดลองที่ 1 ใช้ปุ๋ย NPK (16-16-16) 5 กรัม (สูตรควบคุม) ใช้น้ำหมักฟางข้าวอินทรีย์ 50 มล. และ 100 มล. สำหรับชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ทุกชุดการทดลองใช้ฝำสด 50 กรัม และน้ำ 50 ลิตร ในบ่อซีเมนต์ทรงกลมที่มีพื้นที่ผิว 0.442 ตร.ม. และระยะเวลาทำการศึกษาคือ 8 วัน ผลการวิจัยพบว่าผลผลิตฝำและคุณภาพน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p>0.05$) ดังนั้น มีความเป็นไปได้ที่จะใช้น้ำหมักฟางข้าวอินทรีย์ทดแทนปุ๋ยเคมีในการผลิตฝำอินทรีย์สำหรับมนุษย์และสัตว์ในอนาคต

คำสำคัญ: ฝำ ปุ๋ยอินทรีย์ น้ำหมักฟางข้าว การผลิตฝำ

บทนำ

ฝำ (*Wolffia* sp.) มีชื่อเรียกตามภาษาท้องถิ่นว่า “ไขฝำ” หรือ “ไขน้ำ” และชื่อสามัญ water meal เป็นพรรณไม้น้ำประเภทลอยน้ำขนาดเล็กที่สุดในโลกในวงศ์ *Lemnaceae* ที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว มีโครงสร้างเรียบง่าย และสามารถสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (Braglia *et al.*, 2021) พบในแหล่งน้ำตามธรรมชาติ เช่น หนอง บึง หรือแหล่งน้ำขัง รูปร่างเป็นเม็ดสีเขียวหรือเหลืองเขียวกลมหรือเกือบกลม มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5–1.5 มล. ไม่มีราก โดยทั่วโลกพบฝำมีจำนวนชนิดมากถึง 11 ชนิด (Ivan and Katya, 2013; Appenroth *et al.*, 2018) แต่พบเพียง 2 ชนิด คือ *Wolffia arrhiza* (L.) และ *W. globosa* (L.) ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือของประเทศไทย (Rodroil *et al.*, 2009;

Rodroil *et al.*, 2012; Ruekaewma *et al.*, 2015). จากการศึกษาของ Zhubin *et al.* (2022) ในฝำ *W. arrhiza* พบว่ามีระดับความชื้น 95.18 ± 0.07 ของน้ำหนักสด (FW) ปริมาณโปรตีน $50.89\pm0.56\%$ ไขมัน $6.07\pm0.30\%$ คาร์โบไฮเดรต $31.33\pm0.27\%$ และเถ้า $11.71\pm0.46\%$ ของน้ำหนักแห้ง (DW)

นอกจากนี้ยังมีกรดอะมิโน 18 ชนิด และปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมด (TAA) $42.9\pm0.50\%$ ของน้ำหนักแห้ง (DW) สัดส่วนของกรดอะมิโนจำเป็นทั้งหมด (TEAA) ใน TAA ของ *W. arrhiza* อยู่ที่ $33.70\pm0.30\%$ ต่ำกว่ากรดอะมิโนไม่จำเป็นทั้งหมด (TNEAA) $66.30\pm0.30\%$ อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และยังพบปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์รวมสูงกว่ามาก และมีสารต้านอนุมูลอิสระที่สูง (antioxidant) มากกว่าในสาหร่ายเกลียวทอง (Somboon, 2015) ผักและพืชผลส่วนใหญ่ เช่น มะระ (Tan *et al.*, 2014) และข้าวสาลี (Gougoulas, 2015) เป็นต้น อีกทั้งมีสารเบต้า-คาโรทีนในปริมาณสูง (Rowchai and Somboon, 2007) การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของพืชน้ำหรือสาหร่ายจากการศึกษาของผู้อื่นนั้น ผู้วิจัยต้องระมัดระวังเพราะโดยทั่วไปหากเพาะเลี้ยงในสูตรอาหารหรือสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันก็จะมีผลทำให้มีสารสำคัญแตกต่างกัน ดังนั้น *W. arrhiza* จึงมีศักยภาพสูงในการเป็นอาหารของมนุษย์ (Hu *et al.*, 2022) และสามารถนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ เช่น ปลาดุก (Ketkaew and Innoon, 2022) ปลาดุกเทศ (Mani *et al.*, 2021) ปลากระแห (Munkit, 2518) ปลาทอง (Raksaphram and Ratchaphimon, 2018) และปลาไน (Matchakeo *et al.*, 2015) เป็นต้น

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของฝำ (*W. arrhiza* (L.) Winn.) ของ Rowchai and Somboon (2007) โดยสำรวจสภาวะแวดล้อมของแหล่งกำเนิดฝำตามธรรมชาติในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำค่อนข้างต่ำ ($pH\leq7$) แต่แหล่งน้ำที่ไม่ให้ผลผลิตแล้วมีค่า $pH>7$ และพบพืชน้ำชนิดอื่นปะปน นอกจากนี้แหล่งน้ำต้องมีธาตุ

อาหารพืชครบถ้วนและสมบูรณ์เพียงพอ โดยเฉพาะปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและออร์โธฟอสเฟตค่อนข้างสูง จึงจะทำให้ผำเจริญเติบโตได้ดี (Somboon, 2015)

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผำในห้องปฏิบัติการอาคารเปิดของ Phanwanichdamrong (2009) พบว่าผำมีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อเลี้ยงในน้ำประปาที่เติมปุ๋ย NPK (16-16-16) ระดับ 100 มล./ล. มีค่าคุณภาพน้ำบางประการที่เหมาะสมในการเจริญเติบโต เช่น ความเป็นกรด-ด่าง (pH) 5-6 ค่าความกระด้างต่ำกว่า 100 มล./ล. และความเข้มแสงประมาณ 5,000-10,000 ลักซ์ ขณะที่ Sanwila (1999) ศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโต และปริมาณโปรตีนของผำที่เพาะเลี้ยงในสูตรอาหารและความเข้มแสงแตกต่างกัน โดยใช้ น้ำหมักจากมูลวัวและมูลกระบือ ที่มีความเข้มข้นต่างกัน 3 ระดับ คือ 25, 35 และ 45 ก./ล. ภายใต้ความเข้มแสง 50 และ 100% โดยเพาะเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 74 ซม. สูง 50 ซม. บรรจุน้ำหมัก 50 ล. เป็นเวลา 12 วัน พบว่าผำที่เพาะเลี้ยงในน้ำหมักมูลวัวเข้มข้น 45 ก./ล. ในสภาพความเข้มแสง 100% มีการเจริญเติบโต น้ำหนักสด (เฉลี่ย 404.023 ก./หน่วยทดลอง) และน้ำหนักแห้ง (เฉลี่ย 8.772 ก./หน่วยทดลอง) สูงที่สุด ส่วนผำที่เพาะเลี้ยงด้วยน้ำหมักมูลวัวเข้มข้น 35 ก./ล. ในสภาพความเข้มแสง 50% มีปริมาณโปรตีน (เฉลี่ย 30.213%) สูงที่สุด

ฟางข้าว (rice straw) คือ ส่วนของต้นข้าวที่เหลือหลังจากการเก็บเกี่ยวและนวดเอาเมล็ดออกแล้ว ในฟางข้าวจะมีปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง ดังนี้ ไนโตรเจน (N) 0.59% ฟอสฟอรัส (P) 0.08% โพแทสเซียม (K) 1.56% แคลเซียม (Ca) 0.38% แมกนีเซียม (Mg) 0.23% และกำมะถัน (S) 0.08% (Terra-Gro Fertilizer Co., Ltd., 2023) มีโปรตีน ในอาหาร และฟอสฟอรัส (Spring Green Evolution Co., Ltd., 2023) และปริมาณคาร์บอนทั้งหมด 39.2%

แคลเซียม 262 มก./กก. และโซเดียม 366 มก./กก. (Abdelhamid, 2004) ซึ่งธาตุดังกล่าวมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยทั่วไปเกษตรกรจะนำฟางข้าวมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร เช่น ใช้เป็นฟางคลุมดินเพื่อเก็บความชุ่มชื้น ใช้เลี้ยงสัตว์ ใช้ทำปุ๋ยหมักหรือไถกลบ สามารถเพิ่มอินทรีย์วัตถุที่เป็นแหล่งอาหารและพลังงานให้กับจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดิน ทางกรมการเกษตรกรใช้ทำเป็นแหล่งอาหารให้กับปลาหรือที่เรียกว่าแซนด์วิชอาหารปลา (fish sandwiches) โดยใช้ฟางข้าวรองพื้นเป็นตัวหลักและวางสลับกับมูลสัตว์หรือปุ๋ยคอกอื่น ๆ บริเวณมุมขอบบ่อเลี้ยง เพื่อให้เป็นแหล่งอาหารให้กับปลาที่อยู่ในบ่อ (Sodkomkham, 2024)

ฟางข้าวอินทรีย์มีคุณสมบัติหลักเหมือนฟางข้าวทั่วไป แต่สิ่งที่ทำให้ฟางข้าวอินทรีย์แตกต่าง คือ ไม่มีสารเคมีตกค้างจากยาฆ่าแมลงหรือปุ๋ยเคมี ซึ่งส่งผลดีต่อระบบนิเวศในดินและลดความเสี่ยงต่อสุขภาพ ในขณะที่ฟางข้าวที่ไม่ใช่อินทรีย์อาจมีสารเคมีตกค้าง (Suphanburi Provincial Agriculture Office, 2025) จากคุณสมบัติของฟางข้าวดังกล่าวประกอบกับยังไม่มีผู้ศึกษาทดลองใช้น้ำหมักฟางข้าวมาเพาะเลี้ยงผำ ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้น้ำหมักฟางข้าวอินทรีย์เพื่อทดแทนปุ๋ยเคมีในการเพาะเลี้ยงผำ (*Wolffia* sp.) เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการใช้ประโยชน์จากฟางข้าวต่อการเพาะเลี้ยงผำปลอดสารเคมีหรืออินทรีย์ต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมน้ำ

กรองน้ำประปาด้วยผ้ากรองและบรรจุน้ำที่ผ่านการกรองลงในถังที่ล้างสะอาด ขนาดบรรจุน้ำ 1,000 ลิตร จำนวน 1 ถัง พักน้ำไว้ 5 วันก่อนนำน้ำมาใช้ในการเตรียมน้ำหมักฟางข้าว และน้ำใช้สำหรับการเพาะเลี้ยงผำ

การเตรียมน้ำหมักฟางข้าว

ฟางข้าวอินทรีย์ได้รับความอนุเคราะห์จากสาขาพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ ทำการหั่นฟางข้าวให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ หมักกับน้ำที่ผ่านการพักในอัตราส่วนฟางข้าว:น้ำ (1:5) หมักทิ้งไว้เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ระหว่างการหมักทำการคนด้วยไม้พายและกลับฟางข้าวทุก ๆ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เมื่อครบกำหนดการหมักทำการกรองน้ำหมักฟางข้าวก่อนนำไปใช้เป็นอาหารในการเพาะเลี้ยงปลา

การเตรียมน้ำอย่างง่าย

ตัวอย่างน้ำได้จากการรวบรวมจากแหล่งน้ำธรรมชาติในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ คัดเลือกสิ่งปนเปื้อนกับน้ำ เช่น เศษหญ้า จากนั้นนำน้ำล้างด้วยน้ำ 3 ครั้ง ใส่กระชอนตาถี่เพื่อให้สะอาดก่อนนำมาใช้ในการทดลอง

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) แบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดทดลองที่ 1 ใช้ปุ๋ย NPK (16-16-16) 5 ก./50 ลิตร (Modified from Phichit Freshwater Aquaculture Research and Development Center, 2021; Somboon, 2015)

ชุดการทดลองที่ 2 ใช้น้ำหมักฟางข้าวอินทรีย์ 50 มล./น้ำ 50 ลิตร

ชุดการทดลองที่ 3 ใช้น้ำหมักฟางข้าวอินทรีย์ 100 มล./น้ำ 50 ลิตร

จัดวางเรียงบ่อซีเมนต์ทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 75 ซม. สูง 50 ซม. (ขนาดพื้นที่ผิว 0.442 ตร.ม.) จำนวน 9 บ่อ ตามตำแหน่งที่สุ่มและบรรจุน้ำจำนวน 50 ลิตร เติมน้ำประกอบด้วยสูตรที่ 1, 2 และ 3 ของชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ทุกชุด

การทดลองใช้ปลาเริ่มต้น 50 กรัม ใช้ระยะเวลาทดลองเลี้ยง 8 วัน ณ สถานปฏิบัติการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ สาขาวิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์คุณภาพ

เก็บตัวอย่างน้ำก่อนเลี้ยงและทุก 2 วัน ตลอดระหว่างการเพาะเลี้ยง นำมาวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพน้ำบางประการ ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และอุณหภูมิ (temperature: °C) ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์น้ำ Multifunction รุ่น EZ-9909 5 in1 ค่าความกระด้าง (hardness) ค่าไนเตรท (nitrate) และไนไตรท์ (nitrite) ด้วยชุดน้ำยาริเคราะห์น้ำสำเร็จรูป (test kit) AQUA-VBC

การเก็บข้อมูลผลผลิตไข่ปลา

เมื่อเพาะเลี้ยงปลาครบ 8 วัน เก็บรวบรวมผลผลิตไข่ด้วยกระชอนตาถี่ ทิ้งไว้จนกระทั่งสะอาด น้ำ จึงนำน้ำที่กรองได้ของแต่ละบ่อชั่งน้ำหนัก ข้อมูลน้ำหนักที่ได้ คือน้ำหนักผลผลิตปลาสดของแต่ละชุดการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำข้อมูลผลผลิตวิเคราะห์ความแปรปรวน (One Way Analysis of Variance: ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Honestly Significant Differences (Tukey's test HSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS Statistics V.26

ผลการทดลอง

จากการศึกษาผลผลิตการเพาะเลี้ยงปลา (*Wolffia* sp.) ด้วยสูตรอาหารที่มีน้ำหมักจากฟางข้าวที่ระดับแตกต่างกันที่ 50 และ 100 มล./น้ำ 50 ลิตร (0.442 ตร.ม.) โดยเปรียบเทียบกับสูตรการเลี้ยงปลาของศูนย์วิจัยและ

พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดพิจิตร (Phichit Freshwater Aquaculture Research and Development Center, 2021) และ Ketkaew and Rakthai (2021) ผลการศึกษาดังต่อไปนี้

ผลผลิตผ้า

ผลผลิตผ้าที่เลี้ยงด้วยปุ๋ย NPK (16-16-16) 5 กรัม (สูตรควบคุม) น้ำหมักฟางข้าวอินทรีย์ 50 มล.

และ 100 มล. พบว่าได้ผลผลิตผ้าเฉลี่ย 147.79 ± 45.15 , 108.84 ± 61.31 และ 92.65 ± 30.33 กรัม/0.442 ตร.ม ซึ่งผลผลิตผ้าเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 295.58 ± 90.30 , 217.6 ± 122.62 และ $185.30 \pm 60.66\%$ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ผลผลิตผ้าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% (Table 1) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 92.65 ± 30.33 – 147.79 ± 45.15 กรัม/0.442 ตร.ม และ 185.30 ± 60.66 – $295.58 \pm 90.30\%$ ตามลำดับ

Table 1 The average yield values of water meal (g) during the cultivation with different feed formulas for 8 days

Feed formulas	Initiate	Average yield (g/0.442 m ²)	Average yield (%)	p-value
NPK (16-16-16) 5 g (control)	50	147.79 ± 45.15^a	295.58 ± 90.30^a	0.5989
50 ml of organic rice straw fermented liquid	50	108.84 ± 61.31^a	217.68 ± 122.62^a	0.3865
100 ml of organic rice straw fermented liquid	50	92.65 ± 30.33^a	185.30 ± 60.66^a	0.9092

Identical letters on the same line are not statistically different at 95% confidence ($p > 0.05$).

คุณภาพน้ำบางประการ

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ย ในบ่อเลี้ยงผ้าที่ใช้อาหารสูตรที่ 1 ปุ๋ย NPK (16-16-16) 5 กรัม ในวันเริ่มต้น วันที่ 2, 4, 6 และ 8 คือ 6.78, 7.44, 7.62, 8.01 และ 7.70 ใช้อาหารสูตรที่ 2 น้ำหมักฟางข้าวอินทรีย์ 50 มล. มีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 7.20, 7.51, 7.82 และ 7.55 และใช้อาหารสูตรที่ 3 น้ำหมักฟางข้าวอินทรีย์ 100 มล. มีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 7.20, 7.64, 7.39 และ 7.29 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าผลผลิตผ้าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยมีค่าอยู่ในช่วง 6.78–7.70 (Table 2)

ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย (°C) ในบ่อที่เลี้ยงผ้าด้วยสูตรอาหารที่ 1 ด้วยปุ๋ย NPK (16-16-16) 5 กรัม (สูตร

ควบคุม) ในวันเริ่มต้น วันที่ 2, 4, 6 และ 8 มีอุณหภูมิเฉลี่ย 32.20, 33.60, 33.45 และ 32.75°C ใช้อาหารสูตรที่ 2 น้ำหมักฟางข้าวอินทรีย์ 50 มล. มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ย 33.21, 35.45, 33.00 และ 34.20°C และใช้อาหารสูตรที่ 3 น้ำหมักฟางข้าวอินทรีย์ 100 มล. มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ย 32.45 ± 0.00 , 33.60 ± 2.69 , 32.85 ± 1.06 และ 32.80 ± 1.56 °C ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าผลผลิตผ้าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยมีค่าอยู่ในช่วง 33.21–35.45°C (Table 3)

ทุกชุดการทดลองมีค่าความกระด้าง (hardness) 100 มล./ล. และไม่สามารถตรวจพบค่าไนเตรท (nitrate) และค่าไนไตรท์ (nitrite)

Table 2 The average pH during the cultivation of water meal with different feed formulas for 8 days

Feed formulas	Average pH				
	Start	Day 2	Day 4	Day 6	Day 8
1 (Control)	6.78±0.60 ^a	7.44±0.06 ^a	7.62±0.08 ^a	8.01±0.42 ^a	7.70±0.28 ^a
2	7.20±0.20 ^a	7.51±0.59 ^a	7.82±0.53 ^a	7.55±0.06 ^a	7.60±0.49 ^a
3	7.20±0.09 ^a	7.64±0.34 ^a	7.39±0.21 ^a	7.29±0.45 ^a	7.62±0.60 ^a
<i>p</i> -value	0.34	0.82	0.35	0.12	0.95

Identical letters on the same line are not statistically different at 95% confidence ($p>0.05$).

Table 3 The average temperature (°C) during the cultivation of water meal with different formulas for 8 days

Feed formulas	Average temperature (°C)				
	Start	Day 2	Day 4	Day 6	Day 8
1 (Control)	32.00±0.84 ^a	33.60±2.90 ^a	33.45±0.99 ^a	32.75±1.48 ^a	32.20±0.78 ^a
2	33.21±0.00 ^a	35.45±2.02 ^a	33.00±1.14 ^a	34.20±0.85 ^a	33.47±0.58 ^a
3	32.45±0.00 ^a	33.60±2.69 ^a	32.85±1.06 ^a	32.80±1.56 ^a	32.75±0.81 ^a
<i>p</i> -value	0.24	0.62	0.78	0.38	0.52

Identical letters on the same line are not statistically different at 95% confidence ($p>0.05$).

วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองเลี้ยงผ้าโดยใช้หมักฟางข้าวอินทรีย์ที่ 50 และ 100 มล./น้ำ 50 ลิตร (0.442 ตร.ม.) เพื่อทดแทนปุ๋ยเคมี NPK (16-16-16) 5 กรัม/ น้ำ 50 ลิตร (0.442 ตร.ม.) เป็นเวลา 8 วัน พบว่าผลผลิตผ้าเฉลี่ยที่เลี้ยงด้วยน้ำหมักฟางข้าวอินทรีย์มีค่าอยู่ในช่วง 92.65±30.33–108.84±61.31 กรัม/0.442 ตร.ม และเลี้ยงด้วยปุ๋ย NPK (16-16-16) คือ 147.79±45.15 กรัม/0.442 ตร.ม และผลผลิตผ้าทุกสูตรอาหารไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ซึ่งพบว่าผลผลิตผ้าที่ใช้น้ำหมักฟางข้าวอินทรีย์มีผลผลิตผ้าเฉลี่ยใกล้เคียงกับการทดลองของ Ketkaew and

Rakthai (2021) คือ 100.51±6.51 กรัม ซึ่งเลี้ยงด้วยปุ๋ยเคมี A ประกอบด้วยแคลเซียมไนเตรท (calcium nitrate) 0.970 กก. และเหล็ก-อีดีดีเอชเอ (Fe-EDDHA) 0.082 กก. ละลายในน้ำ 5 ลิตร) และปุ๋ยเคมี B ประกอบด้วยโปแตสเซียมไนเตรท (potassium nitrate) 0.192 กก. แมกนีเซียมซัลเฟต (magnesium sulfate) 0.279 กก. โมโนโปแตสเซียมฟอสเฟต (mono potassium phosphate) 0.11 กก. และจุลธาตุ (micro element) 0.012 กก. ละลายในน้ำ 5 ลิตร ในโรงเรือนกลางแจ้งกึ่งปิดเป็นเวลา 10 วัน

คุณภาพน้ำระหว่างการเพาะเลี้ยงผ้าด้วยอาหารสูตรที่ 1 (สูตรควบคุม) มีค่าระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ช่วงระหว่าง 6.78±0.00–8.01±0.42 และอุณหภูมิช่วง

ระหว่าง $32.20 \pm 0.00 - 33.60 \pm 2.69^{\circ}\text{ซ}$ ในขณะที่ผ่า
ที่เพาะเลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 2 มีค่าระดับความเป็น
กรด-ด่าง (pH) ช่วงระหว่าง $7.20 \pm 0.00 - 7.82 \pm 0.53$ และ
อุณหภูมิในช่วงระหว่าง $33.21 \pm 0.00 - 35.45 \pm 5.02^{\circ}\text{ซ}$
และใช้อาหารสูตรที่ 3 มีค่าระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH)
ช่วงระหว่าง $7.20 \pm 0.00 - 7.64 \pm 0.34$ และอุณหภูมิ
ช่วงระหว่าง $32.45 \pm 0.00 - 33.60 \pm 2.69^{\circ}\text{ซ}$ ตามลำดับ
ส่วนค่าความกระด้าง (hardness) มีค่า 100 มล./ล. ของทุกชุด
การทดลอง และไม่สามารถตรวจพบค่าไนเตรท (nitrate)
และไนไตรท์ (nitrite) ของทุกชุดการทดลอง

Moon (2025) รายงานว่าผ้าสามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วง pH 6.5–7.5 ซึ่งเป็นค่ากลางที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการดูดซึมสาร หากค่า pH ต่ำเกินไป (pH<6) หรือสูงเกินไป (pH>8) อาจทำให้ความสามารถในการสังเคราะห์แสงและเมตาบอลิซึมของผ้าจะชะงักการเจริญเติบโต กรณีอุณหภูมิจากการศึกษาของ Landolt and Kandeler (1987) รายงานว่าผ้าชนิด *W. arrhiza* จะตายหากเลี้ยงที่อุณหภูมิ 30°ซ ในเวลา 14–20 วัน และที่อุณหภูมิ 35°ซ ในเวลา 6–10 วัน ผ้าจะเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 32–33°ซ และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ช่วง 3.5–10.4 ในขณะที่ Phanwanichdamrong (2009) กล่าวว่าค่าความกระด้าง (hardness) ของน้ำที่ผ้าเจริญเติบโตได้ดีมีค่าในช่วง 0–150 มล./ล. (CaCO₃) ซึ่งจากการทดลองครั้งนี้ การเพาะเลี้ยงผ้าเป็นเวลา 8 วัน ทุกชุดการทดลองมีช่วงความเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ยระหว่าง 6.78±0.00–8.01±0.42 และค่าความกระด้าง (hardness) ของน้ำเฉลี่ย 100.00±0.00 มล./ล. (CaCO₃) ซึ่งอยู่ในช่วงเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผ้า (Landolt and Kandeler, 1987; Phanwanichdamrong, 2009) ในขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 มีระดับอุณหภูมิเฉลี่ยระหว่าง 33.21–35.45°ซ มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของผ้าจากการรายงานของ Landolt and Kandeler (1986) แต่ผลผลิตผ้าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการเลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 1 และ 3 ทั้งนี้อาจเนื่องจากการ

การเจริญเติบโตของผำอาจมีปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ความเข้มแสง ซึ่งเป็นปัจจัยจำกัดหลักอย่างหนึ่งสำหรับการเจริญเติบโตของพืช (Alianto *et al.*, 2004)

ในการทดลองครั้งนี้ใช้โรงเรือนโถงและมีหลังคา
จึงอาจส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตของผ้า
ในขณะที่ Xu *et al.* (2012) ระบุว่าผลผลิตผ้าขึ้นอยู่กับ
สายพันธุ์ของผ้า สภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโต และ
ระยะการพัฒนาของผ้า

นอกจากนี้ Giel and Bojarczuk (2011) กล่าวว่าธาตุอาหารหากมีความเข้มข้นสูงจะไปยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชหรือน้อยเกินไปพืชจะขาดธาตุอาหารมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชลดลง และหากสภาพแวดล้อมที่ไม่เอื้ออำนวย เช่น มีปริมาณแคลเซียมสูงและค่า pH เป็นด่าง ทำให้การดูดซึมแร่ธาตุลดลง (Giel and Bojarczuk, 2011) และ Chookhampaeng *et al.* (2022) ศึกษาผลของแสง การเติมอากาศ และความเข้มข้นของสารอาหารต่อการเจริญเติบโตของผ้า (*Wolffia globosa*) โดยใช้อาหารสูตร Hoagland's solution พบว่าผลผลิตฝางสูงที่สุดในวันที่ 15 และ 20 ซึ่งเป็นช่วงที่ผ้าเจริญเติบโตเต็มที่ หลังจากนั้นผลผลิตจะลดลงซึ่งอาจเกิดจากอัตราการเจริญเติบโตที่ลดลงหรือการตายของผ้า และสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของผ้า *W. globosa* ต้องการสารละลายธาตุอาหารเจือจางและมีความเข้มข้นแสง 50% โดยไม่ต้องเติมอากาศ ในขณะที่ Bever *et al.* (2012) รายงานว่าอาหารสูตร Hoagland's solution ประกอบด้วยธาตุอาหารหลัก ได้แก่ CaH_2PO_4 , $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, K_2SO_4 , MgSO_4 , Fe-EDTA และ KH_2PO_4 เป็นธาตุหลัก และ H_3BO_3 , $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, CuSO_4 และ $\text{H}_3\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ เป็นธาตุรอง ซึ่งจากรายงานของ Terra-Gro Fertilizer Co., Ltd. (2023) กล่าวว่าในฟางข้าวจะมีปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง ได้แก่ ไนโตรเจน (N) 0.59% ฟอสฟอรัส (P) 0.08% โพแทสเซียม (K) 1.56% แคลเซียม (Ca) 0.38% แมกนีเซียม (Mg) 0.23% และกำมะถัน (S) 0.08% และฟางข้าว มีโปรตีน โยอาหาร และฟอสฟอรัส ในขณะที่

Abdelhamid (2004) กล่าวว่าฟางข้าวมีปริมาณคาร์บอนทั้งหมด 39.2% แคลเซียม 262 มก./กก. และโซเดียม 366 มก./กก. ซึ่งธาตุดังกล่าวมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช (Spring Green Evolution Co., Ltd., 2023)

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองเลี้ยงผำด้วยสูตรอาหารต่างกัน ได้แก่ อาหารสูตรที่ 1 ใช้ปุ๋ย NPK (16-16-16) 5 กรัม (สูตรควบคุม) กับอาหารสูตรที่ 2 และ 3 โดยใช้น้ำหมักฟางข้าวอินทรีย์ 50 และ 100 มล. ตามลำดับ พบว่าผลผลิตผำเฉลี่ยจากการใช้อาหารทั้ง 3 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ($p>0.05$) และคุณภาพน้ำอยู่ในช่วงเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผำ ดังนั้น น้ำหมักฟางข้าวอินทรีย์จึงมีศักยภาพนำมาใช้ในการผลิตผำ เพื่อผลิตเป็นอาหารอินทรีย์สำหรับมนุษย์และสัตว์ต่อไปในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยและข้อสรุปข้างต้น มีข้อเสนอแนะของการศึกษา ดังนี้

1. ในการเพาะเลี้ยงผำโดยใช้น้ำหมักฟางข้าวอินทรีย์แนะนำให้ศึกษาความเข้มข้นเพิ่มเติมเพราะอาจมีผลต่อการเพิ่มผลผลิตผำให้สูงขึ้น
2. ฟางข้าวซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการเกษตรที่เหลือหลังการเก็บเกี่ยว สามารถนำไปใช้ในปริมาณเล็กน้อยเพื่อผลิตสารสกัดหมักได้ การประยุกต์ใช้ดังกล่าวเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการลดต้นทุนการผลิตในการเพาะเลี้ยงผำในอนาคต โดยนำเสนอแนวทางใหม่ในการใช้เทคโนโลยีชีวภาพอย่างยั่งยืนในพื้นที่ชนบท

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่ได้จัดสรรงบประมาณวิจัยประจำปี 2567 เพื่อสนับสนุนโครงการ “นวัตกรรมและเทคโนโลยีเพื่อการใช้ประโยชน์จากส่วนประกอบและเศษวัสดุจากข้าวสุรินทร์เพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเชิงเศรษฐกิจ” โครงการนี้จัดอยู่ในโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชของสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ขอขอบคุณนางสาวณัฐธิชา เจริญรอบ และนายปัญญา สัตบุตร์ นักศึกษาสาขาประมง และนายณวัฒน์ เดียวสกุล นักศึกษาภาควิชาเคมีประยุกต์ สำหรับการรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Abdelhamid, T. 2004. The Self-destruction and Renewal of Loan Construction Theory: A Prediction form Boyd's Theory. pp. 1–19. In 12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Elsinore: International Group for Lean Construction.
- Alianto, A., E.M. Adiwilaga and A. Damar. 2004. Primary productivity of phytoplankton and its relationships with nutrients and light in the waters of Banten bay. *Journal of Fisheries and Aquatic Science* 15: 21–26. [in Indonesian]

- Appenroth, Klaus-J., K. S. Sree, M. Bog, J. Ecker, C. Seeliger, V. Böhm, S. Lorkowski, K. Sommer, W. Vetter, K. Tolzin-Banasch, R. Kirmse, M. Leiterer, C. Dawczynski, G. Liebisch and G. Jahreis. 2018. Nutritional value of duckweed species of the genus *Wolffia* (*Lemnaceae*) as human food. **Frontiers in Chemistry** 6(483): 1–13.
<https://doi.org/10.3897/zookeys.695.13771>
- Bever, A. De., P.A. Ndakidemi and C.P. Laubscher. 2012. Effects of different combinations of Hoagland's solution and *Azolla filiculoides* on growth and development of *Beta vulgaris* subsp. *cycla* 'Fordhook Giant' grown in hydroponic cultures. **International Journal of the Physical Sciences** 7(33): 5281–5287.
<https://doi.org/10.5897/IJPS12.320>
- Braglia, L., M. Lauria, K.J. Appenroth, M. Bog, D. Breviario, A. Grasso, F. Gavazzi and L. Morello. 2021. Duckweed species genotyping and interspecific hybrid discovery by tubulin-based polymorphism fingerprinting. **Frontiers in Plant Science** 12: 625670.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2021.62567>
- Chookhampaeng, S., S. Puntura and C. Chookhampaeng. 2022. Effect of light, aeration and nutrient concentration on *Wolffia* (*Wolffia globosa* (Roxb.) Hartog and Plas) growth. **Asian Journal of Plant Sciences** (21): 559–564.
<https://doi.org/10.3923/ajps.2022.559.564>
- Giel, P. and K. Bojarczuk. 2011. Effects of high concentrations of calcium salts in the substrate and its pH on the growth of selected rhododendron cultivars. **Acta Societatis Botanicorum Poloniae** 80(2): 105–114.
<https://doi.org/10.5586/asbp.2011.021>
- Gougoulis, N. 2015. Study on polyphenols content and antioxidative properties of whole grain flours from some cereal and leguminous crops. **Oxidation Communications** 38(1): 46–54.
- Hu, Z., F. Yang, Y. Zhuolin, T. Xueping, L. Jinmeng, J. Yanling, H. Kaize, L. Penghui, D. Anping, H. Yuhong and Z. Hai. 2022. Determining the nutritional value and antioxidant capacity of duckweed (*Wolffia arriza*) under protein artificial conditions. **LWT- Food Science and Technology** 153(7): 112477.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112477>

- Ivan, K. and V. Katya. 2013. *Wolffia globosa* (Roxburgh) Hartog Et Las (Lemnaceae): a new species in Bulgarian flora. **Journal of Biological and Scientific Opinion** 1(4): 356–357.
<https://doi.org/10.7897/2321-6328.01416>
- Ketkaew N. and L. Innoom. 2022. Effects of Using Combined Feeding Commercial Diet and Water Meal on Growth of Hybrid Catfish (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*). pp. 97–105. **In Academic Conference 6th National Vocational Education Technology and Innovation Conference, September 9, 2022, Miracle Grand Convention Hotel.** Bangkok: Northern Vocational Education Institute 2. [in Thai]
- Ketkaew, N. and S. Rakthai. 2021. Efficiency of *Wolffia globosa* (L.) Wimm production under light control system. **Journal of Agricultural Research and Extension** 39(3): 89–99. [in Thai]
- Landolt, E. and R. Kandeler. 1987. **Biosystematic Investigations in the Family of Duckweed (Lemnaceae). Vol. 2.** Stiftung Rübel, Zurich: Veroff. Geobot. Inst. ETH. 95 p.
- Mani, N. and S. Ngojansri and J. Pholsan. 2021. **Study on the raising of carp by using water meal as food in the earthen pond of farmers, Yasothon Province.** Retrieved from https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20220926113628_1_file.pdf [in Thai]
- Matchakeo, U., S. Phaewcham and K. Lommetta. 2015. The Use of Dried Ground Taro to Replace Soy Bean in the Formula Diet of Feeding Silver Barb and Grass Carp. pp. 125-135. **In The 9th Rampaiphanni Research Conference “Integrating Research for Sustainable Local Development”.** Chanthaburi: Rambhai Barni Rajabhat University. [in Thai]
- Moon, B. 2025. **Wastewater treatment with leaves natural innovations that are treated with nature.** Retrieved from https://wolffiaplus.com/author/admin_blurrymoon/ [in Thai]
- Munkit, J. 2018. Effects of water meal feed and stocking density on growth of tinfoil barb (*Barbonymus schwanenfeldii*). **Veridian E-Journal Science and Technology Silpakorn University** 5(1): 1–13. [in Thai]
- Panwanichdamrong, K. 2009. **Study of Factors Affecting the Growth of Wolffia eggs (Wolffia arrhiza (Linn.) Wimm.) and Mass Propagation Methods.** Master Thesis. Kasetsart University. 97 p. [in Thai]
- Phichit Freshwater Aquaculture Research and Development Center. 2021. **Cultivation of water meal in cement ponds.** Retrieved from https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20221012095559_1_file.pdf [in Thai]

- Raksaphram, S. and N. Ratchaphimon. 2018. The Effect of Replacing Fish Meal with Water Meal in the Formula for Raising Goldfish. pp. 1–5. *In National Academic Conference “Walailak Research” 10th time.* Nakhon Si Thammarat: Walailak University. [in Thai]
- Rodroil, A., S. Nukwan S. Tiranarat and M. Aiumsub. 2009. **Species and Distribution of Aquatic Plants in the East of Thailand.** Bangkok: Institute of Aquatic Plants and Ornamental Fish Research, Department of Fisheries. 290 p. [in Thai]
- Rodroil, A., S. Nukwan and U. Saijan. 2012. **Species and Distribution of Aquatic Plants in the Upper-Northeast of Thailand.** Bangkok: Institute of Aquatic Plants and Ornamental Fish Research, Department of fisheries. 316 p.
- Rowchai, S. and S. Somboon. 2007. Study on factors effecting growth of wolffia (*Wolffia arrhiza* (L.) (Wimm.). **Fisheries Journal** 60(5): 405–413. [in Thai]
- Ruekaewma, N., S. Piyatiratitivorakul and S. Powtongsook. 2015. Culture system for *Wolffia globosa* L. (Lemnaceae) for hygiene human food. **Songklanakarin Sci. Technol** 37(5): 575–580. [in Thai]
- Sanwila, S. 1999. **Growth and Amount of Proline of Water Meal (*Wolffia arrhiza* (Linn.) Wimm.) Cultivated with Different Food Formulas and Light Intensity Levels in Outdoor Conditions.** Master Thesis. Mahasarakham University. 80 p. [in Thai]
- Sodkomkham, S. 2024. **Fish sandwiches, natural food, easy to make, not much investment, helps save on fish food costs.** Retrieved from https://www.khaosod.co.th/technologychaoban/techno-news/article_270812 [in Thai]
- Somboon, S. 2015. Cultivation and Utilization of Water Meal (*Wolffia arrhiza* (L.) Wimm.). **Kasetsart News** 60(2): 61–72. [in Thai]
- Spring Green Evolution Co., Ltd. 2023. **Benefits of rice straw and processing to increase agricultural value.** Retrieved from <https://www.sgethai.com>
- Suphanburi Provincial Agriculture Office. 2025. **Rice straw...an important resource that Thai farmers should not overlook. ** Retrieved from <https://suphanburi.doae.go.th/?p=880> [in Thai]
- Tan, S.P., S.E. Parks, C.E. Stathopoulos and P.D. Roach. 2014. Greenhouse-grown bitter melon: production and quality characteristics. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 94(9): 1896–1903. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6509>

Terra-Gro Fertilizer Co., Ltd. 2023. **Farmer's guide**. Retrieved from <https://puimongkut.com/en/site/farmerguide>

Xu, J., H. Zhao, A. Stomp and J.J. Cheng. 2012. The production of duckweed as a source of biofuels the production of duckweed as a source of biofuels. **Biofuels** 3: 589–601.
<https://doi.org/10.4155/bfs.12.31>

Zhubin, H., Y. Fang, Z. Yi, X. Tian, J. Li, Y. Jin, K. He, P. Liu, A. Du, Y. Huang and H. Zhao. 2022. Determining the nutritional value and antioxidant capacity of duckweed (*Wolffia arrhiza*) under artificial conditions. **LWT-Food Science and Technology** 153(2022): 112477.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112477>