การเพาะเลี้ยงแหนเป็ดด้วยน้ำหมักขยะอินทรีย์ครัวเรือน

Duckweed culture by fermented oganic kitchen waste

อัจกลับ นนทโส[1], เพ็ญพรรณ ศรีสกุลเตียว[1*], สมสมร แก้ว บริสุทธิ์[1] และ กมล เลิศรัตน์[2]

Adjakab Nontaso[1], Penpun Srisakultiew[1*], Somsamorn Kawborisut[1] and Kamol Lertrat[2]

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะหาวิธีการเพาะเลี้ยงแหนเป็ดโดยใช้น้ำหมักขยะอินทรีย์จากครัวเรือน (น้ำหมักขยะฯ) ประกอบด้วย 3 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1: การเพาะเลี้ยงแหนเป็ดด้วยน้ำหมักขยะฯที่ความเข้มข้นสูง คือ 0, 250 และ 500 กรัม/กระบะ 200 ลิตร ใส่แหนเป็ดเริ่มต้น 400 กรัม นาน 6 วัน พบว่าการใช้น้ำหมักขยะครัวเรือนที่ระดับ 500 กรัม/กระบะ มีผลทำให้แหนเป็ดตายในวันที่ 3 ของการเลี้ยง ส่วนน้ำหมักขยะฯที่ความเข้มข้น 250 กรัม/กระบะ มีผลผลิตแหนเป็ดกระบะละ 807±82 กรัมสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่มีผลผลิตแหนเป็ดกระบะละ 601±155 กรัม การทดลองที่ 2: การใช้น้ำหมักขยะครัวเรือนความเข้มข้นต่ำที่ระดับ 0, 100 และ 200 กรัม/กระบะ 200 ลิตร ใส่แหนเป็ดเริ่มต้นกระบะละ 400 กรัมนาน 6 วัน มีผลผลิตแหนเป็ดรวมกระบะละ 585±78, 772±84 และ 605±42 กรัม ตามลำดับ น้ำหมักขยะฯที่ระดับ 100 กรัม/กระบะ ให้ผลผลิตแหนเป็ดสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับ 0 และ 200 กรัม/กระบะ ดังนั้น น้ำหมักขยะครัวเรือนที่ระดับ 100 กรัม/กระบะ จึงเป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมและนำมาใช้ในการทดลองที่ 3: โดยทำการเปรียบเทียบวิธีการเก็บผลผลิต 2 รูปแบบ คือ รูปแบบที่ 1: เก็บผลผลิตแหนเป็ด 1/4 ของพื้นที่ผิวน้ำ ทุก 3 วัน และรูปแบบที่ 2: เก็บผลผลิต 1/6 ของพื้นที่ผิวน้ำ ทุกวัน ทำการทดลองนาน 18 วัน พบว่า การเก็บผลผลิตรูปแบบที่ 2 มีผลผลิตแหนเป็ดรวม 2,110±23 กรัม สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เทียบกับการเก็บผลผลิตรูปแบบที่ 1 ที่มีผลผลิตรวม กระบะละ 1,920±64 กรัม

คำสำคัญ: แหนเป็ดเล็ก, พืชลอยน้ำ, ขยะอินทรีย์, เศษอาหาร

ABSTRACT: The experiment aimed to find out method to grow duckweed using fermented kitchen waste (FKW). They were 3 experiments including: 1) growing duckweed in high FKW concentrations at 0, 250 and 500g/container (200L) added 400g initial duckweed for 6 days. The duckweed fed by 500g FKW/container died in Day 3. While the 250g FKW/container found production at 807±82g/container which was significantly higher than that of the control (601±155g/container). Experiment 2: growing duckweed in low FKW concentrations at 0, 100 and 200g FKW/container (200L) added 400g initial duckweed for 6 days. The duckweed productions were 585±78, 772±84 and 605±42g, respectively. The 100g FKW/container produced significantly higher production than those of the 0 and 200g FKW/container. Thus, the 100g FKW/container every 6 days was the suitable concentration and used in Experiment 3. Comparing 2 harvesting models: model 1 was ¼ water surface harvesting every 3 day and model 2 was 1/6 water surface harvesting everyday for 18 days. The model 2 found total duckweed production at 2,110±23g/container which was significantly ($P<0.05$) higher than that of model 1 (1,920±64g/container).

Keywords: duckweed, floating plant, organic waste, waste food

[1] ภาควิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University

[2] สาขาวิชาพืชสวน ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
Department of Plant Science and Agricultural Resource, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University 40002

* Corresponding author: penpunsri@gmail.com

บทนำ

แหน (duckweed) เป็นกลุ่มพรรณไม้ลอยน้ำขนาดเล็ก ชอบขึ้นตามหนองน้ำทั่วไป มีส่วนใบลอยอยู่ที่ระดับผิวน้ำ ส่วนรากจมอยู่ใต้น้ำ มี 3 สกุล คือ สกุลแหนเป็ดใหญ่ (*Spirodella*) สกุลแหนเป็ด (*Lemna*) และสกุลไข่น้ำ (*Wolffia*) นิยมนำมาใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ (กองประมงน้ำจืด, 2538) เพราะมีองค์ประกอบของโปรตีนค่อนข้างสูง เช่น แหนเป็ดเล็กชนิด (*Lemna minor*) มีโปรตีนร้อยละ 18.38 (Yilmaz et al., 2004) ถึง35.54 (Akter et al., 2011)ของน้ำหนักแห้ง ขณะที่แหนเป็ดชนิด *L. perpusilla* มีโปรตีนร้อยละ 25.3-29.3 (Hassan and Edwards, 1992) นอกจากนี้ แหนเป็ดยังมีกรดอะมิโนที่จำเป็นคล้ายกับกรด อะมิโนที่จำเป็นจากสัตว์ โดยพบกรดอะมิโนที่จำเป็นถึง 8 ชนิดที่ประกอบด้วย lysine มากที่สุด รองลงมาคือ leucine, valine, phenylalanine, isoleucine, threonine, histidine และ methionine นอกจากนี้ ยังพบกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นอีก 6 ชนิดประกอบด้วย glutamic acid, aspartic acid, alanine, serine, glycine และtyrosine ทำให้แหนเป็ดถูกใช้เป็นแหล่งอาหารปลาและสัตว์กระเพาะเดี่ยวได้โดยไม่ต้องแปรรูป (Yilmaz et al., 2004)นอกจากนี้ แหนเป็ดยังมีความสามารถลดสารอาหารในน้ำทิ้งจากชุมชน (ปิยะฉัตร, 2546) ลดปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำทิ้งชุมชน (Iatrou et al., 2015) จึงมีความสามารถในการบำบัดน้ำทิ้งทางการเกษตร (Zhao et al., 2014) บำบัดน้ำทิ้งโรงงานฆ่าสัตว์และโรงงานแปรรูปอาหาร (Nolan, 1998)บำบัดน้ำทิ้งจากฟาร์มปศุสัตว์ (Xu and Shen, 2011; Zhao et al., 2014 และAdhikari et al., 2015) และบำบัดน้ำทิ้งที่ปนเปื้อนยาบางชนิด (Allam et al., 2015) โดยแหนเป็ดจะดูดซับสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ เช่น แอมโมเนีย ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแร่ธาตุอื่นได้ดี

กรมควบคุมมลพิษ (2553) รายงานว่าประเทศไทยมีปริมาณขยะมูลฝอยรวมวันละ 41,532 ตัน ร้อยละ 64 ของขยะมูลฝอยเป็นขยะอินทรีย์ที่เกิดจากการใช้งานของมนุษย์ในชุมชน ภาคอุตสาหกรรม และภาคการเกษตร (ส่วนลดและใช้ประโยชน์ของเสีย, 2558) ขยะอินทรีย์เหล่านี้เป็นขยะย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ขยะครัวเรือนจัดอยู่ในกลุ่มขยะย่อยสลายที่เกิดจากการบริโภคของมนุษย์ภายในชุมชน เป็นขยะอินทรีย์ที่ประกอบด้วย เศษอาหารและเศษผลไม้ที่เหลือจากการรับประทาน มีลักษณะเน่าเสียง่ายและส่งกลิ่นเน่าเหม็น เป็นแหล่งอาหารของสุนัข หนู แมลงสาบ และเชื้อโรคต่างๆ กรมควบคุมมลพิษ (2552) กล่าวว่า สำนักปฐมอโศก จ. นครปฐม เป็นหน่วยงานแรกที่แก้ปัญหาขยะอินทรีย์ โดยนำมาแปรสภาพเป็น “ขยะหอม” ที่ดัดแปลงวิธีการทำปุ๋ยหมักทั่วไปให้ย่อยสลายเร็วขึ้น ด้วยกลุ่มแบคทีเรียกึ่งไร้อากาศ (semi anaerobic bacteria) ที่จะปล่อยออกซิเจนออกมาทำให้ไม่เกิดกลิ่นเหม็น ขยะหอมจึงเป็นปุ๋ยอินทรีย์มีประโยชน์ในการบำรุงดินและการปลูกพืช ต่อมาถ่ายทอดองค์ความรู้ให้แก่กรุงเทพมหานครใน ปี พ.ศ. 2542 โดยเริ่มทำเป็นโครงการนำร่องร่วมกับสถาบันการศึกษาและชุมชนในเขตกรุงเทพมหานครเป็นโครงการที่ประสบผลสำเร็จมาก สามารถเปลี่ยนขยะอินทรีย์เป็นปุ๋ยขยะหอมหรือน้ำหมักขยะอินทรีย์ครัวเรือน สำหรับปลูกพืชตามเรือกสวนไร่นา หรือใช้ไส้เดือนช่วยการย่อยสลายขยะอินทรีย์เหล่านี้ให้กลายเป็นปุ๋ยได้เช่นกัน (เจริญธรรม และคณะ, 2554) อย่างไรก็ดี การใช้น้ำหมักขยะอินทรีย์ครัวเรือนยังจำกัดในวงแคบ เพราะมีข้อมูลการใช้ค่อนข้างน้อย และขาดรายละเอียดเชิงวิชาการอีกหลายประการ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะใช้น้ำหมักขยะอินทรีย์ครัวเรือน (น้ำหมักขยะฯ) มาทดลองเพาะเลี้ยงแหนเป็ด โดยทำการศึกษาปริมาณการใช้ ระยะเวลา ผลผลิต และคุณภาพน้ำเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

วิธีการศึกษา

1) เก็บรวบรวมแหนเป็ด (*Lemna perpusilla*) จากธรรมชาติ นำมาขยายพันธุ์ให้เพิ่มจำนวนก่อนเริ่มการทดลอง โดยใช้อิฐประสานวางเป็นกรอบสี่เหลี่ยม

ขนาด 0.5x5x0.2 เมตร จำนวน 2 บ่อ ปูด้วยแผ่นพลาสติกพีอีสีดำเพื่อการเก็บกักน้ำบรรจุน้ำสูง 10 เซนติเมตร เติมมูลวัวแห้งบ่อละ 1 กิโลกรัม นำแหนเป็ดที่เก็บรวบรวมได้ มาปล่อยเลี้ยงให้ขยายพันธุ์เพิ่มจำนวนให้ได้ผลผลิตเริ่มต้นประมาณ 4 กิโลกรัม จึงเริ่มการทดลอง

2) การเตรียมน้ำหมักขยะครัวเรือน เก็บรวบรวมขยะครัวเรือนที่เป็นเศษอาหาร เศษผัก และเศษผลไม้รวม 3 กิโลกรัม นำมาหมักด้วยกากน้ำตาล 1 กิโลกรัม ใส่ EM (คิวเซ) 100 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน ปิดฝา วางถังไว้ในที่เย็นไม่โดนแดด ทยอยเติมเศษอาหารลงในถังเรื่อยๆ จนเศษอาหารเต็มถังขนาด 100 ลิตร ระหว่างการหมัก ถ้ามีกลิ่นเหม็นให้เติมกากน้ำตาลครั้งละประมาณ 1 กิโลกรัม คนให้เข้ากัน เมื่อเศษขยะครัวเรือนเต็มถังแล้ว ทำการหมักต่ออีกอย่างน้อย 7 วัน จึงนำไปบดด้วยเครื่องบดหมู เรียกว่าน้ำหมักขยะอินทรีย์ครัวเรือน เก็บใส่ถังปิดฝาไว้ใช้ตลอดการทดลอง ศึกษาปริมาณธาตุอาหารพืชหลักในน้ำหมักขยะฯ โดยสุ่มตัวอย่างน้ำหมักขยะฯที่เตรียมไว้ นำไปวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Kjelhdal Method ตามวิธีของ AOAC (1990) วิเคราะห์ฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง spectrophotometer ส่วนโปแตสเซียมวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Atomic Absorption spectroscopy (AA) ยี่ห้อ Analytikjena รุ่น novAA350

3) การเตรียมกระบะทดลองเพาะเลี้ยงแหนเป็ด ใช้โครงเหล็กขนาด 1x1.0-1.3 x 0.3 เมตร ที่ปิดด้วยไม้อัดเทียม ก่อนใช้แผ่นพลาสติกพีอีปูเพื่อเก็บกักน้ำให้ได้พื้นที่ 1 ตารางเมตร เท่ากันทุกกระบะ จำนวน 9 กระบะ แต่ละกระบะบรรจุน้ำเท่ากัน คือ 200 ลิตร

4) การทดลองที่ 1 ชั่งน้ำหมักขยะฯ สุ่มเติมลงในกระบะทดลองที่เตรียมไว้ที่ระดับ 0, 250 และ 500 กรัม ระดับละ 3 กระบะ (3 ซ้ำ) นำแหนเป็ดที่เตรียมไว้ใส่กระบะละ 400 กรัม เท่ากัน ติดตามผลโดยสังเกตดูการเจริญเติบโตของแหนเป็ด จนกระทั่งแหนเป็ดเต็มพื้นที่ผิวน้ำในกระบะ บันทึกระยะเวลาและผลผลิตแหนเป็ดที่ได้ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างผลผลิตด้วยDuncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

5) เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการสุ่มตัวอย่างน้ำในกระบะเลี้ยงแหนเป็ด นำไปวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิน้ำ ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO), อัลคาไลนิตี (alkalinity), แอมโมเนียมรวม (total ammonium nitrogen; TAN), ไนไตร์ท (NO_2^-) และไนเตรท (NO_3^-) สรุปคุณภาพน้ำในกระบะเพาะเลี้ยงแหนเป็ด

6) การทดลองที่ 2 ชั่งน้ำหมักขยะฯ สุ่มเติมลงในกระบะทดลองที่เตรียมไว้ที่ระดับ 0, 100 และ 200 กรัม/กระบะ ระดับละ 3 กระบะ (3 ซ้ำ) ใส่แหนเป็ดเริ่มต้นกระบะละ 400 กรัม ติดตามผลและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในกระบะแหนเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (6 วัน) และวิเคราะห์ข้อมูลเหมือนการทดลองที่ 1

7) การทดลองที่ 3 การเพาะเลี้ยงแหนเป็ดที่เก็บผลผลิตแบบต่อเนื่อง โดยเลือกระดับการใส่น้ำหมักขยะฯที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 หรือ 2 มาทำการเพาะเลี้ยงแหนเป็ดที่มีการใส่แหนเป็ดเริ่มต้นกระบะละ 400 กรัม เมื่อพบว่าแหนเป็ดเจริญเติบโตจนเต็มพื้นที่ผิวน้ำใช้เวลา 6 วัน จึงทยอยเก็บแหนเป็ดอย่างต่อเนื่อง 2 แบบ ดังนี้

แบบที่ 1: เก็บผลผลิตแหนเป็ดครั้งละ 1/4 (25%) ของพื้นที่ผิวน้ำ ทุก 3 วัน

แบบที่ 2: เก็บผลผลิตแหนเป็ดครั้งละ 1/6 (16.5%) ของพื้นที่ผิวน้ำทุกวัน

มีการเติมน้ำหมักขยะครัวเรือนทุก 6 วัน ทำการเลี้ยงแหนเป็ดและเก็บผลผลิตทั้ง 2 แบบอย่างต่อเนื่องนาน 18 วัน ทำการเก็บผลผลิตแหนเป็ดทั้งหมดวิเคราะห์เปรียบเทียบผลผลิตที่ได้ด้วย t-test

ผลการศึกษาและวิจารณ์

น้ำหมักขยะฯในการทดลองนี้ มีสภาพเป็นสารละลายข้นๆ สีน้ำตาล ความชื้นสูงถึงร้อยละ 80.77 เมื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารพืชในน้ำหมักขยะครัวเรือนนี้ พบว่า มีค่าไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโปแตสเซียมร้อยละ 2.44, 0.098 และ 1.711 ตามลำดับ (**Table 1**)

Table 1 Chemical composition of fermented kitchen waste used in the present study

parameters	amount
moisture (%)	80.77±1.25
nitrogen (N; %)	2.440±0.02
phosphorus (P; %)	0.098±0.01
potassium (K; %)	1.711±0.02

การทดลองใช้น้ำหมักขยะฯที่ความเข้มข้นสูง (การทดลองที่ 1) และต่ำ (การทดลองที่ 2) พบว่าแหนเป็ดสามารถเจริญและมีผลผลิตสูงสุดภายใน 6 วัน การใช้น้ำหมักขยะฯที่ความเข้มข้นสูงมาก คือ 500 กรัม/กระบะ พบว่าแหนเป็ดตายทั้งหมด ขณะที่การใช้น้ำหมักขยะฯที่ 250 กรัม/กระบะ พบผลผลิตแหนเป็ดรวม 807± 155 กรัม มีผลผลิตน้ำหนักเพิ่มเป็น 407± 82 กรัม ส่วนชุดควบคุมที่ไม่ได้ใส่น้ำหมักขยะฯ พบว่ามีผลผลิตต่ำกว่าคือ กระบะละ 601± 155กรัม มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นกระบะละ 201±155 กรัม (**Table 2**) การทดลองต่อมาจึงลดปริมาณการใช้น้ำหมักขยะฯ ลงเหลือ 100 และ 200 กรัม/กระบะ พบว่าแหนเป็ดสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตในทุกชุดการทดลอง การใช้น้ำหมักขยะฯที่ 100 กรัม/กระบะ มีน้ำหนักสุดท้ายมากที่สุดคือ 772±84 กรัม และมีน้ำหนักเพิ่ม 372±84 กรัม/กระบะ สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับการใช้น้ำหมักขยะฯที่ระดับ 200 และ 0 (ชุดควบคุม) ที่มีน้ำหนักสุดท้าย 605±42 และ 585±78 กรัม/กระบะ และน้ำหนักเพิ่ม 205±42 และ 185±78 กรัม/กระบะ ตามลำดับ (**Table 3**)

Table 2 Production of duckweed fed by fermented kitchen waste at high concentration (Experiment 1) in PE lining containers (200L) for 6 days

Fermented kitchen waste (g/container)	Duckweed fresh weight (g/container)		
	initial	final	gain
0	400	601±155[b]	201±155[b]
250	400	807±82[a]	407±82[a]
500	400	0	0

Remark: different alphabets in the same column means significantly different at $P<0.05$

Table 3 Production of duckweed fed by fermented kitchen waste at low concentration (Experiment 2) in PE lining container (200L) for 6 days

Fermented kitchen waste (g/container)	Duckweed fresh weight (g/container)		
	initial	final	gain
0	400	585±78[b]	185±78[b]
100	400	772±84[a]	372±84[a]
200	400	605±42[b]	204±42[b]

Remark: different alphabets in the same column means significantly different at $P< 0.05$

คุณภาพน้ำเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 1 การเพาะเลี้ยงแหนเป็ดด้วยน้ำหมักขยะฯ ที่ความเข้มข้นสูง (0, 250 และ 500 กรัม/กระบะ) พบว่า เมื่อเริ่มทำการทดลอง การใส่น้ำหมักขยะฯ ในระดับสูง (500 กรัม/กระบะ) นาน 6 วัน พบว่ามีค่า DO ในน้ำเป็น 0 มิลลิกรัม/ลิตร ขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่น้ำหมักขยะฯ ที่ระดับ 0 และ 250 กรัม/กระบะ พบว่ามีค่า DO ในน้ำใกล้เคียงกันที่ระดับ 1.27 มิลลิกรัม/ลิตร (**Table 4**) ใกล้เคียงกับการทดลองที่ 2 ที่การใส่น้ำหมักขยะฯทุกระดับ พบค่า DO ในน้ำอยู่ในช่วง 1.23-1.40 มิลลิกรัม/ลิตร (**Table 5**) ส่วนค่า total ammonium nitrogen (TAN) ในการทดลองที่ 1 และ 2 พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.13-0.68 และ 0.15-0.33 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ การใส่น้ำหมักขยะฯ ที่ระดับสูงส่งผลให้น้ำเลี้ยงแหนเป็ดนาน 6 วัน มีค่า TAN ที่ระดับสูงกว่าการใส่น้ำหมักขยะฯ ในระดับต่ำ การใส่น้ำหมักขยะฯที่ระดับสูงสุด 500 กรัม/กระบะ เมื่อสิ้นสุดการเลี้ยงแหนเป็ดนาน 6 วัน พบว่ามีค่า TAN และไนเตรทเหลืออยู่ 0.68 และ 11.27 มิลลิกรัม/ลิตร (**Table 4**) เป็นระดับที่สูงเกินมาตรฐานน้ำผิวดินประเภท 2 (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537) ขณะที่การใส่น้ำหมักขยะฯที่ระดับต่ำ (100 และ 200 กรัม/กระบะ) ในการทดลองที่ 2 พบว่า เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่า TAN เหลืออยู่เป็น 0.15 และ 0.33 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าไนเตรทเป็น 4.23 และ 8.24 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (**Table 5**) การใส่น้ำหมักขยะฯที่ระดับ 200 กรัม/กระบะ แม้จะมีปริมาณ TAN ที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 2 แต่ปริมาณไนเตรท (8.24 มิลลิกรัม/ลิตร) ที่พบนั้น สูงเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 2 คือ ต้องต่ำกว่า 5 มิลลิกรัม/ลิตร (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537) การใช้น้ำหมักขยะฯที่ระดับ 100 กรัม/กระบะ จึงเป็นระดับที่เหมาะสม เพราะให้ผลผลิตแหนเป็ดสูงสุด (**Table 3**) และเมื่อสิ้นสุดระยะการเลี้ยง 6 วัน น้ำในกระบะมีปริมาณ TAN และไนเตรทอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 2 (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537) ยกเว้นปริมาณ DO ในน้ำที่พบว่ามีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 2 อย่างไรก็ดี ค่า DO ในน้ำนี้ สามารถยกระดับให้สูงขึ้นได้ง่าย ด้วยการเป่าลมผ่านหัวทรายลงในน้ำ หรือสูบน้ำพ่นให้น้ำสัมผัสอากาศเป็นน้ำพุ จะมีผลทำให้ DO ในน้ำเพิ่มขึ้น ใกล้เคียงหรือเข้าเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 2 โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการอนุรักษ์สัตว์น้ำ การประมง ว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

Table 4 Water quality in duckweed containers cultured by fermented kitchen waste at high concentration at the end of Experiment 1

Parameters	Fermented kitchen waste (g/200L)		
	0	250	500
Temperature (°C)	30.5±0.5	30.4±0.3	31.6±0.4
pH	6.8±0.3	6.7±0.36	6.8±0.35
Alkalinity (mg/L)	28.67±6.11	26.00±2.00	30.67±2.31
Dissolved oxygen:DO (mg/L)	1.27±0.12	1.27±0.31	0
Total ammonium nitrogen:TAN (mg/L)	0.37±0.25	0.13±0.03	0.68±0.42
Nitrite (mg/L)	0.04±0.02	0.005±0.001	0.053±0.018
Nitrate (mg/L)	8.67±4.83	3.87±1.22	11.27±5.64

Table 5 Water quality in duckweed containers cultured by fermented kitchen waste at low concentration at the end of Experiment 2

Parameters	Fermented kitchen waste (g/200L)		
	0	100	200
Temperature(°C)	32.87±0.15	32.6±0.1	33.3±0.1
pH	6.87±0.21	7.0±0.10	6.47±0.15
Alkalinity (mg/L)	24.00±2	25.67±0.58	27.67±2.08
Dissolved oxygen:DO (mg/L)	1.27±0.12	1.40±0.10	1.23±0.06
Total ammonium nitrogen:TAN (mg/L)	0.28±0.03	0.15±0.02	0.33±0.05
Nitrite (mg/L)	0.02±0.004	0.008±0.008	0.012±0.007
Nitrate (mg/L)	6.81±2.99	4.23±4.10	8.24±4.68

ดังนั้น การใช้น้ำหมักขยะฯ ที่ระดับ 100 กรัม/กระบะ จึงถูกนำมาใช้ในการทดลองที่ 3 เพื่อหารูปแบบการเก็บผลผลิตแหนเป็ดแบบต่อเนื่อง 2 รูปแบบ พบว่าการเก็บผลผลิตรูปแบบที่ 2 คือ เก็บแหนเป็ดวันละ 1/6 หรือร้อยละ 16.7 ของพื้นที่ นาน 18 วัน ทำให้แหนเป็ดมีผลผลิตรวมสูงสุด คือ 2,110±22.68 กรัม สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเทียบกับรูปแบบที่ 1 (เก็บผลผลิต 1/4 หรือร้อยละ 25 ของพื้นที่ทุก 3 วัน) ที่มีผลผลิตรวม 1,920±63.52 กรัม (**Table 6**) แสดงว่าการเพาะเลี้ยงแหนเป็ดสามารถทำการเก็บผลผลิตที่ละน้อย คือ ร้อยละ 16.7 หรือ 1/6 ของพื้นที่ ทุกวัน รูปแบบการเก็บผลผลิตนี้ ทำให้แหนเป็ดมีผลผลิตสูงสุด ผลผลิตแหนเป็ดนี้ถูกรวบรวมและนำมาวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนพบว่า แหนเป็ดที่เพาะเลี้ยงได้มีปริมาณโปรตีนที่สูงขึ้นอยู่ในช่วงร้อยละ 27.78-29.12 โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 28.55±0.50 ใกล้เคียงกับHassan and Edwards (1992) ที่รายงานโปรตีนในแหนเป็ดชนิด*Lemna perpusilla* และ *Spirodela polyrrhiza* อยู่ในช่วงร้อยละ 25.3 -29.3 และ 21-28 ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

Table 6 Total duckweed production cultured by fermented kitchen waste 100g/200L/6 days added 400g initial duckweed and harvested by 2 models for 18 days

Harvesting models	Average weight (g) at each harvest	Total production (g/container)
Model1:harvest 1/3 of surface area every 3 days	276±72.13	1,920±63.52[b]
Model2:harvest 1/6 of surface area everyday	106.81±6.76	2,110±22.68[a]

Remark: different alphabets in the same column means significantly different at P< 0.05

น้ำหมักขยะฯ เป็นสิ่งเหลือใช้หรือของเสียจากการบริโภคมนุษย์ทุกคน เป็นของเสียอินทรีย์เน่าเสียง่าย ถ้าปล่อยทิ้งไว้โดยลำพังจะส่งกลิ่นเหม็น กลายเป็นแหล่งแพร่เชื้อโรค การหมักขยะครัวเรือนด้วยกากน้ำตาลและจุลินทรีย์ เป็นการเก็บรักษาสารอาหารในขยะครัวเรือนไม่ให้เน่าเสียโดยเปล่าประโยชน์ ดัง **Table 1** ที่แสดงถึงปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียมร้อยละ 2.44, 0.098 และ 1.711 ตาม

ลำดับ การนำน้ำหมักขยะฯ 100 กรัม/กระบะ เลี้ยงแหนเป็ดนาน 6 วัน พบว่าได้แหนเป็ดที่มีโปรตีนร้อยละ 27-29 ของน้ำหนักแห้ง สามารถนำไปเลี้ยงไก่ไข่ (Akter et al., 2011) ปลานิล (Hassan and Edwards, 1992) และปลาไน (Yilmaz et al., 2004) ได้ น่าจะทำให้ต้นทุนค่าอาหารในการเลี้ยงสัตว์ลดลงได้เป็นอย่างดี การเพาะเลี้ยงแหนเป็ดด้วยน้ำหมักขยะฯ จึงเป็นการใช้ทรัพยากรที่ดูไร้ค่าและเป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม ให้กลายเป็นแหนเป็ด ที่สามารถนำไปเลี้ยงสัตว์ชนิดอื่นต่อไป อาจจะช่วยลดต้นทุนค่าอาหารลงได้ไม่มากก็น้อย น้ำที่ผ่านการเลี้ยงแหนเป็ด 6 วัน มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์น้ำผิวดินประเภทที่ 2 (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537) โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการอนุรักษ์สัตว์น้ำ การประมง การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำอื่นๆ จึงสามารถปล่อยทิ้งสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศของแหล่งน้ำ

สรุป

แหนเป็ดสามารถเพาะเลี้ยงด้วยน้ำหมักขยะฯ ที่ต้องทำการหมักขยะอินทรีย์ครัวเรือนนาน 7 วัน และใช้ที่ความเข้มข้น 100 กรัม/น้ำ 200 ลิตรทุก 6 วัน ใส่แหนเป็ดเริ่มต้น 400 กรัม แหนเป็ดจะเจริญเต็มกระบะภายใน 6 วัน สามารถทยอยเก็บผลผลิตวันละ 1/6 ของพื้นผิวน้ำ ทุกวัน ได้ผลผลิตแหนเป็ดรวม 2,110±22.68 กรัม/กระบะ มีโปรตีนร้อยละ 28.55±0.05 น้ำที่ผ่านการเลี้ยงแหนเป็ดแล้ว สามารถทิ้งได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

เอกสารอ้างอิง

กองประมงน้ำจืด. 2538. พรรณไม้น้ำในประเทศไทย. กองประมงน้ำจืด กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 154 หน้า.

กรมควบคุมมลพิษ. 2552. “ขยะหอม” ปุ๋ยชั้นดีจากขยะในครัวท่าน: กรณีความสำเร็จในการจัดการมลพิษของประเทศไทย. กรมควบคุมมลพิษ. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. แหล่งข้อมูล: https://goo.gl/bFgTEH. ค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2559.

กรมควบคุมมลพิษ. 2553. ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนที่เกิดขึ้นในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2548-2553. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. แหล่งข้อมูล: https://goo.gl/rA32ed. ค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2559.

คณะกรรมการส่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2537. กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน. ราชกิจจานุเบกษา. เล่มที่ 111 ตอนที่ 16 ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537.

เจริญธรรม สะอาดเอี่ยม, ประชุมพร เลาห์ประเสริฐ และทัศนาวลัย อุฑารสกุล. 2554. ประสิทธิภาพของไส้เดือน *Pheretima peguana*และ *Eudrilus eugeniae* ในการย่อยสลายมูลฝอยอินทรีย์. แก่นเกษตร. 39(ฉบับพิเศษ): 142-148.

ปิยะฉัตร เยี่ยมฉวี. 2546. การใช้แหนเป็ดเล็ก (*Lemna perpusilla* Tor) ช่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งชุมชนที่ผ่านระบบน้ำเสียขั้นที่สอง. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. (บทคัดย่อ).

ส่วนลดและใช้ประโยชน์ของเสีย. 2558. คู่มือประชาชน: การคัดแยกขยะมูลฝอยอย่างถูกวิธีและเพิ่มมูลค่า. สำนักงานจัดการกากของเสียและสารอันตราย, กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 84 หน้า.

Adhikari, U., T. Harrigan, and D.M. Reinhold. 2015. Use of duckweed-based constructed wetlands for nutrient recovery and pollutant reduction from dairy wastewater. Ecological Engineering. 78: 6-14.

Akter, M., S. D. Chowdhury, Y. Akter, and M. A. Khatun. 2011. Effect of duckweed (*Lemna minor*) meal in the diet of laying hen and their performance. Bangladesh Res. Pub Journal. 5(3): 252-261.

Allam, A., A. Tawfik, A. Negm, C. Yoshimura, and A. Fleifle. 2015. Treatmemt of drainage water containing pharmaceuticals using duckweed (*Lemna gibba*). Energy Procedia. 74: 973-980.

AOAC (Association of Official Analysis Chemists). 1990. Official methods of Analysis of AOAC. Association of Official Analysis Communities. International, Washington, D.C.

Hassan, M.S., and P. Edwards. 1992. Evaluation of duckweed (*Lemna perpusilla* and *Spirodela polyrrhiza*) as feed for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture. 104: 315-326.

Iatrou, E.I., A.S. Stasinakis, and M. Aloupi. 2015. Cultivating duckweed *Lemna minor* in urine and treated domestic wastewater for simultaneous biomass production and removal of nutrients and antimicrobials. Ecological Engineering. 84: 632-639.

Nolan, J. V. 1998. Duckweed A potential high protein feed source for domestic animals and fish. A Report for the Rural Industries Research and Development Corporation. Bio-Tech Waste Management Pty Ltd. RIRDC Publication No. 98/148.

Xu, J., and G. Shen. 2011. Growing duckweed in swine wastewater for nutrient recovery and biomass production. Bioresource Technology. 102: 848-853.

Yilmaz, E., I. Akyurt, and G. Gunal. 2004. Use of Duckweed, *Lemna minor*, as a Protein Feedstuff in Practical Diets for Common Carp, *Cyprinus carpio*, Fry. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 4: 105-109.

Zhao, Z., H. Shi, Y. Liu, H. Zhao, H. Su, M. Wang, and Y. Zhao. 2014. The influence of duckweed species diversity on biomass productivity and nutrient removal efficiency in swine wastewater. Bioresource Technology. 167: 383-389.