
การบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกรและคุณค่าทางโภชนะของจอก (*Pistia stratiotes* L.) Wastewater Treatment from Swine Farm and Nutritive Values of Water Lettuce (*Pistia stratiotes* L.)

Thongphanh Lartdavong¹ ฐปน ชื่นบาล² วันทมาศ จันทะสินธุ์³และศิริภรณ์ ชื่นบาล^{4*}

^{1,2,4*} สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

³ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้

¹E-mail: thongphan6887@gmail.com, ^{4*}E-mail: siraporn@mju.ac.th

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของจอก (*Pistia stratiotes* L.) สำหรับการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรและคุณค่าทางโภชนะเพื่อพัฒนาเป็นอาหารสัตว์ โดยจอกถูกเลี้ยงจำนวนทั้งสิ้น 3 ซ้ำ ในน้ำเสียจากฟาร์มสุกรที่ระดับความเจือจางความเข้มข้นของน้ำเสียที่ 0 5 10 และ 15% จากการทดลองเป็นเวลา 14 วัน จอกมีประสิทธิภาพการบำบัดสูงที่สุดที่ระดับความเจือจางความเข้มข้นของน้ำเสียที่ 5% โดยบำบัด COD BOD และ SS ได้ 88.9, 94.70 และ 85.64% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามที่ระดับความเจือจางความเข้มข้นของน้ำเสียที่ 10% มีประสิทธิภาพในการบำบัด TKN ได้ 77.70% เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าจอกเจริญเติบโตได้ดีที่สุดที่ระดับความเจือจางความเข้มข้นของน้ำเสียที่ 5% โดยมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น 261 g/m² และ 11.46 g/m² ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเปอร์เซ็นต์โภชนะของจอกมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติมน้ำเสียจากฟาร์มสุกร

คำสำคัญ: ฟาร์มสุกร การบำบัดน้ำเสีย จอก โภชนะ

Abstract

The objectives of this research were to study the efficiency of the water lettuce (*Pistia stratiotes* L.) for swine wastewater treatment and nutritive values for animal supplement. The water lettuce was cultivated with 3 replications at 0, 5, 10 and 15% of swine wastewater dilution concentrations. From 14 days of experiment, the highest removal efficiency was measured at 5%

* Corresponding author, e-mail: siraporn@mju.ac.th

dilution concentration as COD, BOD and SS values of 88.9, 94.70 and 85.64% removal, respectively. However, at 10% dilution the highest removal efficiency for TKN was measured at 77.70 % removal. At the end of experiment, the water lettuce showed the maximum growth at 5 % dilution concentration with wet weight and dry weight increasing by 261 g/m² and 11.46 g/m², respectively. The results showed that the percentage of the nutrient concentrations of the water lettuce were increased when added swine wastewater.

Keywords: Swine farm, Wastewater treatment, Water lettuce, Nutrition

1. ที่มาและความสำคัญ

การเลี้ยงสุกรในปัจจุบันได้ขยายเพิ่มขึ้นตามความต้องการของตลาด โดยในปี 2563 จำนวนผู้เลี้ยงสุกรทั่วประเทศไทยมีทั้งหมด 166,591 ราย ซึ่งคิดเป็นจำนวนสุกรทั้งสิ้น 12,038,208 ตัว [1] อย่างไรก็ตามพบว่าผู้เลี้ยงสุกรบางส่วนยังไม่สามารถบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มของตนให้ได้มาตรฐานก่อนที่จะปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ จึงอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น มลพิษทางน้ำ และกลิ่น เป็นต้น โดยน้ำเสียที่เกิดจากฟาร์มสุกรเหล่านี้ส่วนใหญ่จะเกิดมาจากมูลสุกร หรือ การล้างทำความสะอาดบริเวณคอก และภายในโรงเรือนสุกร ซึ่งผู้เลี้ยงสุกรมักจะทำความสะอาดด้วยการฉีดล้างทุกวันทำให้เกิดน้ำเสียปริมาณมาก และมีความสกปรกสูง โดยเฉพาะถ้าไม่มีการเก็บกวดมูลสุกรออกก่อน น้ำเสียที่ปล่อยออกจากการเลี้ยงสุกรมีความสกปรกของ BOD ประมาณ 1,500-3,000 mg/L และ สำหรับ COD อาจสูงถึง 7,000-10,000 mg/L [2] ซึ่งเมื่อน้ำเสียเหล่านี้ถูกปล่อยออกสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติโดยไม่ผ่านการบำบัด ทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำสูง เป็นสาเหตุที่ทำให้มีปริมาณออกซิเจนลดน้อยลง และยังเป็นการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารพืชได้แก่ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดยูโทรฟิเคชัน [3] ทำให้เกิดการเน่าเสียของแหล่งน้ำได้ จึงจำเป็นต้องมีการบำบัดน้ำเสียเหล่านี้ก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะ อย่างไรก็ตามพบว่ามีเพียงฟาร์มขนาดใหญ่เท่านั้นที่มีระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพ แต่สำหรับฟาร์มขนาดเล็กหรือการเพาะเลี้ยงในครัวเรือนไม่ค่อยมีการบำบัดน้ำก่อนปล่อยทิ้ง เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น และเกษตรกรไม่ค่อยให้ความสนใจเนื่องจากคิดว่ามีความยุ่งยาก ซึ่งในความเป็นจริงแล้วปัญหานี้สามารถแก้ไขได้ด้วยวิธีทางธรรมชาติที่ไม่ยุ่งยาก ด้วยการใช้พืชลอยน้ำที่จะสามารถใช้ธาตุอาหารเหล่านี้ในการเจริญเติบโต และสามารถนำพืชเหล่านี้กลับไปใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นการใช้พืชลอยน้ำจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจสำหรับการใช้บำบัดน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร สำหรับจอก (*Pistia stratiotes* L.) นั้นถือเป็นพืชลอยน้ำชนิดหนึ่งที่สามารถบำบัดน้ำเสียได้ดี และสามารถนำผลผลิตมาใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ได้ โดยสามารถกำจัดไนโตรเจนจากน้ำทิ้งได้ 63.15% และกำจัดฟอสฟอรัสได้ 32.34% [3] สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพของจอกสำหรับการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกร และศึกษาถึงโภชนะของจอกจากการเพาะเลี้ยงในน้ำเสียจากฟาร์มสุกร เพื่อส่งเสริมและพัฒนาให้เกษตรกรนำไปใช้ในการเป็นอาหารสำหรับสัตว์ต่อไป และเป็นการลดต้นทุนในการซื้ออาหารให้กับผู้ที่เลี้ยงสัตว์ได้อีกทางหนึ่งด้วย

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของจอก (*Pistia stratiotes* L.) ในการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกร

2.2 เพื่อศึกษาคุณค่าโภชนะของจอกที่เลี้ยงในน้ำเสียฟาร์มสุกรเพื่อพัฒนาเป็นอาหารสัตว์

3. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การบำบัดน้ำเสียที่มาจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ที่มีสารอินทรีย์สูงๆ นั้นจำเป็นต้องอาศัยการทำงานร่วมกันของจุลินทรีย์ และพืชน้ำเป็นสำคัญ โดยสารอินทรีย์ส่วนใหญ่ที่ละลายน้ำจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ในสภาพที่มีออกซิเจน ผลผลิตที่ได้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ซึ่งพืชน้ำสามารถนำคาร์บอนไดออกไซด์เหล่านี้ไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง ทำให้แหล่งน้ำนั้นมีปริมาณออกซิเจนเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ค่า BOD และ COD มีค่าลดลง นอกจากนี้พืชน้ำเหล่านี้ยังสามารถนำเอาสารอาหารได้แก่ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ ช่วยให้ปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งมีค่าลดลง

การบำบัดโดยใช้พืชลอยน้ำ (floating plant) ถือเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยบำบัดน้ำทิ้งได้ดี โดยอาศัยการเจริญเติบโตของพืชน้ำ และจุลินทรีย์ ซึ่งอาศัยอยู่บริเวณรากพืช โดยพบว่าพืชลอยน้ำมีความเหมาะสมในการบำบัดน้ำทิ้งเนื่องจากมีอัตราการเจริญที่สูง ง่ายต่อการดูแลระบบ การเก็บผลผลิตไม่ยุ่งยาก [4] และผลผลิตที่ได้สามารถนำไป ใช้ประโยชน์ได้ในหลายรูปแบบ เช่น อาหารสัตว์ วัตถุดิบสำหรับพลังงานหมุนเวียน [5] และปุ๋ยชีวภาพ [6] เป็นต้น

จอกชื่อวิทยาศาสตร์ *Pistia stratiotes* L. อยู่ในวงศ์ Araceae [7] เป็นพรรณไม้ลอยน้ำ ที่นิยมปลูกในระบบบึงประดิษฐ์ชนิดหนึ่ง [8] โดยจอกสามารถพบได้ในทุกภาคของประเทศไทย เนื่องจากปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี ชอบแสงแดดจัด พบได้ตามลำคลอง หนองน้ำ นาข้าว และที่มีน้ำขัง จอกมีประสิทธิภาพในการนำมาบำบัดน้ำเสียได้ [9], [10] โดยการดูดซึมธาตุอาหารและมลสารอื่นๆ ที่ปนมากับน้ำเสียผ่านระบบรากฝอยที่มีเป็นจำนวนมากที่อยู่ใต้น้ำ ทำให้มีอัตราการเพิ่มของน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งได้ดี

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ศึกษาประสิทธิภาพของจอกในการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกร

4.1.1 นำน้ำเสียที่ยังไม่ผ่านระบบบำบัดจากฟาร์มสุกรในอำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่มากรองด้วยผ้าโอล่อนแก้ว (ผ้าขาวบางที่ละเอียด) นำน้ำที่ผ่านการกรองมาวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นดังนี้ pH และ อุณหภูมิ ด้วยเครื่อง PCSTestr 35, COD ด้วยวิธี Close Reflux Method, BOD ด้วยวิธี Azide Modification Method, SS ด้วยวิธี Gravimetric และ TKN ด้วยวิธี Kjeldahl Method [11]

4.1.2 ทำการทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ 4 ชุดการทดลอง โดยในแต่ละชุดการทดลองทำการเจือจางน้ำเสียกับน้ำประปาที่พักทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ความเข้มข้น 0% (น้ำประปา 14 L) ชุดการทดลองที่ 2 ความเข้มข้น 5% (น้ำเสีย 0.7 L : น้ำประปา 13.3 L) ชุดการทดลองที่ 3 ความเข้มข้น 10% (น้ำเสีย 1.4 L : น้ำประปา 12.6 L) ชุดการทดลองที่ 4 ความเข้มข้น 15% (น้ำเสีย 2.1 L : น้ำประปา 11.9 L)

ในแต่ละชุดการทดลองใช้อ่างพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 38 cm ปริมาณน้ำตัวอย่าง 14 L ใช้ออกเริ่มต้น 5 g ระยะเวลาในการทดลอง 14 วัน โรงเรือนที่ใช้มีการพรางแสงด้วยสแลนสีดำให้แสง 50%

4.1.3 วิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำเสียจากฟาร์มสุกรทั้งก่อน และหลังสิ้นสุดการทดลอง และวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย

4.2 ศึกษาคุณค่าโภชนะของจอกที่เลี้ยงในน้ำเสียจากฟาร์มสุกร

4.2.1 ทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของจอกก่อน และหลังจากการทดลอง โดยนำจอกที่ได้มาวางให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 5 นาที นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70-80 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

4.2.2 นำจอกที่ได้ไปวิเคราะห์ น้ำหนักสด-แห้ง แคลเซียม (Calcium, Ca) ฟอสฟอรัส (Phosphorus, P) โปรตีน (Crude protein, CP) และเยื่อใยหยาบ (Crude fiber, CF)

5. ผลและวิจารณ์

5.1 ประสิทธิภาพของจอกในการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกร

จากการศึกษา พบว่า คุณสมบัติของน้ำก่อนเจือจางมีดังนี้ pH เท่ากับ 6.62 อุณหภูมิ 25.50 °C ปริมาณมลสารในรูป BOD COD SS และ TKN มีค่าเท่ากับ 6,800 mg/L, 10,399 mg/L, 7,193.33 mg/L และ 113,763 mg/L หลังจากทำการเจือจางด้วยน้ำประปาที่อัตราส่วนความเข้มข้นของน้ำเสีย 0% 5% 10% และ 15% (ตารางที่ 1) จะทำให้สารอินทรีย์ให้น้ำเสียน้อยลง ซึ่งเหมาะต่อการเจริญของพืช และเมื่อทำการเพาะเลี้ยงจอกเป็นเวลา 14 วัน พบว่าจอกสามารถช่วยปรับปรุงให้น้ำเสียมีคุณภาพน้ำที่ดีขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 2

pH เมื่อเริ่มต้นการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 6.84-7.62 โดยเมื่อระดับความเข้มข้นของน้ำเสียสูงขึ้นทำให้ pH ต่ำลง แต่หลังจากการทดลอง พบว่า pH มีค่าที่สูงขึ้นในทุกระดับความเข้มข้น โดยอยู่ในช่วง 8.15-8.50 ทั้งนี้เนื่องจากจอกซึ่งเป็นพืชลอยน้ำอาจมีการสังเคราะห์แสง และใช้คาร์บอนไดออกไซด์ อย่างไรก็ตามในสภาวะที่เป็นต่างที่สูงเกินไปอาจทำให้แอมโมเนียมีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนีย ซึ่งไม่สามารถดูดซับได้โดยพืช [13] โดยค่า pH ที่สูงกว่า 10.5 จะทำให้เนื้อเยื่อของพืชถูกทำลาย และจะพ่นกลับสู่สภาวะปกติได้ยาก [13] อย่างไรก็ตามพบว่าความเข้มข้นของน้ำเสียหลังการทดลองอยู่ในค่ามาตรฐานของน้ำเสียของฟาร์มสุกร ที่มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำที่ pH อยู่ระหว่าง 5.5-9.0 [14]

อุณหภูมิ (°C) ของน้ำตลอดการทดลองมีค่าค่อนข้างคงที่ในทุกความเข้มข้นของน้ำเสีย โดยก่อนการทดลองมีค่าในช่วง 25.53-26.10°C และหลังการทดลองมีค่าในช่วง 26.10-26.43°C โดยความเข้มข้นที่ 5% มีค่าต่ำกว่าที่ความเข้มข้นอื่นเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากมีปริมาณของจอกที่ขึ้นปกคลุมผิวหน้าที่มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับที่ความเข้มข้นอื่นๆ จึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้แดดส่องลงมาได้น้อยกว่า ในขณะที่ 0% มีปริมาณของจอกที่ขึ้นปกคลุมได้น้อยจึงทำให้มีอุณหภูมิที่สูงกว่าระดับความเข้มข้นอื่นๆ เล็กน้อย

ซีโอดี (COD) พบว่าที่ความเข้มข้นของน้ำเสีย 5% จอกมีประสิทธิภาพในการกำจัด COD มากที่สุด โดยเมื่อเริ่มต้นก่อนการทดลอง COD มีค่า 627.9 ± 201.69 mg/L และหลังจากการทดลองมีค่า 69.60 ± 4.16 mg/L คิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัด 88.92% ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณของจอกที่เจริญได้มากที่สุด มีปริมาณราก และพื้นที่สัมผัสมาก ทำให้จุลินทรีย์ต่างๆ เจริญ และยึดเกาะได้ดี เกิดการกรองสารแขวนลอยได้ดี จึงทำให้สารอินทรีย์ต่างๆ ลดลง

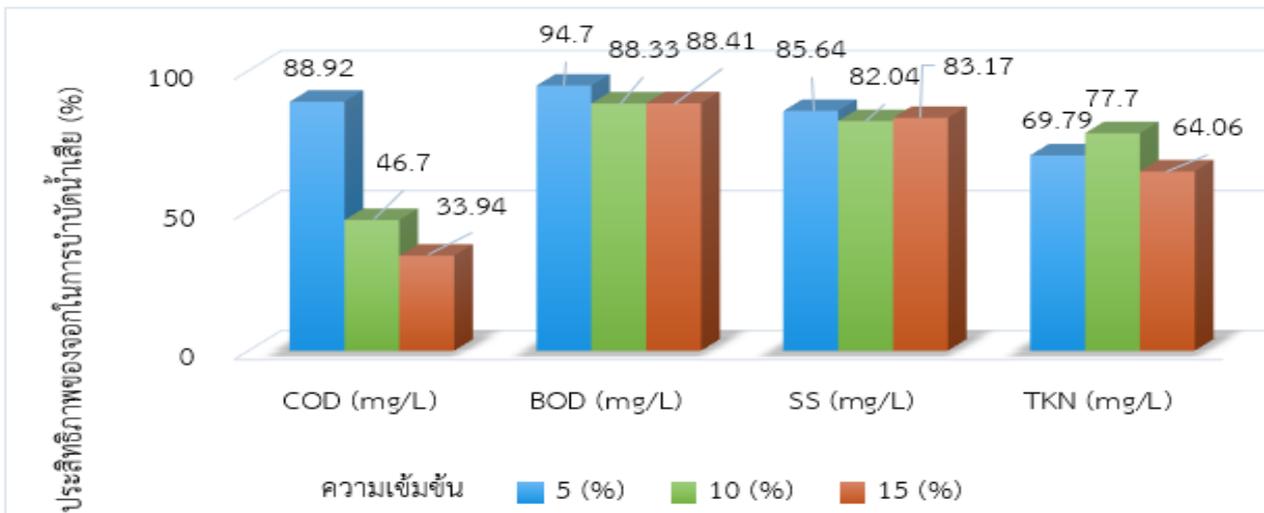
ได้มาก เมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นของน้ำเสียอื่นๆ สำหรับที่ระดับความเข้มข้นของน้ำเสีย 0% นั้นพบว่า คุณสมบัติของน้ำหลังการทดลองมีค่าความสกปรกเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากน้ำที่ใช้เลี้ยงเป็นน้ำประปา ธาตุอาหารมีจำนวนน้อย ทำให้จอกไม่ค่อยเจริญ มีบางส่วนตาย และเกิดการเน่าเปื่อย ส่งผลให้ค่า COD มีค่าสูงขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของน้ำเสียฟาร์มสุกรที่ความเข้มข้นของน้ำเสียก่อนการทดลอง

ตัวแปร	ความเข้มข้นของน้ำเสียจากฟาร์มสุกร (%)			
	0	5	10	15
pH	7.62±0.03	6.97±0.01	6.88 ±0.02	6.84±0.03
Temperature (°C)	26.10±0.06	25.63±0.01	25.53±0.03	25.53±0.03
COD (mg/L)	11.79±9.99	627.90±201.69	1,050.59±40.47	2,179.79±154.74
SS (mg/L)	0.89±0.38	305.00±13.23	603.33±11.55	833.33±5.77
BOD (mg/L)	4.20±5.12	365.00±135.28	642.50±229.99	1,380.00±216.33
TKN (mg/L)	23.35±10.70	4,989.30±169.50	10,677±266.14	15,093.00±307.39

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของน้ำเสียฟาร์มสุกรที่ความเข้มข้นของน้ำเสียสิ้นสุดการทดลอง

ตัวแปร	ความเข้มข้นของน้ำเสียจากฟาร์มสุกร (%)			
	0	5	10	15
pH	8.50±0.05	8.32±0.01	8.17±0.00	8.15±0.03
TP(°C)	26.43±0.09	26.10±0.06	26.13±0.09	26.17±0.03
COD (mg/L)	26.40±8.31	69.60±4.16	560.00±138.56	1,440.00±360.00
SS (mg/L)	4.89±1.68	43.81±11.45	108.33±20.88	140.25±27.50
BOD (mg/L)	3.20±1.25	19.33±1.15	75.00±15.00	160.00±45.83
TKN (mg/L)	815.55±170.12	1,507.16±143.47	2,381.19±325.09	5,424.44±35.58



รูปที่ 1 ประสิทธิภาพของจอกในการบำบัดน้ำเสียที่ความเข้มข้นของน้ำเสียฟาร์มสุกรที่ 5% 10% และ 15%

ของแข็งแขวนลอย (SS) มักถูกกำจัดด้วยกระบวนการทางกายภาพ โดยการตกตะกอน หรือ การกรองโดยรากของพืช สำหรับระดับความเข้มข้นของน้ำทิ้ง 5% จอกเจริญได้ดี รากดักจับตะกอนต่างๆ ได้ดีทำให้มีประสิทธิภาพในการกำจัด SS มากที่สุด โดยเมื่อเริ่มต้นก่อนการบำบัด SS มีค่า 305.00 ± 13.23 mg/L และหลังจากการทดลองมีค่า 43.81 ± 11.45 mg/L คิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัด 85.64%

บีโอดี (BOD) พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของน้ำทิ้ง 5% จอกมีประสิทธิภาพในการกำจัด BOD มากที่สุด โดยเมื่อเริ่มต้นก่อนการทดลอง BOD มีค่า 365.00 ± 135.28 mg/L และหลังจากการทดลองมีค่า 19.33 ± 1.15 mg/L คิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัด 94.70% การลดลงของ BOD เกิดจากการทำงานของจุลินทรีย์ในระบบเป็นหลัก ที่ความเข้มข้นของน้ำเสียที่ 5% มีปริมาณของพืชมาก ทำให้มีพื้นที่สำหรับการยึดเกาะของจุลินทรีย์ได้มาก เกิดการถ่ายเทออกซิเจนไปยังระบบรากได้ดี ทำให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้มาก

TKN พบว่าน้ำเริ่มต้นการทดลองมีค่า TKN ค่อนข้างสูง ทั้งนี้เนื่องจากเป็นน้ำเสียจากฟาร์มสุกรที่ยังไม่ผ่านการบำบัด ทำให้มีปริมาณของไนโตรเจนอินทรีย์ และแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่เกิดจากการขับถ่าย เช่น ปัสสาวะ และอุจจาระมีอยู่มาก โดยพบว่าที่ระดับความเข้มข้นของน้ำทิ้ง 10% จอกมีประสิทธิภาพในการกำจัด TKN มากที่สุด โดยเมื่อเริ่มต้นก่อนการเพาะเลี้ยงจอก TKN มีค่า $10,677.07 \pm 266.1$ mg/L และหลังจากการทดลองมีค่า $2,381.19 \pm 325.09$ mg/L คิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัด 77.70%

5.2 คุณค่าทางโภชนาของจอกที่เลี้ยงในน้ำเสียจากฟาร์มสุกร

จากการศึกษาผลผลิต และองค์ประกอบทางเคมีของจอกที่เลี้ยงในน้ำเสียฟาร์มสุกรที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน คือ 0% 5% 10% และ 15% พบว่า ผลผลิตของจอกเพิ่มขึ้นในทุกความเข้มข้นหลังจากเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 14 วัน คือน้ำหนักสดเริ่มต้น 5.00 ± 0.00 g เพิ่มขึ้น 13.95 ± 3.47 , 33.79 ± 3.73 , 25.98 ± 1.70 และ 14.54 ± 0.42 g คิดเป็นน้ำหนักแห้งเริ่มต้น 0.26 ± 0.05 g เพิ่มขึ้น 0.62 ± 0.09 , 1.52 ± 0.14 , 1.17 ± 0.09 , 1.15 ± 0.74 g ตามลำดับ โดยพบว่าความเข้มข้นของน้ำเสียฟาร์มสุกร 5% ให้ผลผลิตมากที่สุด โดยมีน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น 261 g/m²

และ 11.46 g/m² ตามลำดับ แต่เมื่อความเข้มข้นมากขึ้นผลผลิตมีแนวโน้มที่จะลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณของธาตุอาหารที่มากจนเกินไป โดยเฉพาะไนโตรเจนในรูปของ NH₄⁺ ถ้ามีมากอาจทำให้เกิดความเป็นพิษขึ้นได้ [15]

เมื่อพิจารณาถึงคุณค่าทางโภชนาของจอก (ตารางที่ 3) พบว่า เมื่อเพาะเลี้ยงในน้ำเสียจากฟาร์มสุกร จอกจะมีแคลเซียม ฟอสฟอรัสและโปรตีนหยาบเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่เยื่อใยหยาบจะมีค่าลดลงเมื่อระดับความเข้มข้นของน้ำเสียเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของพงษ์ชาญ [16] ที่ศึกษาจอกในแหล่งน้ำธรรมชาติ พบว่าจอกมีโปรตีนหยาบ 17.64% และ เยื่อใยหยาบ 18.95% ซึ่งจะเห็นได้ว่าจอกที่เพาะเลี้ยงในน้ำเสียฟาร์มสุกรนั้นมี โปรตีนหยาบมากกว่า และมีค่าเยื่อใยหยาบน้อยกว่าของพงษ์ชาญ ทั้งนี้เนื่องจากจอกที่เจริญในน้ำเสียจากฟาร์มสุกรนั้นได้รับสารอาหารที่มากขึ้น ทำให้จอกเจริญได้มาก ลำต้นอวบ และไม่มีต้นแก่ หรือ แคระแกรน ทำให้ได้ผลผลิตที่ให้โปรตีนหยาบมากกว่า และมีเยื่อใยหยาบที่น้อยกว่าจอกในสภาพธรรมชาติ จากผลการศึกษาพบว่าจอกมีคุณค่าทางโภชนา ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับพืชผักพื้นบ้านอื่นๆ โดยเฉพาะโปรตีน เช่น ผักตบชวา ผักบุ้ง จอกหูหนู กัลฉ่าย เป็นต้น [16] จอกจึงถือได้ว่ามีศักยภาพในการพัฒนาเป็นอาหารเสริมของสัตว์ได้ดี เนื่องจากมีโปรตีนค่อนข้างสูง ให้พลังงานสูง ในขณะที่มีเยื่อใยต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่าจอกที่ได้จากการทดลองมีปริมาณแคลเซียม และฟอสฟอรัสในปริมาณที่สูง ซึ่งช่วยให้สัตว์เจริญเติบโตได้ดี จึงเหมาะสมอย่างยิ่งต่อการพัฒนาเป็นอาหารเสริมสำหรับการเลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะไก่ เนื่องจากช่วยให้เปลือกไข่แข็งแรง ไม่เปราะบาง จากคู่มือการเลี้ยงไก่พื้นเมือง [17] พบว่าไก่พื้นเมืองที่เลี้ยงในระยะ 0-26 สัปดาห์ มีน้ำหนักประมาณ 49-1,918 g/ตัว นั้นต้องการ แคลเซียม 0.80-0.90% และต้องการฟอสฟอรัส 0.40-0.45% ดังนั้นจะเห็นได้ว่าจอกนั้นมีปริมาณแคลเซียม และฟอสฟอรัสที่เป็นธาตุอาหารหลักสำหรับการเลี้ยงไก่อยู่ใน ปริมาณที่สูง สามารถที่จะทำการส่งเสริม และพัฒนาเพื่อใช้เป็นอาหารเสริมในการเลี้ยงไก่ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจอกที่เพาะเลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร เพราะนอกจากจะช่วยในการบำบัดน้ำทิ้งแล้วยังช่วยลดต้นทุนอาหารสัตว์อีกทาง หนึ่งด้วย

ตารางที่ 3 คุณค่าทางโภชนาของจอกหลังการเพาะเลี้ยงในความเข้มข้นของน้ำเสียจากฟาร์มสุกรที่แตกต่างกัน

คุณค่าทางโภชนา	ระดับความเข้มข้นของน้ำเสียฟาร์มสุกร			
	ความเข้มข้น 0%	ความเข้มข้น 5%	ความเข้มข้น 10%	ความเข้มข้น 15%
Ca (%)	1.30	1.44	1.48	1.37
P (%)	0.78	1.46	1.21	1.32
CP (%)	28.49	29.25	32.55	33.22
CF (%)	13.08	10.01	9.95	10.75

6. สรุปผล

จอกเป็นพืชลอยน้ำชนิดหนึ่งที่มีความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกร โดยที่ความเข้มข้นของน้ำเสียที่ 5% จอกจะสามารถเจริญเติบโตได้ดี ให้ผลผลิตที่มากที่สุด และพบว่ามีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียได้ดี โดยลดค่า BOD ได้ 94.70% COD กำจัดได้ 88.92% SS กำจัดได้ 85.64% และ TKN สามารถกำจัด

ได้ดีถึง 69.79% นอกจากนี้ยังพบว่าจอกที่เพาะเลี้ยงด้วยน้ำเสียจากฟาร์มสุกรยังทำให้มีคุณค่าทางโภชนาการที่มากขึ้น โดยเฉพาะค่าโปรตีนหยาบ แคลเซียมและฟอสฟอรัส ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาเป็นพืชอาหารสัตว์ได้โดยเฉพาะไก่ เพื่อเป็นการลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์ของเกษตรกร

7. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนสนับสนุนจากกรมความร่วมมือระหว่างประเทศของประเทศไทย (Thailand International cooperation Agency: TICA)

8. เอกสารอ้างอิง

- [1]. ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. (2562). ข้อมูลจำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์และปศุสัตว์. กรมปศุสัตว์ กลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- [2]. กัญชวลี นาวิกภูมิ, สมชาย ทรงประกอบ, เพ็ญพิชชา บุญรัตน์, โกมล เอี่ยมเสมอ, สุธีร์ สุนิตย์สกุล, วิชชุดา สีมานขจร, วิมลทิน แก้วทอนง และอำนาจ นิสภาวนิชย์. (2546). คู่มือการเลือกใช้ การดูแล และบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกรตามแบบมาตรฐานกรมปศุสัตว์ส่วนน้ำเสียเกษตรกรรม สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- [3]. Sudiarto, S. I. A., Renggaman, A., & Choi, H. L. (2019). Floating aquatic plants for total nitrogen and phosphorus removal from treated swine wastewater and their biomass characteristics. *Journal of environmental management*, 231, 763-769.
- [4]. Tel-Or, E., & Forni, C. (2011). Phytoremediation of hazardous toxic metals and organics by photosynthetic aquatic systems. *Plant Biosystems*, 145(1), 224-235.
- [5]. Muradov, N., Taha, M., Miranda, A. F., Kadali, K., Gujar, A., Rochfort, S., Stevenson, T., Ball Andrew, S and Mouradov, A. (2014). Dual application of duckweed and azolla plants for wastewater treatment
- [6]. ศิราภรณ์ ชื่นบาล และฐปน ชื่นบาล. (2562). การเจริญ การสะสมและการปลดปล่อยธาตุอาหารของแหนแดงที่เลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงสุกร. *วารสาร มทร. อีสาน*, 10 (2). 86-96
- [7]. จูอะติ พงศ์มณีรัตน์ (2548). คู่มือชมพรรณไม้หน้าไทย กลุ่มงานวิจัยและพัฒนาสถานแสดงพันธุ์สัตว์น้ำจืด สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรประมงน้ำจืด สำนักวิจัย และพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- [8]. Keizer-Vlek, H. E., Verdonschot, P. F., Verdonschot, R. C., & Dekkers, D. (2014). The contribution of plant uptake to nutrient removal by floating treatment wetlands. *Ecological Engineering*, 73, 684-690.
- [9]. Weirich, C. E., Feiden, A., Souza, C. S., Marchetti, C. R., Aleixo, V., & Klosowski, É. S. (2020). Temperature influences swine wastewater treatment by aquatic plants. *Scientia Agricola*, 78.
- [10]. ภาณชัย สุขแก้ว ธนวรรณ พาณิชพิพัฒน์ และฐิตติยาแซง. (2554). การใช้พืชน้ำบางชนิดในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงไฟฟ้าราชบุรี. *การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 8 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม*. 786-791.

- [11]. APHA, AWWA and WEF. (1998). Standard methods for the examination of water. Wastewater, 20th Edition, American Public Health Association.
- [12] Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). Secondary metabolites and plant defense. *Plant physiology*, 4, 315-344.
- [13] Marty, F. (1999). Plant vacuoles. *The Plant Cell*, 11(4), 587-599.
- [14]. สำนักจัดการคุณภาพน้ำ. (2556). คู่มือวิธีการ หรือ เทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงสุกร ประเภท ค. กรมควบคุมมลพิษ (น. 1,3-5).
- [15] Tylova-Munzarova, E., Lorenzen, B., Brix, H., & Votrubova, O. (2005). The effects of NH_4^+ and NO_3^- on growth, resource allocation and nitrogen uptake kinetics of *Phragmites australis* and *Glyceria maxima*. *Aquatic Botany*, 81(4), 326-342.
- [16]. พงษ์ชาญ ญ.ลำปาง. (2556). การหาแหล่งอาหารพื้นบ้านเพื่อทดแทนรำในอาหารสุกร พันธุ์ไทย (รายงานการวิจัย). สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตรมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (น. 10-12).
- [17]. กรมปศุสัตว์. (2546). คู่มือการเลี้ยงไก่พื้นเมือง. กลุ่มเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ สำนักพัฒนาการปศุสัตว์และถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมปศุสัตว์ (น. 8-19).