วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2560 : 35 (1) : 83-92

การใช้ไข่น้ำ (*Wolffia globosa*) แหนแดง (*Azolla* sp.) และแหนเป็ดเล็ก (*Lemna minor*) ดูดซับธาตุอาหารในน้ำหมักมูลปลานิล (*Oreochromis niloticus*)

Using Water Meal(*Wolffia globosa*),Water Fern (*Azolla* sp.) and Duckweed (*Lemna minor*) for Nutrient Absorption in Fermented Faeces of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

จิระพงศ์ ผดุงปราณ[1] และสมชาย หวังวิบูลย์กิจ1
Jirapong Phadungpran[1] and Somchai Wangwibulkit[1]

บทคัดย่อ

การใช้ไข่น้ำ (*Wolffia globosa*) แหนแดง (*Azolla* sp.) และแหนเป็ดเล็ก (*Lemna minor*) เพื่อดูดซับธาตุอาหารในน้ำหมักมูลปลานิล (*Oreochromis niloticus*) โดยศึกษาปริมาณธาตุอาหารในน้ำหมักมูลปลานิลที่ระดับความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 g dry weight/L เป็นระยะเวลา 24 วัน พบว่าปริมาณแอมโมเนียลดลงเป็น 0 mg/L ปริมาณไนเตรท ไนโตรเจนรวมออร์โธฟอสเฟต และฟอสฟอรัสรวมมีปริมาณสูงสุด 6.28±0.18, 16.41±0.15, 7.00±0.54 และ 8.23±0.28 mg/L ตามลำดับ หลังจากนั้นทำการศึกษาการเติบโต และประสิทธิภาพการดูดซับธาตุอาหารของไข่น้ำ แหนแดง และแหนเป็ดเล็กในน้ำหมักมูลปลานิลความเข้มข้น 1.5 g dry weight/L หมักเป็นระยะเวลา 24 วัน ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 12 วัน พบว่าไข่น้ำ แหนแดง และแหนเป็ดเล็กสามารถลดปริมาณธาตุอาหารในน้ำหมักมูลปลานิลได้ โดยแหนเป็ดเล็กมีประสิทธิภาพในการดูดซับธาตุอาหารได้ดีที่สุด สามารถลดปริมาณไนเตรท ไนโตรเจนรวม ออร์โธฟอสเฟต และฟอสฟอรัสรวมได้ 0.157±0.000, 0.375±0.000, 0.198±0.010 และ 0.193±0.010 mg/g fresh weight/d ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าไข่น้ำ แหนแดง และแหนเป็ดเล็กสามารถนำไปใช้ในการลดปริมาณของเสียจากน้ำหมักมูลปลานิลได้

คำสำคัญ: น้ำหมักมูลปลานิล การดูดซับธาตุอาหาร ไข่น้ำ แหนแดง แหนเป็ดเล็ก

Abstract

Using water meal (*Wolffia globosa*) water fern (*Azolla* sp.) and duckweed (*Lemna minor*) for nutrient absorption in fermented faeces of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) was studied. The studies on nutrient concentration of fermented faeces of Nile tilapia were performed at 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 g dry weight/L for 24 days. The results found that ammonia was decreased to 0 mg/L. Nitrate, total nitrogen, orthophosphate and total phosphorus were increased to 6.28±0.18, 16.41±0.15, 7.00±0.54 and 8.23±0.28 mg/L, respectively. The studies on the growth and nutrient absorption of water meal, water fern and duckweed in fermented fecal of Nile tilapia were consequently evaluated at 1.5 g dry weight/L, fermented for 24 days. The results were suggested water meal, water fern and duckweed could be used to absorb nutrients in fermented faeces of Nile tilapia. The duckweed showed the highest absorption efficiency and could decrease nitrate, total nitrogen orthophosphate and total phosphorus to 0.157±0.000, 0.375±0.000, 0.198±0.010 and 0.193±0.010 mg/g fresh weight/d, respectively. The result showed that water meal, water fern and duckweed could be used to reduce the waste from fermented faeces of Nile tilapia.

Keywords: fermented faeces, Nile tilapia, *Wolffia globosa, Azolla* sp., *Lemna minor*

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ10520

คำนำ

การเลี้ยงปลานิลเชิงพาณิชย์ในปัจจุบันเกษตรกรนิยมเลี้ยงแบบหนาแน่น ทำให้ปริมาณของเสียที่เกิดจากการขับถ่ายของปลานิลทั้งรูปของแข็ง ของเหลว และแก๊ส เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมในบ่อเลี้ยง นอกจากนี้การเปลี่ยนถ่ายน้ำในบ่อเลี้ยงแบบหนาแน่นยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในธรรมชาติ เป็นสาเหตุทำให้แหล่งน้ำมีปริมาณธาตุอาหารสูง เนื่องจากของเสียที่ปลาขับถ่ายประกอบด้วยธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และธาตุอื่นๆ (Dosdat *et al*., 1996, Lemarie *et al*., 1998, Xu *et al*., 2007, Yang *et al*., 2011, Morgan and Hicks, 2013, Golombieski *et al*., 2013) มีการศึกษาของ Naylor *et al*. (1999) ในปลา rainbow trout ที่ให้อาหารสำเร็จรูปเม็ดลอยน้ำ พบว่ามูลปลาที่ขับถ่ายออกมาประกอบด้วยธาตุไนโตรเจน (N) 2.83% และฟอสฟอรัส (P) 2.54% นอกจากนี้ Moccia *et al*. (2007) พบว่ามูลปลา rainbow trout ที่ให้อาหารสำเร็จรูปเม็ดลอยน้ำประกอบด้วยธาตุไนโตรเจน 3.97% และฟอสฟอรัส 2.87% เมื่อมูลปลาเกิดการย่อยสลายจะทำให้ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสมีปริมาณสูง เป็นสาเหตุทำให้เกิดปริมาณธาตุอาหารมากในแหล่งน้ำ ซึ่งจะส่งผลต่อการเติบโตของพืชน้ำอย่างรวดเร็ว (Johansson *et al*., 1998, Cheng *et al*., 2003, Sarker *et al*., 2007, Morgan and Hicks., 2013) เนื่องจากธาตุอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัส เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของกรดอะมิโน คลอโรฟิลล์ DNA (deoxyribo nucleic acid) และ RNA (ribo nucleic acid) ซึ่งมีความสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง การสังเคราะห์โปรตีน และการสร้างสารพันธุกรรม เป็นต้น ไข่น้ำ แหนแดง และแหนเป็ดเล็กเป็นพืชน้ำที่มีความสามารถในการช่วยดูดซับธาตุอาหารในแหล่งน้ำ มีการทดลองใช้พืชน้ำดูดซับธาตุอาหารของ Soda *et al*. (2013) พบว่า *Wolffia arrhiza* สามารถดูดซับปริมาณแอมโมเนีย ไนเตรท และออร์โธฟอสเฟตได้ 51, 99 และ 58% ตามลำดับ *Azolla filiculoides* สามารถดูดซับปริมาณฟอสฟอรัส และไนโตรเจนได้ 46.9 และ 584 mg/m^2/d ตามลำดับ (Costa *et al*., 1999) *Lemna minor* สามารถดูดซับปริมาณแอมโมเนีย และออร์โธฟอสเฟตได้ 2.53 และ 0.18 mg/L/d ตามลำดับ (Zhao *et al*., 2014) นอกจากนี้พืชน้ำทั้ง 3 ชนิด ยังมีการนำไปใช้ประโยชน์สำหรับเป็นอาหารสัตว์น้ำ และสัตว์บกเนื่องจากไข่น้ำมีปริมาณโปรตีน 40-50% (Fujita *et al*., 1999, Supadit. 2011, Soda *et al*., 2013, Panpong *et al*., 2014) แหนแดงมีปริมาณโปรตีน 20-40% (Zhao *et al*., 1999, Costa *et al*., 1999, Bennicelli *et al*., 2004, Arora and Sexna, 2005) และแหนเป็ดเล็กมีปริมาณโปรตีน 15-45% (Cheng *et al*., 2002; Zhao *et al*., 2015) นอกจากนี้ยังมีการนำแหนเป็ดเล็กไปผลิต bioethanol (Zhao *et al*., 2014) และแหนแดงผสมในดินเป็นปุ๋ยพืชสด (Adhikari *et al*., 2015) ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารของน้ำหมักมูลปลานิลที่ระยะเวลาต่างๆ และการนำไข่น้ำ แหนแดง และแหนเป็ดเล็กมาใช้ดูดซับธาตุอาหารในน้ำหมักมูลปลานิลเพื่อลดปริมาณของเสียจากน้ำหมักมูลปลานิล (Figure1)

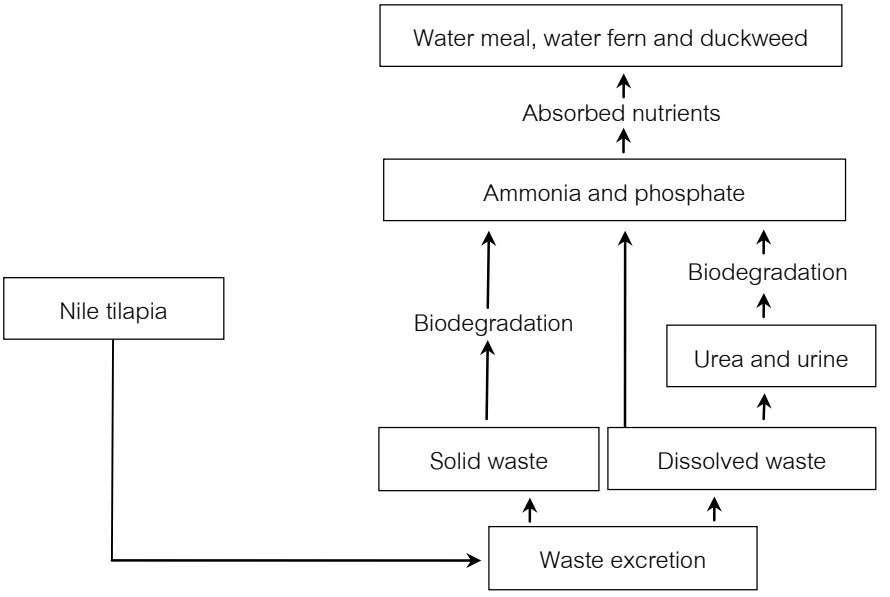

Figure 1 Nutrients absorption in Nile tilapia waste excretion by water meal, water fern and duckweed.

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารของน้ำหมักมูลปลานิล

1.1) เตรียมปลาทดลองโดยเลี้ยงปลานิลขนาด 200 g จำนวน 15 ตัว ในบ่อคอนกรีตขนาด 98x148x80 cm ทำการทดลองที่หลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปลอยน้ำวันละ 2 มื้อ เวลา 09.00 และ 16.00 น. ก่อนทำการทดลองเปลี่ยนถ่ายน้ำ 100% แล้วให้อาหารตามปกติ หลังจากนั้น 24 ชั่วโมง จึงทำการรวบรวมมูลปลานิลจากชุดดักมูลปลานิลเพื่อนำไปทำการทดลอง

1.2) เตรียมน้ำหมักมูลปลานิลโดยรวบรวมตะกอนมูลปลาจากชุดดักมูลปลานิลในบ่อเลี้ยงวิเคราะห์ปริมาณตะกอนของมูลปลาตามวิธีการของ APHA. (2005) คำนวณน้ำหนักแห้งของมูลปลาที่ได้เท่ากับ 65 g dry weight/L จากนั้นตวงปริมาตรมูลปลาใส่โหลแก้วทรงกระบอกสูง 35 cm เส้นผ่านศูนย์กลาง 22 cm ตามชุดการทดลองที่กำหนด ปรับปริมาตรน้ำให้ได้ 5 L และให้ออกซิเจนตลอดเวลา

1.3) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) โดยแบ่งเป็น 5 ชุดการทดลอง โดยใช้มูลปลานิลที่ระดับความเข้มข้น 0.0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 g dry weight/L ตามลำดับแต่ละชุดการทดลองทำการทดลอง 3 ซ้ำ

1.4) เก็บข้อมูลทุก 3 วัน โดยเก็บตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์ธาตุไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม และแอมโมเนีย (NH_4^++ NH_3-N) ไนเตรท (NO_3^--N) และไนโตรเจนรวม (total nitrogen) ฟอสฟอรัสในรูปออร์โธฟอสเฟต (soluble reactive phosphate; SRP) และ ฟอสฟอรัสรวม (total phosphorus) ตามวิธีการของ APHA. (2005)

การทดลองที่ 2 ศึกษาการดูดซับธาตุอาหารในน้ำหมักมูลปลานิลและการเติบโต ของไข่น้ำ แหนแดง และแหนเป็ดเล็ก

2.1) การเตรียมพืชน้ำ โดยรวบรวมไข่น้ำ แหนแดง และแหนเป็ดเล็ก จากแหล่งน้ำแขวงลำต้อยติ่ง เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร นำมาคัดแยก และเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณในถังพลาสติกปริมาตร 120 L ใช้ปุ๋ยเคมี ประกอบด้วยปุ๋ยนา 20 ปุ๋ยยูเรีย 20 ปุ๋ยฟอสเฟต 2 และปูนขาว 2 g ละลายน้ำ 35 L เติมในถังเลี้ยงวันละ 20 ml เป็นแหล่งธาตุอาหาร

2.2) การเตรียมน้ำหมักมูลปลานิล โดยรวบรวมมูลปลาตามข้อที่ 1.1 ในการทดลองที่ 1 นำมูลปลาใส่ถังพลาสติกแบบมีฝาปิดหมักในสภาวะที่มีออกซิเจนเป็นระยะเวลา 24 วัน เพื่อให้มูลปลาย่อยสลายเป็นสารอนินทรีย์ในรูปไนเตรท และออร์โธฟอสเฟตมากที่สุด หลังจากนั้นทำการทดลองโดยผสมน้ำหมักมูลปลากับน้ำประปาในอัตราส่วน 1:2 จะได้น้ำหมักที่มีความเข้มข้นของมูลปลานิล 1.5 g dry weight/L จากนั้นเติมลงในถังพลาสติกให้ได้ปริมาตร 7 L ซึ่งจะได้พื้นที่ผิวน้ำในถังทดลองเท่ากับ 700 cm^2

2.3) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยแบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง ได้แก่ น้ำหมักมูลปลานิล น้ำหมักมูลปลานิลเลี้ยงไข่น้ำ น้ำหมักมูลปลานิลเลี้ยงแหนแดง และน้ำหมักมูลปลานิลเลี้ยงแหนเป็ดเล็ก แต่ละชุดการทดลองทำการทดลอง 3 ซ้ำ

2.4) ชั่งน้ำหนักไข่น้ำแหนแดง และแหนเป็ดเล็ก 10 g ซึ่งเป็นน้ำหนักที่ไข่น้ำ แหนแดง และแหนเป็ดเล็กสามารถเติบโตได้เป็นปกติ ลงเลี้ยงตามชุดการทดลองให้ได้รับแสงแดดตามธรรมชาติ

2.5) เก็บตัวอย่างน้ำทุก 3 วัน นำมาวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในรูปแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน ไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสในรูปออร์โธฟอสเฟต และฟอสฟอรัสรวม ตามวิธีของ APHA (2005)

2.5) บันทึกข้อมูลการเติบโตของไข่น้ำ แหนแดง และแหนเป็ดเล็กโดยชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Denver instrument รุ่น si–234

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในน้ำหมักมูลปลานิล

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในน้ำหมักมูลปลานิลที่ระดับความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 g dry weight/L พบว่า แอมโมเนียมีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วงวันที่ 9 และ 12 (Figure 2A) แสดงว่าในระยะเวลา 8 วัน มูลปลาถูกย่อยสลายตามขบวนการวัฏจักรไนโตรเจน (nitrogen cycle) (Parker. 1995) ทำให้แอมโมเนียมีปริมาณเพิ่มขึ้นและมีปริมาณสูงสุดในช่วงวันที่ 9-12 หลังจากนั้นแอมโมเนียจะมีปริมาณลดลงจนเป็น 0 mg/L ในวันที่ 21 ในมูลปลานิลทุกระดับความเข้มข้นเนื่องจากแอมโมเนียถูกเปลี่ยนรูปเป็นไนเตรทผ่านกระบวนการ nitrification โดยพบว่าปริมาณไนเตรทเริ่มเพิ่มขึ้นในวันที่ 12 หลังจากวันที่ 18 จะมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นน้อย (Figure 2B) ปริมาณไนโตรเจนรวมมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการทดลอง (Figure 2C) ออร์โธฟอสเฟตมีปริมาณเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการทดลอง (Figure 2D) เนื่องจากการย่อยสลายมูลปลานิลของจุลินทรีย์ทำให้ปริมาณออร์โธฟอสเฟตเพิ่มขึ้น (Khan *et al*., 2009) ดัง Figure 2E โดยมูลปลานิลที่ระดับความเข้มข้น 2.0 g dry weight/L จะทำให้ปริมาณไนเตรท ไนโตรเจนรวม ออร์โธฟอสเฟต และฟอสฟอรัสรวมมีปริมาณการสะสมสูงสุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$) ดัง Table 1

Table 1 The nutrients infermented faeces of Nile tilapia for 24 days.

Nile tilapia fecal weight (g dry weight/L)	Nutrients(mg/L)				
	Ammonia	Nitrate	Total nitrogen	Orthophosphate	Total phosphorus
0.5	0.00±0.00[a]	2.51±0.41[a]	11.99±0.54[a]	1.42±0.07[a]	1.87±0.17[a]
1.0	0.00±0.00[a]	3.80±0.12[b]	12.92±0.01[b]	2.13±0.21[b]	3.94±0.24[b]
1.5	0.00±0.00[a]	5.03±0.12[c]	14.11±0.53[c]	6.08±0.37[c]	6.64±0.16[c]
2.0	0.00±0.00[a]	6.28±0.18[d]	16.41±0.15[d]	7.00±0.54[d]	8.23±0.28[d]

[1] Means in column followed by the different superscript letter were significantly different (P<0.05) according to DMRT.

2. ผลของการดูดซับปริมาณธาตุอาหารในน้ำหมักมูลปลานิล และการเติบโตของไข่น้ำ แหนแดง และแหนเป็ดเล็ก

2.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหาร โดยใช้ไข่น้ำ แหนแดง และแหนเป็ดเล็ก

การศึกษาการดูดซับธาตุอาหารของไข่น้ำ แหนแดง และแหนเป็ดเล็กในน้ำหมักมูลปลานิลที่ระดับความเข้มข้น 1.5 g dry weight/L ผ่านการหมักเป็นระยะเวลา 24 วัน พบว่าไม่มีแอมโมเนียตลอดการทดลอง (Figure 3A) เนื่องจากน้ำหมักมูลปลานิลก่อนนำมาทดลองได้ผ่านการหมักเป็นระยะเวลา 24 วัน ทำให้แอมโมเนียเปลี่ยนไปอยู่ในรูปไนไตรท์ และสะสมอยู่ในรูปของไนเตรท ดังนั้นเมื่อเริ่มการทดลองจะพบปริมาณไนเตรท ไนโตรเจนรวม ออร์โธฟอสเฟต และฟอสฟอรัสรวมมีปริมาณสูงสุดและจะลดลงตลอดการทดลอง (Figure 3B-E) การลดลงของปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัส เนื่องจากพืชน้ำทั้ง 3 ชนิด สามารถนำธาตุอาหารไปใช้ในการเติบโต โดยไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญของกรดอะมิโน คลอโรฟิลล์ DNA และ RNA ซึ่งมีความสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง การสร้างสารพันธุกรรม และการสังเคราะห์โปรตีน นอกจากนี้ฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญของ sugar phosphate นิวคลีโอไทด์ฟอสโฟไลปิดของเยื่อหุ้มเซลล์ phosphorylated organic acid และพลังงานเอทีพี ซึ่งเอทีพีสามารถสร้างได้จากกระบวนการเมทาบอลิซึมภายในเซลล์เพื่อเปลี่ยนสารอาหารเป็นพลังงาน (ลิลลี่ และ ศรีสม,2552)

2.2 การเติบโตของไข่น้ำ แหนแดง และแหนเป็ดเล็กในน้ำหมักมูลปลานิล

การเติบโตของไข่น้ำ แหนแดง และแหนเป็ดเล็ก เพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง (Figure 4) โดยมีค่า 38.03±0.42, 58.35±3.51 และ 28.36±0.99 g ตามลำดับ โดยแหนแดงมีการเติบโตมากที่สุด เนื่องจากใบของแหนแดงมีโพรงเป็นที่อาศัยของ *Anabena* sp. ซึ่งเป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ ทำให้แหนแดงสามารถดูดซับธาตุอาหารไนโตรเจนได้มากกว่าไข่น้ำ และแหนเป็ดเล็ก (Arora and Saxena, 2005, Bennicelli *et al*., 2004, Costa *et al*., 1999, Zhao *et al*., 1999)

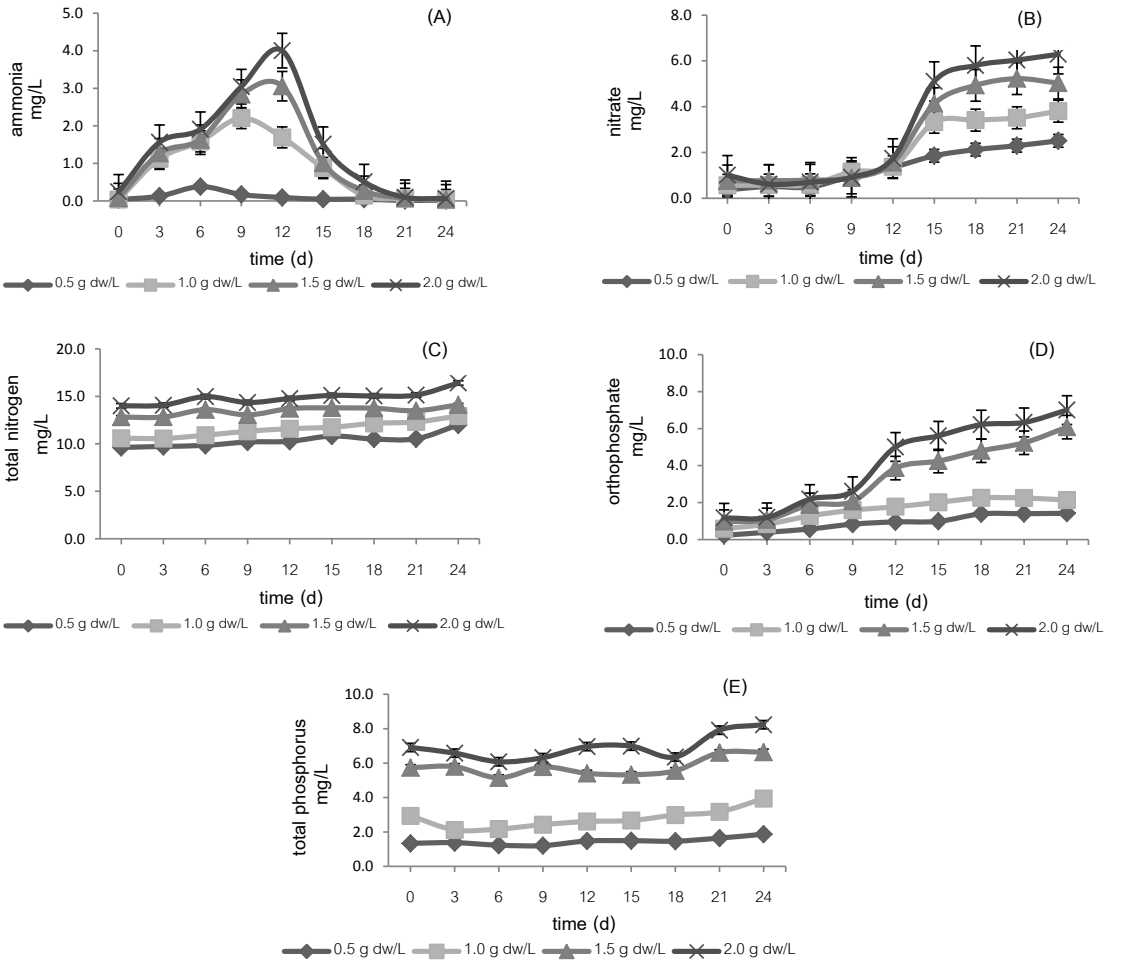

Figure 2 The nutrients change of fermented faeces of Nile tilapia within 24 days.
(A): ammonia (B): nitrate (C): total nitrogen (D): orthophosphate (E): total phosphorus.

2.3 ประสิทธิภาพการดูดซับธาตุอาหารในน้ำหมักมูลปลานิล ของไข่น้ำ แหนแดง และแหนเป็ดเล็ก

การลดปริมาณธาตุอาหารในน้ำหมักมูลปลานิล โดยใช้ไข่น้ำ แหนแดง และแหนเป็ดเล็กดูดซับธาตุอาหาร พบว่าแหนเป็ดเล็กมีประสิทธิภาพในการลดไนเตรท ไนโตรเจนรวม ออร์โธฟอสเฟต และฟอสฟอรัสรวมได้สูงสุดเท่ากับ 0.157±0.000, 0.375±0.000, 0.198±0.010 และ 0.193±0.010 mg/g fresh weight/d (Table 2) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แตกต่างจาก Soda *et a*l. (2013) ที่ได้ศึกษา *Wolffia arrhiza* ที่เลี้ยงในน้ำเสียจากชุมชน พบว่ามีการดูดซับไนเตรท และออร์โธฟอสเฟตเท่ากับ 0.008 และ 0.004 mg/g fresh weight/d ตามลำดับ เช่นเดียวกับ Suppadit.(2011) ศึกษา*Wolffia arrhiza* ที่เลี้ยงในน้ำเสียจากฟาร์มนกกระทา พบว่ามีการดูดซับไนเตรท ไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวมเท่ากับ 0.75, 29.95 และ 2.25mg/L ตามลำดับ Fujita *et al*. (1999) ศึกษา *Wolffia arrhiza* ที่เลี้ยงในสารละลาย Hunter solution พบว่ามีการดูดซับไนโตรเจนรวม และฟอสฟอรัสรวมเท่ากับ 1.37 และ 0.48 mg/L/d ตามลำดับ Zhao *et al*., (2014) ศึกษา *Lemna minor* ที่เลี้ยงในน้ำเสียจากชุมชน พบว่ามีการดูดซับออร์โธฟอสเฟตเท่ากับ 0.01 mg/L/d และ Costa *et al*. (1999) ศึกษา *Azolla filiculoides* ในน้ำจากแม่น้ำกัวเดียน่า พบว่ามีการดูดซับไนโตรเจนรวม และฟอสฟอรัสรวมเท่ากับ 584 และ 46.9 mg/m^2/d ตามลำดับ

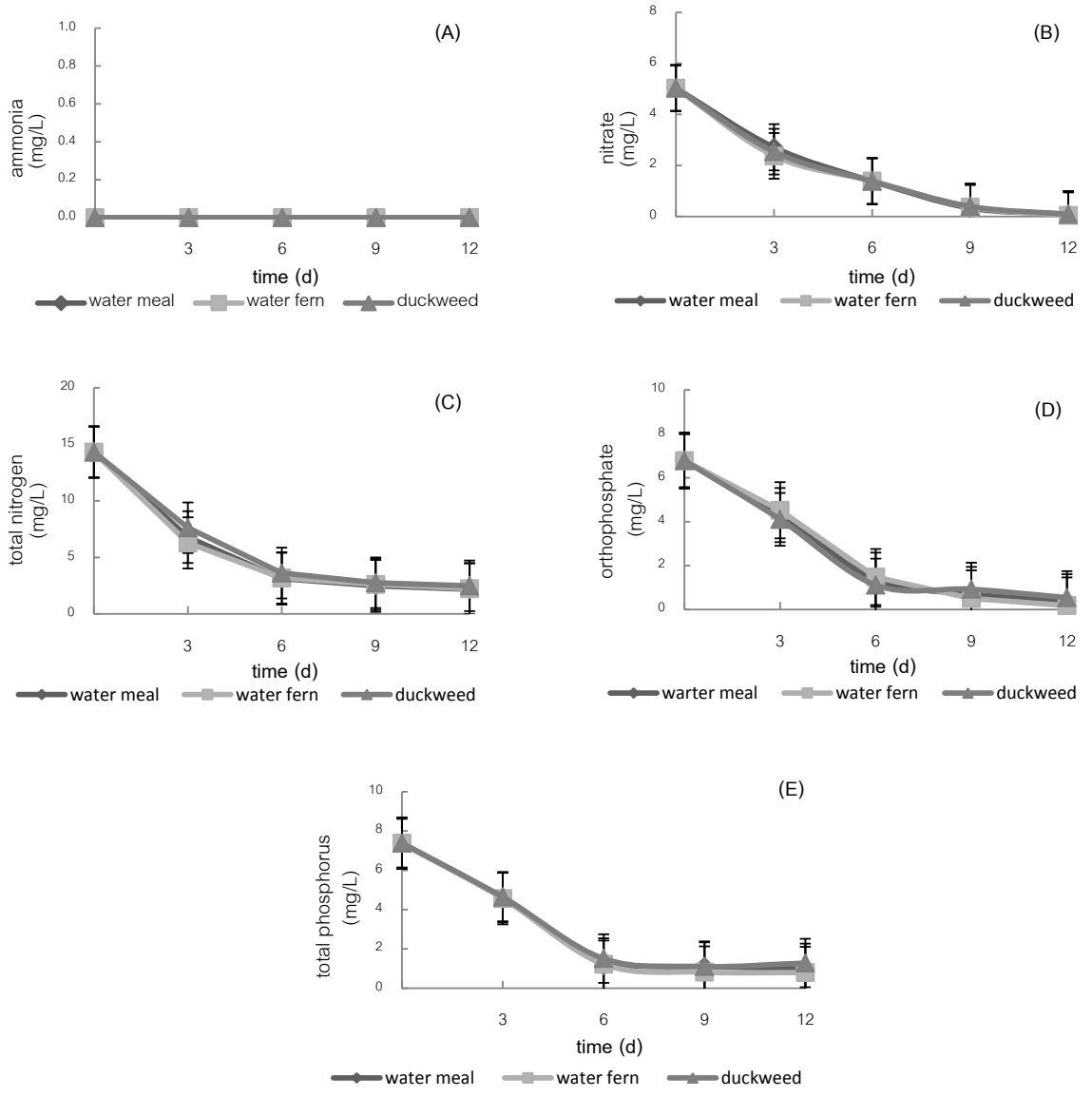

Figure 3 Nutrients absorption infermented faeces of Nile tilapia by water meal, water fern and duckweed within 12 days (A): ammonia (B): nitrate (C): total nitrogen (D): orthophosphate (E): total phosphorus.

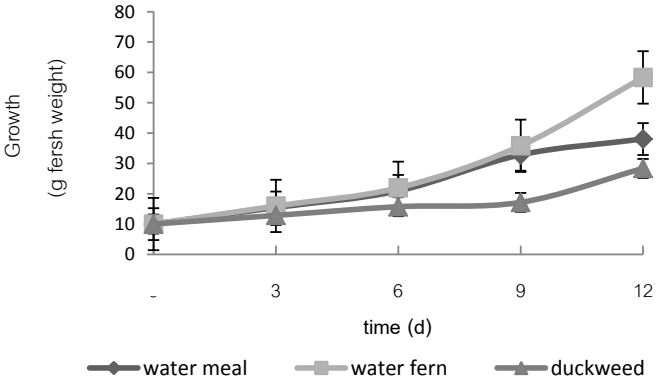

Figure 4 The growth of water meal, water fern and duckweed within 12 days.

Table 2 Mean absorption of nutrients in fermented faeces of Nile tilapia by water meal, water fern and duckweed.

Aquatic plant	Mean absorption of nutrients (mg/g fresh weight/d)				
	Ammonia	Nitrate	Total nitrogen	Orthophosphate	Total phosphorus
Water meal	0.000±0.000[a]	0.102±0.000[b]	0.252±0.000[b]	0.133±0.010[b]	0.133±0.030[b]
Water fern	0.000±0.000[a]	0.060±0.000[a]	0.145±0.000[a]	0.079±0.000[a]	0.079±0.010[a]
Duckweed	0.000±0.000[a]	0.157±0.000[c]	0.375±0.000[c]	0.198±0.010[c]	0.193±0.010[c]

[1] Means in column followed by the different superscript letter were significantly different (P<0.05) according to DMRT.

สรุปผลการทดลอง

ปริมาณธาตุอาหารในน้ำหมักมูลปลานิลทุกระดับความเข้มข้นที่หมักเป็นระยะเวลา 24 วัน จะไม่พบแอมโมเนีย แต่ปริมาณไนเตรท และออร์โธฟอสเฟตมีการสะสมเพิ่มขึ้น โดยมูลปลานิลระดับความเข้มข้น 2.0 g dry weight/L จะให้ปริมาณธาตุอาหารสูงสุด ปริมาณธาตุอาหารในน้ำหมักมูลปลานิลที่เพิ่มขึ้นสามารถใช้ไข่น้ำ แหนแดง และแหนเป็ดเล็กลดปริมาณธาตุอาหารได้ โดยแหนเป็ดเล็กมีประสิทธิภาพดีที่สุดสามารถลดปริมาณไนเตรท ไนโตรเจนรวม ออร์โธฟอสเฟต และฟอสฟอรัสรวมได้มากที่สุดเท่ากับ 0.157±0.000, 0.375±0.000, 0.198±0.010 และ 0.193±0.010 mg/g fresh weight/d ตามลำดับ ในขณะที่แหนแดงมีการเติบโตสูงสุดเท่ากับ 58.35±3.51g จากการใช้น้ำหมักมูลปลานิลความเข้มข้น 1.5 g dry weight/L

เอกสารอ้างอิง

ลิลลี่ กาวีต๊ะ และ ศรีสม ศุวรรณวงศ์. 2552. ธาตุอาหารของพืช, น. 41-56. ใน ลิลลี่ กาวีต๊ะ, มาลี ณ นคร, ศรีสม ศุวรรณวงศ์ และ สุรียา ตันติวิวัฒน์. บรรณาธิการ. สรีรวิทยาของพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ. 261 น.

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

APHA. 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association. Washing, DC. 380p.

Arora, A. and Saxena, S. 2005. Cultivation of *Azolla microphylla* biomass on secondary-treated Delhi municipal effluents. Biomass and Bioenergy. 29: 60-64.

Bennicelli, R., Stepniewska, Z., Banach, A., Szajnocha, K. and Ostrowski, J. 2004. The ability of *Azolla caroliniana* to remove heavy metals (Hg(II), Cr(III), Cr(VI)) from municipal waste water. Chemosphere. 55: 141-146.

Costa, M.L., Santos, M.C. and Carrapico, F. 1999.Biomass characterization of *Azolla filiculoides* grown in natural ecosystems and wastewater. Hydrobiologia. 415: 323-327.

Cheng, Z.J., Hardy, R.W. and Usry, J.L. 2003. Plant protein ingredient with lysine supplementation reduce dietary protein level in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets, and reduce ammonia nitrogen and soluble phosphorus excretion. Aquaculture. 218: 553-565.

Dosdat, A., Servais, F., Metailler, R., Huelvan, C. and Desbruyeres, E. 1996. Comparison of nitrogenous losses in five teleost fish species. Aquacultrue. 141: 107-127.

Fujita, M., Mori, K. and Kodera, T. 1999. Nutrient removal and starch production through cultivation of *Wolffia arrhiza*. Bioscience and Bioengineering. 87: 194-198.

Golombieski, J.I., Koakoski, G., Becker, A.J., Almeida, A.P.G., Toni, C., Finamor, I.A., Pavanato, M.A., Almeida, T.M.D. and Baldisserotto, B. 2013. Nitrogenous and phosphorus excretions in juvenile silver catfish (*Rhamdia quelen*) exposed to different water hardness, humic acid, and pH levels. Fish Physiol. Biochem. 39: 837-849.

Johansson, T., Hakanson, L., Borum, K. and Persson, J. 1998. Direct flow of phosphorus and suspended matter from a fish fram to wild fish in Lake Southern Bullaren, Sweden. Aquaculture Engineering. 17: 111-137.

Khan, A., A., Jilani, G., Akhtar, M., S., Naqvi, S., M., S. and Rasheed, M. 2009. Phosphorus solubilizing bacteria: Occurrence, mechanism and their role in crop production. J. Agric. Biol. Sci. 1(1): 48-58.

Lemarie, G., Jean-Louis, M.M., Gilbert, D. and Cecile, G. 1998. Nitrogenous and phosphorous waste production in a flow-through land-based farm of European seabass (*Dicentrarchus labrax*). Aquat. Living Resour. 11(4): 247-254.

Moccia, R., Bevan, D. and Reid, G. 2007. Composition of fecal waste from commercial trout farms in Ontorio: Macro and micro nutrient analyses and recommendations for recycling. Ontario Sustainable Aquaculture Working Group Environment Canada.

Morgan, DK.J. and Hicks, B.J. 2013. A metabolic theory of ecology applied to temperature and mass dependence of N and P excretion by common carp. Hydrobiologia. 705: 135-145.

Naylor, S.J., Moccia, R.D. and Durant, G.M. 1999. The chemical composition of settleable solid fish waste (manure) from commercial rainbow trout farm in Ontario, Canada.North America Journal of Aquaculture. 61: 21-26.

Parker, R. 1995.Aquaculture science (Agriculture).Thomson Delmar Learning Publisher.416: 7-12.

Panpong, K., Srisuwan, G., O-Thong, S. and Kongjan, P. 2014. Enhance biogas production from canned seafood wastewater by Co-digestion with glycerol waste and *Wolffia arrhiza*. Energy Procedia. 52: 337-351.

Sarker, M.S.A., Satoh, S. and Kiron, V. 2007. Inclusion of citric acid and/or amino acid-chelated trace elements in alternate plant protein source diets affects growth and excretion of nitrogen and phosphorus in red sea bream *Pagrus major*. Aquaculture. 262: 436-443.

Suppadit, t. 2011.Nutrient removal of effluent from quail farm through cultivation of *Wolffiaarrhiza*.Bioresource Technology. 102: 7388-7392.

Soda, S., Kawahata, Y., Takai, Y., Mishima, D. and Fujita, M. 2013. Kinetics of nutrient removal and biomass production by duckweed *Wolffia arrhiza* in continuous-flow mesocosms. Ecological Engineering. 57: 210-215.

Xu, Z., Lin, X., Lin, Q., Yang, Y. and Wang, Y. 2007. Nitrogen, phosphorus, and energy waste outputs of four marine cage-cultured fish fed with trash fish. Aquaculture. 263: 130-141.

Yang, Y.H., Wang, Y.Y., Lu, y. and Li, Q.Z. 2011. Effect of replacing fish meal with soybean meal on growth, feed utilization and nitrogen and phosphorus excretion on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquacult. Int. 19: 405-419.

Zhao, M., Duncan, J.R. and Hille, R.P.V. 1999. Removal and recovery of zinc from solution and electroplating effluent using *Azolla filiculoides*. Wat. Res. 33(6): 1516-1522.

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

Zhao, Y., Fang, Y., Jin, Y., Huang, J., Ma, X., He, K., He, Z., Wang, F. and Zhao, H. 2015. Microbial community and removal of nitrogen via the addition of a carrier in a pilot-scale duckweed-based wastewater treatment system. Bioresource Technology. 179: 549-558.