คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาช่อนในช่วงเก็บเกี่ยวและเทคนิคการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีการถ่ายน้ำและการตกตะกอนในบ่อเลี้ยง

Water Quality during *Channa striatus* Fish Harvesting and Wastewater Treatment by Draining and Settling in Cultured Pond Technique

สุภาวดี โกยดุลย์[1] เจษฎา อิสเหาะ[1*] วราห์ เทพาหุดี[2] และ ประไพพรรณ สิทธิกูล[3]

Supavadee Koydon[1], Jesada Is-haak[1*], Wara Taparhudee[2] and Prapaiphun Sittigool[3]

Received: 23 October 2020, Revised: 13 February 2021, Accepted: 3 August 2021

บทคัดย่อ

น้ำทิ้งที่ระบายออกจากบ่อเลี้ยงปลาช่อนแบบหนาแน่นระหว่างการเก็บเกี่ยว มักมีคุณภาพต่ำ ไม่ผ่านเกณฑ์ค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด พ.ศ. 2550 และสร้างมลภาวะ จึงจำเป็นต้องศึกษาและปรับปรุง ด้วยเทคนิคการถ่ายน้ำและตกตะกอนที่มีประสิทธิภาพ จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำภายในบ่อเลี้ยงปลาช่อนของเกษตรกร จังหวัดอ่างทอง ก่อนเริ่มเก็บเกี่ยว ระหว่างการเก็บเกี่ยว และระหว่างการการตกตะกอนน้ำทิ้ง 48 ชั่วโมง พบว่า คุณภาพน้ำในบ่อปลาช่อน มีความแตกต่างกันในทุกระดับความลึก (p<0.05) โดยคุณภาพลึกกว่า 100 เซนติเมตร จากผิวน้ำไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานและการสูบน้ำทิ้งด้วยเครื่องพญานาคโดยวางหัวกะโหลกติดกับพื้นก้นบ่อ ทำให้ตะกอนฟุ้งกระจายและคุณภาพน้ำทิ้งโดยรวมทั้งบ่อตลอดการเก็บเกี่ยวไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน โดยปริมาณสารแขวนลอยในน้ำเป็นปัญหาสำคัญ และใช้เวลาในการตกตะกอนนานที่สุด การบำบัดน้ำทิ้งด้วยวิธีการตกตะกอน 24 ชั่วโมงช่วยเพิ่มคุณภาพน้ำทิ้งจนผ่านเกณฑ์มาตรฐานได้ทุกค่า

โดยสรุปแนะนำว่า เกษตรกรต้องพัฒนาเทคนิคการระบายน้ำทิ้งที่ไม่รบกวนตะกอนพื้นบ่อให้ฟุ้งกระจาย ไม่ทำให้น้ำขุ่น โดยอาจใช้ท่อระบายน้ำเป็นข้องอ ใช้วิธีกาลักน้ำ หรือให้ยกปลายหัวกะโหลกท่อสูบน้ำสูงกว่าพื้น

---

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

[1] Department of Fisheries Science, Faculty of Agricultural Technology and Agro-Industry, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Ayutthaya 13000, Thailand.

[2] ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 13000

[2] Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

[3] สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

[3] Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Technology and Agro-Industry, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Ayutthaya 13000, Thailand.

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): abee_sunnee@hotmail.co.th

ก้นบ่อระหว่างระบายน้ำบนของบ่อ และบำบัดเฉพาะน้ำส่วนใกล้พื้นบ่อซึ่งมีปริมาณเหลือน้อยแล้วต่อไป

คำสำคัญ: บำบัดน้ำทิ้ง, บ่อเลี้ยงปลาช่อน, ปลาช่อน

ABSTRACT

Drainage water from intensive *Channa striatus* fish pond especially during harvesting is often found unqualified by the sewage water quality from aquaculture control standard 2007 and thus causing pollution. This research aimed to do a deep study and dilute the problems by an efficient draining and settling in cultured pond technique**.** Water from fish pond in Ang Thong province before and during harvesting was sampling in different depth and time. All water samples were pooled and let them settle for 48 hours. Results showed differences in water quality at different depth levels (p<0.05). The over 100 cm depth water was unqualified and the farmer draining practice significantly reduced the water quality. Setting the pump suckling head on the pond bottom caused sediment diffused and increased the total water suspended solid, consequence in whole pond water volume unqualified to the control standard. The total suspended solid was the biggest problem and cost the longest time to be settled. After sedimentation treatment 24 hours can significantly improve all water quality parameters to reach the control standard.

It is suggested that during water draining farmers must not disturb the pond bottom, not diffusing the sediment or mudding the drained water. Draining technique such as bended pipe, syphon hose or setting suck head far above the pond bottom should be used to remove the surface water. For the rest, water about 60 cm over the pond bottom must be further treated either by sedimentation or combining with other methods.

Key words: wastewater treatment, snakehead fish pond, *Channa striatus*

บทนำ

ฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทั่วไปมีการปล่อยน้ำทิ้งออกจากฟาร์ม ด้วยเหตุผลหลัก 2 ประการ คือ 1) มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำในช่วงระหว่างการเลี้ยง และ 2) ระบายน้ำทิ้งในช่วงระหว่างการเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งการระบายน้ำทิ้งออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกในแต่ละครั้ง คุณภาพน้ำที่ถูกระบายออกมามักมีคุณภาพต่ำ มีปริมาณตะกอนของแข็งที่แขวนลอยสูง มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส มีปริมาณแอมโมเนียรวมและปริมาณบีโอดีสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดในหลายประเทศ รวมทั้งประเทศไทยได้ให้ความสำคัญกับผลกระทบจากการระบายน้ำทิ้งจากฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมาก (Teichert-Coddington, 1995)

ปัจจุบันกรมควบคุมมลพิษได้มีประกาศควบคุมมาตรฐานน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อควบคุมผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อม โดยประกาศกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดลงวันที่ 23 พฤศจิกายน

2550 ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 125 ตอนพิเศษ 213 วันที่ 30 มกราคม 2551 กำหนดค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดดังนี้ ค่าบีโอดี ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าปริมาณไนโตรเจนรวม ไม่เกิน 4.0 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ค่าปริมาณฟอสฟอรัสรวม ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อลิตร ค่าปริมาณแอมโมเนียรวม ไม่เกิน 1.1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร และค่าปริมาณสารแขวนลอยรวม ไม่เกิน 80.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (National of the Ministry of Natural Resources and Environment, 2007) ซึ่งเป็นปัญหากับฟาร์มปลาช่อน (*Channa striatus*) ที่เลี้ยงอย่างหนาแน่นด้วย

การลดผลกระทบของน้ำทิ้งฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำต่อสิ่งแวดล้อมมี 2 แนวทางคือ แนวทางที่ 1 ลดปริมาณการระบายน้ำทิ้งให้น้อยลง แนวทางนี้เป็นวิธีการที่ไม่ค่อยได้ผลดีนักกับระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหนาแน่นในยุคปัจจุบัน เนื่องจากในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหนาแน่นจำเป็นต้องให้อาหารในปริมาณมาก และทำให้ภายในบ่อมีของเสียอินทรีย์สารเกิดขึ้นในปริมาณมากด้วย ทั้งมาจากอาหารที่ให้สัตว์น้ำกิน อาหารที่เหลือและมูลสัตว์น้ำที่ขับถ่ายออกมา ดังที่ Cole and Boyd (1985) รายงานว่า หากภายในบ่อมีสารอาหารมากเกินไป ส่งผลให้คุณภาพน้ำเสื่อมสภาพและการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำช้าลง จึงจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำในปริมาณสูงมาก

แนวทางที่ 2 เป็นการแก้ไขปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ก่อนปล่อยสู่ภายนอก ซึ่งมีเทคนิควิธีการมากมายที่สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งได้ เช่น วิธีการสร้างพื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetlands) เพื่อกรองของแข็งและกำจัดสารอาหารที่ละลายน้ำ ซึ่งเทคนิคนี้มีประสิทธิภาพมาก แต่มีข้อจำกัดคือ ต้องใช้พื้นที่ในการบำบัดน้ำมาก ประมาณ 0.7 - 2.7 เท่าของบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (Schwartz and Boyd, 1995) ซึ่งอาจไม่ใช่ทางเลือกที่ดีนักสำหรับเกษตรกรที่มีพื้นที่จำกัด วิธีการหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่ (Water recycling) ซึ่งปัจจุบันแม้เป็นที่แพร่หลายมากขึ้น แต่พบว่าต้นทุนการผลิตค่อนข้างสูง (Gutierrez-Wing and Malone, 2006) นอกจากนี้มีอีกวิธีการหนึ่งที่น่าสนใจคือ วิธีการตกตะกอนของแข็ง (sedimentation or settling technique)

เทคนิคการบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยการตกตะกอน จำเป็นต้องมีบ่อขนาดเพียงพอสำหรับการกักน้ำทิ้งไว้ และนานพอสำหรับสารแขวนลอยตกตะกอนได้ ซึ่งหลักคิดเบื้องต้นหากนำน้ำภายในบ่อเลี้ยงในช่วงระหว่างการเลี้ยงทั้งหมดมาทำการตกตะกอน จะเป็นปริมาตรน้ำที่สูงมากและไม่มีประสิทธิภาพ ความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรมจึงเป็นไปได้ยาก เพราะเกษตรกรต้องใช้บ่อตกตะกอนเพื่อบำบัดน้ำทิ้งที่มีขนาดใหญ่ ใช้พื้นที่มาก เป็นการเบียดเบียนพื้นที่การผลิตของเกษตรกร แต่อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทิ้งอาจเพิ่มสูงขึ้น หากสามารถปฏิบัติเพียงส่วนสุดท้ายของการระบายน้ำทิ้งแล้วนำน้ำทิ้งส่วนสุดท้ายดังกล่าวมาทำการตกตะกอนในบ่อตกตะกอนต่อไป ทั้งนี้มีงานวิจัยจำนวนมากรายงานว่า ความเข้มข้นของสารอาหารและของแข็งในน้ำทิ้ง มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในช่วง 5-20% สุดท้ายของปริมาตรน้ำทิ้งที่ระบายออกมาจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (Schwartz and Boyd, 1994; Teichert-Coddington *et al*., 1996)

ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีการตกตะกอน มาใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลาช่อน และพัฒนาเทคนิคการระบายน้ำควบคู่กับการตกตะกอนในบ่อเลี้ยงปลาหลังเก็บเกี่ยว โดยไม่ต้องมีบ่อตกตะกอน ก่อนระบายน้ำสู่สาธารณะ เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และคุณภาพน้ำผ่านค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด พ.ศ. 2550

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้ทำการศึกษาในช่วงระหว่างการเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งบ่อเลี้ยงปลาช่อนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นบ่อของเกษตรกร ตำบลห้วยคันแหลน อำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง ลักษณะของบ่อเป็นบ่อดินรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีพื้นที่ประมาณ 1 ไร่ จำนวน 3 บ่อ ระดับน้ำลึกประมาณ 160 เซนติเมตร โดยแต่ละบ่อปล่อยลูกปลาขนาดประมาณ 9 กรัม ลงเลี้ยงในบ่อดิน ในอัตรา 10,000 ตัวต่อไร่ และในระหว่างการเลี้ยงลูกปลาให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปที่มีระดับโปรตีนในอาหารไม่ต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ ความถี่ 2 มื้อต่อวัน ในช่วงเวลา 07.00 และ 15.30 น.ในอัตรา 2.5-6.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน เป็นระยะเวลาประมาณ 4 เดือน หรือได้ปลาขนาดประมาณ 300-400 กรัม การเปลี่ยนถ่ายน้ำ เริ่มมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำหลังจากเลี้ยงปลาไปแล้ว 3 สัปดาห์ สัปดาห์ละครั้งในอัตราประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำในบ่อ

การสูบน้ำออกจากบ่อเลี้ยงปลาช่อนส่วนใหญ่ เกิดเฉพาะในช่วงการเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งมีการระบายน้ำทิ้ง 100 เปอร์เซ็นต์ สำหรับรูปแบบของการระบายน้ำทิ้งออกจากบ่อ มีรูปแบบดังนี้คือ ตั้งแต่ระดับผิวน้ำ จนถึงระดับความลึกของน้ำพื้นก้นบ่อ ใช้วิธีการสูบน้ำด้วยเครื่องสูบน้ำ โดยวางหัวกะโหลกติดกับพื้นก้นบ่อ ซึ่งเป็นการระบายน้ำทิ้งจากระดับน้ำตอนล่างเป็นหลัก สำหรับตำแหน่งหรือจุดที่วางท่อพญานาคสำหรับสูบน้ำในครั้งนี้ ได้กำหนดจุดตำแหน่งที่ทำการสูบน้ำเพียงจุดเดียว ซึ่งเป็นจุดที่ต่ำที่สุดของพื้นก้นบ่อ โดยงานวิจัยนี้ แบ่งออกเป็น 3 การทดลองย่อย ดังนี้

การทดลองที่ 1 ศึกษาคุณภาพน้ำภายในบ่อเลี้ยงปลาช่อน ก่อนการเก็บเกี่ยว

การทดลองนี้เริ่มต้นเก็บข้อมูลในวันที่ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตปลา โดยเริ่มต้นด้วยการเก็บตัวอย่างน้ำก่อนที่ทำการสูบน้ำออกจากบ่อ โดยเก็บตัวอย่างน้ำที่ระดับความลึกของน้ำต่างกัน 6 ระดับ คือ 10, 20, 50, 100, 150 เซนติเมตรจากผิวน้ำและที่ระดับพื้นก้นบ่อ โดยใช้อุปกรณ์ท่อพีวีซีเก็บตัวอย่างน้ำตามระดับความลึกที่ต้องการ ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

<u>การคำนวณปริมาตรน้ำและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ</u> เนื่องจากบ่อที่ใช้การเลี้ยงปลาช่อนเพื่อใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ เป็นบ่อรูปทรงสี่เหลี่ยม โดยมีอัตราส่วนความลาดชันของคันบ่อในแนวดิ่งต่อในแนวราบเท่ากับ 2.5 : 1.7 ดังนั้นการคำนวณหาปริมาตรน้ำในบ่อแต่ละระดับ สามารถคำนวณได้ตามวิธีการของ Taparhudee (2010) คือ (ปริมาตรน้ำในบ่อ($ม^3$) = ½ × ผลบวกของพื้นที่หน้าตัดด้านคู่ขนาน × ความลึกของน้ำ) ตัวอย่างการคำนวณ เช่น บ่อที่ใช้เลี้ยงปลาในครั้งนี้ มีความกว้างเฉลี่ย 20 เมตร ความยาวเฉลี่ย 78.1 เมตร มีระดับความลึกเฉลี่ย 2.50 เมตร มีอัตราส่วนความลาดชันของคันบ่อในแนวดิ่งต่อในแนวราบเท่ากับ 2.5 : 1.7 ดังนั้นการคำนวณปริมาตรน้ำในบ่อที่ระดับความลึก 160 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระดับน้ำสูงสุดที่ใช้ในการเลี้ยงปลาตลอดการเลี้ยงปลาในครั้งนี้ (ซึ่งจะเทียบเป็นระดับปริมาตรน้ำ 100% ที่บรรจุในบ่อ) คำนวณได้โดยแทนค่าในสูตรข้างต้น = 0.5 × (1443.42 + 1240.02) × 1.60 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2,146.76 $ม^3$ และการคำนวณปริมาตรน้ำในบ่อที่ระดับความลึก 100 เซนติเมตร คำนวณได้ = 0.5 × (1366.04 + 1240.02) × 1.00 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1,303.03 $ม^3$ หรือเท่ากับ 60.70% ของปริมาตรน้ำที่ระดับน้ำสูงสุดในบ่อ เป็นต้น จากนั้นนำตัวอย่างน้ำมาตรวจสอบวิเคราะห์หาค่าคุณภาพน้ำ โดยนำดัชนีคุณภาพน้ำดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับ ค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด พ.ศ. 2550 ตามที่กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมกำหนด และวิธีการวิเคราะห์แสดงใน Table 1

Table 1 Water quality parameters and method reference analysis

Water quality parameters	Control standard	Unit	Method Reference Analysis
BOD	<20	mg/l	APHA (2005)
Total nitrogen	<4.0	mg/l	Raveh and Avnimelech (1979)
Total phosphorus	<0.5	mg/l	Raveh and Avnimelech (1979)
Total ammonia	<1.1	mg/l	APHA (2005)
Total suspended solids	<80	mg/l	APHA (2005)

การทดลองที่ 2 ศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลาช่อน ในระหว่างการเก็บเกี่ยว

การทดลองนี้ศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลาช่อนในช่วงระหว่างการเก็บเกี่ยวผลผลิตโดยใช้วิธีการระบายน้ำทิ้ง ตั้งแต่ระดับผิวน้ำจนถึงระดับพื้นก้นบ่อ ด้วยวิธีการสูบน้ำโดยใช้เครื่องสูบน้ำพญานาค ซึ่งวางหัวกะโหลกติดกับพื้นก้นบ่อ โดยในการระบายน้ำทิ้งออกจากบ่อ เกษตรกรจะมีขั้นตอนการระบายน้ำทิ้งออกจากบ่อ แบ่งเป็น 2 ครั้ง แต่ละครั้งที่ทำการระบายน้ำทิ้งจะทำต่างวันกัน ซึ่งการระบายน้ำในครั้งแรกมีจุดประสงค์ลดระดับน้ำเพื่อจับปลา โดยระบายน้ำในบ่อให้เหลือระดับความลึกของน้ำประมาณ 100 เซนติเมตร เพื่อจับปลาออกจากบ่อให้หมดหรือมากที่สุด เพื่อนำปลาไปขาย และการระบายน้ำครั้งที่ 2 เพื่อระบายน้ำทิ้งออกจากบ่อให้หมด และวางแผนการเตรียมบ่อสำหรับเลี้ยงปลารอบต่อไป

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำที่ถูกสูบระบายออกจากบ่อเก็บเกี่ยวผลผลิต 5 ช่วงระดับความลึก ระดับละ 3 ตัวอย่างต่อบ่อ อย่างต่อเนื่องจนน้ำหมดบ่อ โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ระดับความลึกของน้ำที่ต่างกัน 5 ช่วง ดังนี้ ช่วงที่ 1 และ 2 เป็นระบายน้ำครั้งที่ 1 ระดับความลึกของน้ำ 160 และ 159-100 เซนติเมตรจากผิวน้ำ ช่วงที่ 3 และ 4 เป็นระบายน้ำครั้งที่ 2 ระดับความลึกของน้ำ 99-60 และ 59-20 เซนติเมตรจากผิวน้ำ และช่วงที่ 5 คือน้ำจากก้นบ่อ รวม 15 ตัวอย่าง

นำตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์คุณภาพน้ำตาม Table 1 ทันที และนำผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของ 5 ระดับช่วงความลึก มาเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ และเปรียบเทียบคุณภาพน้ำในแต่ละระดับช่วงความลึกกับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด พ.ศ. 2550

การทดลองที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำทิ้งจากการเก็บเกี่ยวปลาช่อน ระหว่างการตกตะกอน

เมื่อพิจารณาผลของการทดลองที่ 2 ว่าระดับความลึกของน้ำในช่วงระดับใดที่อาจก่อให้เกิดวิกฤตต่อสิ่งแวดล้อมได้ นำตัวอย่างน้ำที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด มาศึกษาการตกตะกอนของปริมาณของของแข็งและสารอาหาร ในห้องปฏิบัติการ ตัวอย่างละ 3 ซ้ำต่อบ่อ โดยปล่อยน้ำในกระบอกตวงให้ตกตะกอนด้วยตนเองโดยไม่มีการรบกวนใดๆ เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำทิ้ง ในระหว่างการตกตะกอน และหาเวลาที่เหมาะสมในการจัดการตะกอนน้ำทิ้ง เก็บตัวอย่างน้ำและนำไปวิเคราะห์คุณภาพน้ำ (ตาม Table 1) ตามระยะเวลาตกตะกอนที่กำหนดคือ ตั้งแต่เริ่มปล่อยให้ตกตะกอน ชั่วโมงที่ 0,

และชั่วโมงที่ 1, 3, 6, 12, 24 และ 48 หลังการตกตะกอน

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทั้ง 3 การทดลอง ใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติเหมือนกัน คือ นำผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในแต่ละสิ่งทดลอง (ระดับความลึก ในการทดลองที่ 1 และ 2 หรือ เวลาตกตะกอน ในการทดลองที่ 3) มาวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) หาความแตกต่างทางสถิติ หากมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p<0.05) จึงเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับ p<0.05 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป และนำข้อมูลค่าคุณภาพน้ำที่ทำการตกตะกอน ณ ช่วงเวลาต่างๆ กัน ดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด พ.ศ. 2550

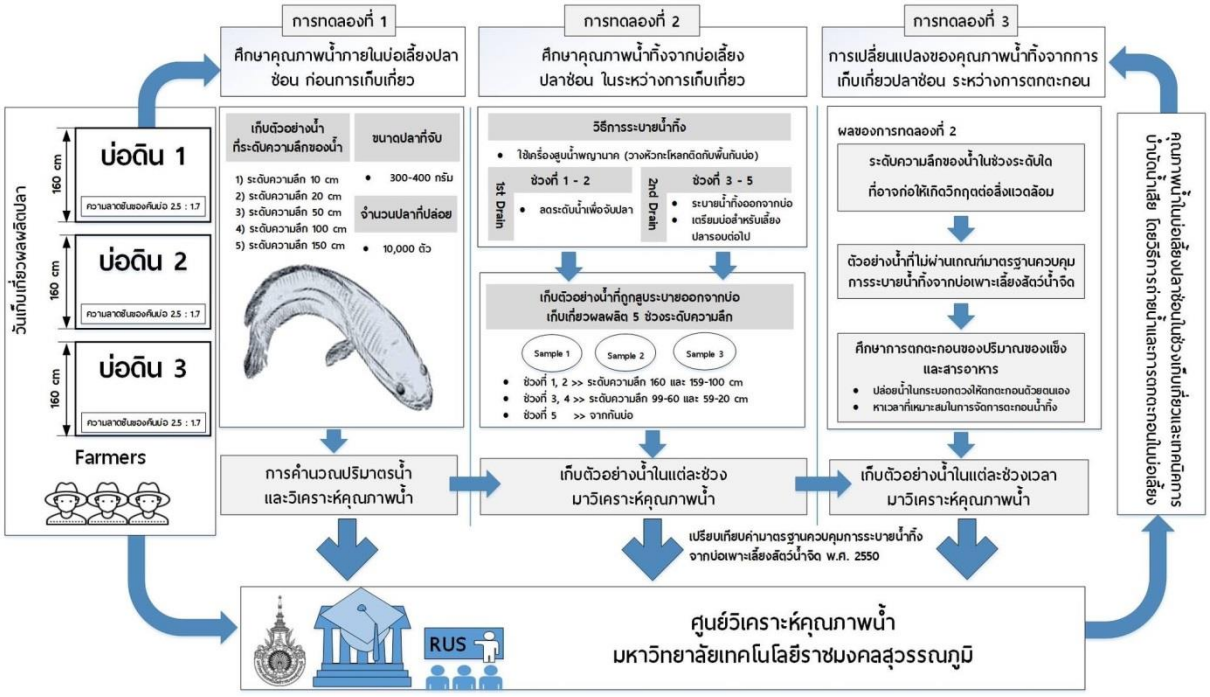

Figure 1 A summary diagram of the experimental process stages and the collection of experimental data throughout the trial period

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ผลการทดลองที่ 1 ศึกษาคุณภาพน้ำภายในบ่อเลี้ยงปลาช่อน ก่อนการเก็บเกี่ยว (ก่อนการสูบน้ำออกจากบ่อ)

ผลการคำนวณปริมาณน้ำในแต่ละระดับความลึกแสดงใน Table 2 และผลการวิเคราะคุณภาพน้ำแสดงใน Table 3 แสดงให้เห็นว่า ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทุกค่าที่ตรวจสอบที่ระดับความลึกของน้ำ 150, 100, 60, 20 เซนติเมตรและพื้นบ่อ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) โดยพบว่าค่าปริมาณไนโตรเจนรวมทุกระดับความลึกของน้ำยกเว้นพื้นก้นบ่อ มีค่าไม่เกินกว่าค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด พ.ศ. 2550 ส่วนค่าบีโอดี และปริมาณฟอสฟอรัสรวม ที่ระดับความลึกของน้ำไม่เกิน 100 เซนติเมตรจากผิวน้ำหรือปริมาตรน้ำในบ่อมากกว่า 33.4 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่เกินกว่าค่ามาตรฐาน และปริมาณสารแขวนลอยรวมในน้ำที่ระดับความลึกของน้ำไม่เกิน 60 เซนติเมตรจากผิวน้ำ

หรือปริมาตรน้ำในบ่อมากกว่า 60.70 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่เกินกว่าค่ามาตรฐาน แต่พบว่าปริมาณแอมโมเนียรวม ทุกระดับความลึกของน้ำที่ทำการตรวจวัด มีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด พ.ศ. 2550 กำหนด

Table 2 Water volume of the fish pond in each depth level from water surface

Water Depth (cm)	Water volume (m^3)	Water volume(%)
160	2,146.76	100.00
150	2,002.84	93.30
100	1,303.03	60.70
60	766.56	35.71
50	635.65	29.61
20	250.50	11.67
10	124.62	5.81
5	62.16	2.90

Table 3 Water quality parameters (mg/l) in fish pond before harvesting

Water Depth from surface	BOD	Total nitrogen	Total phosphorus	Total ammonia	Total suspended solids
10 cm	11.4±0.32 ^{e}	0.68±0.10 ^{e}	0.306±0.042 ^{d}	3.56±0.031 ^{f}	71.3±1.13 ^{e}
20 cm	18.6±0.46 ^{cd}	1.27±0.20 ^{d}	0.415±0.035 ^{bc}	3.89±0.028 ^{e}	74.3±1.41 ^{d}
50 cm	19.0±0.52 ^{c}	1.78±0.14 ^{cd}	0.445±0.028 ^{b}	4.56±0.035 ^{d}	74.8±2.32 ^{d}
100 cm.	19.8±0.31 ^{c}	1.97±0.12 ^{bc}	0.494±0.064 ^{ab}	5.78±0.029 ^{c}	92.5±3.62 ^{c}
150 cm	22.4±1.12 ^{b}	2.11±0.04 ^{b}	0.540±0.056 ^{a}	8.45±0.256 ^{b}	142.7±6.52 ^{b}
Pond bottom	54.8±2.28 ^{a}	5.01±0.64 ^{a}	0.650±0.140 ^{a}	12.45±0.56 ^{a}	912.7±48.08 ^{a}

Mean±SD with different superscript letter in column showed significant difference at $p<0.05$.

ทั้งนี้ ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ Gooley *et al*. (2000) ได้รายงานว่า ปัจจัยเนื่องจากอาหารที่ให้สัตว์น้ำกิน ส่งผลกระทบโดยตรงต่อความเข้มข้นของสารอาหารที่เพิ่มขึ้นภายในบ่อ อาจเกิดจากปริมาณสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์จากอาหารที่เหลือ และการปลดปล่อยของเสียออกมาจากตัวปลาในรูปของมูลและปัสสาวะ เป็นต้น ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของตะกอนสะสมบริเวณพื้นก้นบ่อเป็นหลัก ซึ่งถูกดูดซับเก็บสะสมลงไปในดินพื้นก้นบ่อ โดยอาจจะสะสมอยู่ในรูปของฟอสฟอรัสรวม และไนโตรเจนรวม ส่งผลให้ค่าบีโอดีบริเวณพื้นก้นบ่อมีค่าสูงขึ้น

ซึ่งปัจจัยดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแน่นอนในระยะสั้นหรือระยะยาว (Islam, 2005)

การศึกษาในครั้งนี้พบว่า ค่าปริมาณไนโตรเจนรวม ปริมาณฟอสฟอรัสรวมและปริมาณแอมโมเนียรวมบริเวณพื้นก้นบ่อ เท่ากับ 5.01, 0.65 และ 12.45 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ มีค่าใกล้เคียงสอดคล้องกับการทดลองของ Teichert-Coddington *et al.* (1999) ที่ได้ศึกษาในบ่อเลี้ยงกุ้ง โดยมีค่าเท่ากับ 4.15, 1.67 และ 2.40 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเลี้ยงปลาช่อน และการเลี้ยงกุ้งใช้อาหารสำเร็จรูปที่มีโปรตีนสูง โปรตีนไม่น้อยกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในอาหารที่มีโปรตีนสูง เมื่อสัตว์น้ำบริโภคเข้าไปก็ย่อมมีปริมาณสารอินทรีย์ และอนินทรีย์ จากอาหารที่สูงกว่า เมื่อมีอาหารเหลือจากการกินของปลาและมีการขับถ่ายปลดปล่อยของเสียออกจากร่างกาย ส่งผลให้มีสารอาหารตกค้างภายในบ่อ โดยเฉพาะบริเวณพื้นก้นบ่อที่สูงตามลำดับ (Halver and Hardy, 2002)

ผลการทดลองที่ 2 ศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลาช่อนในระหว่างการเก็บเกี่ยวผลผลิต

จากการศึกษาคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาช่อนที่หลายระดับความลึกขณะระบายน้ำออกจากบ่อ พบว่าค่าดัชนีคุณภาพน้ำทุกค่ามีความแตกต่างกันระหว่างระดับความลึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ดัง Table 4 โดยพบว่า การระบายน้ำครั้งที่ 1 ในช่วงที่ 1 และ 2 ระดับความลึกของน้ำ 160 ถึง 100 เซนติเมตร จากผิวน้ำ ค่าบีโอดี ปริมาณแอมโมเนียรวม และปริมาณสารแขวนลอยรวมในน้ำ มีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ส่วนค่าปริมาณไนโตรเจนรวม ปริมาณฟอสฟอรัสรวม ในช่วงระดับความลึกของน้ำในช่วงที่ 1 มีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานฯ แต่ในช่วงระดับลึกของน้ำในช่วงที่ 2 มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานฯ

แต่เมื่อระบายน้ำครั้งที่ 2 ในช่วงที่ 3 ถึง 5 ระดับความลึกน้อยกว่า 100 เซนติเมตร ถึงพื้นก้นบ่อ พบว่าค่าบีโอดี ปริมาณแอมโมเนียรวม และปริมาณสารแขวนลอยรวมในน้ำมีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐาน แต่ค่าปริมาณไนโตรเจนรวม ปริมาณฟอสฟอรัสรวม ซึ่งช่วงก่อนหน้านี้มีค่าไม่เกินมาตรฐานแล้ว กลับพบว่ามีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานอีกครั้งหนึ่ง ทั้งนี้อาจเนื่องจากการระบายน้ำทิ้งไม่ได้ต่อเนื่อง น้ำทิ้งช่วงที่ 3 เป็นช่วงแรกของการสูบน้ำครั้งที่ 2 ซึ่งทิ้งระยะเวลา 2-3 วันหลังการระบายน้ำครั้งแรก เพื่อทำการจับปลาขาย

ตะกอนของเสียต่างๆ ภายในบ่อซึ่งถูกรบกวนจากการระบายน้ำในรอบแรกเกิดการตะกอนลงสู่พื้นก้นบ่อ ซึ่งเมื่อทำการระบายน้ำรอบที่ 2 โดยใช้วิธีการวางหัวกะโหลกของท่อสูบน้ำติดกับพื้นก้นบ่อเช่นเดิม เมื่อเริ่มสูบน้ำออก ทำให้พื้นก้นบ่อถูกรบกวนอีกครั้ง ทำให้ค่าปริมาณไนโตรเจนรวม ปริมาณฟอสฟอรัสรวมกลับมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งหนึ่ง และเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด แต่เมื่อการระบายน้ำเข้าสู่ช่วงที่ 4 พบว่าค่าปริมาณไนโตรเจนรวม กลับมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด และย้อนกลับมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งเกินกว่าค่ามาตรฐานเมื่อการระบายน้ำเข้าสู่ช่วงที่ 5 ซึ่งเป็นพื้นก้นบ่อ ทั้งนี้เนื่องจากพื้นก้นบ่อเป็นดิน โคลน ซึ่งมีอินทรีย์วัตถุตกตะกอนทับถมสะสมตลอดการเลี้ยงมาก เมื่อปริมาณน้ำในบ่อลดน้อยลงมาก จึงทำให้ความเข้มข้นของสารอาหารต่างๆ ที่ละลายในน้ำส่วนก้นบ่อสูงมาก รวมถึงความหนาแน่นของปลาเพิ่มมากขึ้นมาก การเคลื่อนไหวของปลาทำให้ตะกอนถูกรบกวนขึ้นมา สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสรวมก็เช่นเดียวกันให้ผลแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน แต่จะมีปริมาณที่ตรวจพบมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานตั้งแต่เริ่มสูบระบายน้ำทิ้งในช่วงที่ 3 ยาวจนถึงช่วงที่ 5 ดัง Table 4

จากผลการศึกษานี้ คุณภาพน้ำที่ปล่อยออกมาจากบ่อเลี้ยงปลาช่อน ในช่วงระหว่างการเก็บเกี่ยวที่ระดับน้ำตั้งแต่ผิวน้ำจนถึงพื้นก้นบ่อพบว่า เมื่อเริ่มสูบน้ำเพื่อระบายน้ำใหม่ทุกครั้ง ทำให้ค่าดัชนีคุณภาพน้ำมีค่าสูงกว่าปกติ ทั้งนี้เนื่องจากรูปแบบการใช้เครื่องสูบน้ำที่วางหัวกะโหลกสูบน้ำติดกับพื้นก้นบ่อ เป็นการระบายน้ำจากด้านล่างสู่ด้านบน เมื่อเริ่มเปิดเครื่องสูบน้ำ แรงดูดน้ำและการเคลื่อนที่ของน้ำด้วยความรวดเร็วทำให้ดิน โคลนที่ตกตะกอนสะสมอยู่พื้นก้นบ่อถูกรบกวน ฟุ้งกระจายมากตามแรงดูดของเครื่องสูบ

Table 4 Drainage water quality parameters (mg/l) at different depth levels during harvesting

	Water Depth from surface (cm)	water quality parameters				
		BOD	Total nitrogen	Total phosphorus	Total ammonia	Total suspended solids
1st drain	Part 1: 160	67.6±2.83 ^{a}	3.67±0.12 ^{c}	0.78±0.023 ^{c}	5.23±0.31 ^{c}	1032.6±12.84 ^{c}
	Part 2: 159 - 100	48.7±0.57 ^{c}	2.82±0.14 ^{d}	0.48±0.032 ^{d}	3.87±0.22 ^{e}	269.5±6.78 ^{e}
2nd drain	Part 3: 99 - 60	68.6±4.74 ^{a}	4.12±0.14 ^{b}	0.85±0.045 ^{ab}	6.92±0.42 ^{b}	1167.4±12.07 ^{b}
	Part 4: 59 - 20	57.9±3.89 ^{b}	3.52±0.19 ^{c}	0.78±0.042 ^{bc}	4.67±0.13 ^{d}	453.7±9.76 ^{d}
	Part 5: pond bottom	68.8±4.24 ^{a}	5.27±0.16 ^{a}	0.89±0.067 ^{a}	12.83±0.34 ^{a}	1307.3±14.35 ^{a}

Mean±SD with different superscript letter in column showed significant difference at $p<0.05$.

สำหรับดัชนีคุณภาพน้ำทุกตัวที่ได้ทำการตรวจวัดในครั้งนี้ พบว่า ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทุกตัว มีค่าสูงในระยะช่วงเริ่มต้นของการสูบน้ำ ทั้งในช่วงที่ 1 และในช่วงที่ 2 และจะมีค่าลดลงในช่วงระดับน้ำต่อมา ทั้งนี้เนื่องจากในการสูบน้ำครั้งนี้เกษตรกรได้วางหัวกะโหลกเครื่องสูบน้ำติดกับพื้นก้นบ่อ ดังนั้นเมื่อสูบน้ำใหม่ทุกครั้งจะทำให้ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทุกค่ามีค่าเพิ่มสูงขึ้น เพราะในการสูบน้ำในระยะเริ่มต้นใหม่ทุกครั้งจะมีการรบกวนน้ำพื้นก้นบ่อมาก และเมื่อสูบน้ำไปสักระยะหนึ่งพบว่าความเข้มข้นของค่าดัชนีคุณภาพน้ำทุกตัวมีค่าลดลง แต่จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นมากในช่วงระดับน้ำใกล้พื้นก้นบ่อเนื่องจากมีของเสียสะสมบริเวณพื้นก้นบ่อในปริมาณมาก ดังแสดงใน Table 4 และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของค่าดัชนีคุณภาพน้ำที่ระดับความลึกของน้ำในช่วง 59-20 เซนติเมตรจากผิวน้ำ และที่ระดับความลึกของน้ำบริเวณพื้นก้นบ่อ กับระดับความลึกของน้ำในช่วง 159-100 เซนติเมตร ซึ่งทั้ง 3 ระดับเป็นระดับที่มีการสูบน้ำมาสักระยะหนึ่งแล้วไม่ใช่ระยะเริ่มต้นของการสูบน้ำใหม่ พบว่า ปริมาณสารแขวนลอยรวมในบ่อมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น 68.35 เปอร์เซ็นต์ (0.68 เท่า) และ 385.08 เปอร์เซ็นต์ (3.85 เท่า) ตามลำดับ ปริมาณแอมโมเนียรวมมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น 20.67 เปอร์เซ็นต์ (0.21 เท่า) และ 231.52 เปอร์เซ็นต์ (2.31 เท่า) ตามลำดับ ปริมาณไนโตรเจนรวมมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น 24.82 เปอร์เซ็นต์ (0.25 เท่า) และ 86.88 เปอร์เซ็นต์ (0.87 เท่า) ตามลำดับ ปริมาณฟอสฟอรัสรวมมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น 62.57 เปอร์เซ็นต์ (0.63 เท่า) และ 85.42

เปอร์เซ็นต์ (0.85 เท่า) ตามลำดับ และปริมาณบีโอดีมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น 18.89 เปอร์เซ็นต์ (0.19 เท่า) และ 41.27 เปอร์เซ็นต์ (0.41 เท่า) จากระดับความลึกของน้ำในช่วง 159-100 เซนติเมตร ตามลำดับโดยปริมาณความเข้มข้นของค่าดัชนีคุณภาพน้ำต่าง ๆ จะมีความเข้มข้นสูงขึ้นในระดับน้ำใกล้พื้นก้นบ่อ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Schwartz and Boyd (1994) ที่ได้รายงานไว้ว่าความเข้มข้นของสารอาหารที่ตรวจพบภายในบ่อจะมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับระดับความลึกของน้ำภายในบ่อขณะที่สูบน้ำออกจากบ่อ นอกจากนี้ยังพบว่าความเข้มข้นของปริมาณบีโอดี ปริมาณไนโตรเจนรวม ปริมาณฟอสฟอรัสรวม ปริมาณแอมโมเนียรวม และปริมาณสารแขวนลอยรวม มีความแตกต่างกัน ระหว่างระดับความลึกของน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) โดยปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารจะมีค่าสูงสุดในช่วงระดับความลึกของน้ำ 20 เซนติเมตรสุดท้ายหรือ 11.67 เปอร์เซ็นต์สุดท้าย ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Munsiri *et al*. (1996) และ Teichert-Coddington *et al*. (1999) ที่ได้รายงานว่าปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารและของแข็งในน้ำทิ้งมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น และมีค่ามากที่สุด ในช่วง 5-20 เปอร์เซ็นต์สุดท้ายของปริมาณน้ำทิ้งที่ปล่อยระบายออกมาจากบ่อ

ผลการทดลองข้างต้นชี้ให้เห็นว่าการรบกวนตะกอนพื้นก้นบ่อส่งผลต่อ การเพิ่มปริมาณสารแขวนลอยรวมในน้ำมากที่สุด รองลงมาคือ ปริมาณแอมโมเนียรวม ปริมาณไนโตรเจนรวม ปริมาณฟอสฟอรัสรวม และปริมาณบีโอดี ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณพื้นก้นบ่อจะเป็นแหล่งสะสมตะกอนของเสียต่างๆ ภายในบ่อตลอดเวลา เมื่อมีการรบกวนพื้นก้นบ่อ โดยเฉพาะเมื่อมีการสูบน้ำระบายน้ำทิ้งออกจากบ่อ จะส่งผลให้ตะกอนสารแขวนลอยต่าง ๆ เกิดการฟุ้งกระจายได้ง่าย ส่งผลให้ค่าปริมาณสารแขวนลอยรวมในน้ำที่ตรวจวัดได้มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ตามลำดับ (Ayub *et al*., 1993) ในขณะเดียวกันปริมาณแอมโมเนียรวม ปริมาณไนโตรเจนรวม ปริมาณฟอสฟอรัสรวม และค่าบีโอดี มีค่าเพิ่มสูงขึ้นในระดับรองลงมา ทั้งนี้เนื่องจากโดยส่วนใหญ่แล้ว ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมักจะถูกดูดซับเก็บสะสมลงไปในดินพื้นก้นบ่อ อาจจะสะสมอยู่ในรูปของไนโตรเจนรวม และฟอสฟอรัสรวม ส่งผลต่อเนื่องให้ค่าบีโอดีบริเวณพื้นก้นบ่อมีค่าสูงขึ้น (Islam, 2005)

Schwartz and Boyd (1994); Boyd (1995); Teichert-Coddington *et al*. (1996); Teichert-Coddington *et al*. (1999) ได้รายงานว่าน้ำทิ้งที่ระบายออกมาจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ มักประกอบด้วยสารอาหารที่เกิดจากการสะสมในช่วงระหว่างการเลี้ยง ซึ่งน้ำทิ้งดังกล่าวประกอบด้วยตะกอนสารอินทรีย์ ที่เกิดจากการตายของแพลงก์ตอน อาหารที่สัตว์น้ำไม่กิน และของเสียที่เกิดจากการเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งในบ่อเลี้ยงปลาและบ่อเลี้ยงกุ้ง สารอาหารเหล่านี้ส่วนหนึ่งแขวนลอยอยู่ในน้ำ และจากการศึกษาของ Ayub *et al*. (1993) ในบ่อเลี้ยงปลานิลในช่วงระหว่างการเก็บเกี่ยวผลผลิต พบว่าปริมาณสารแขวนลอยของตะกอนจะเพิ่มปริมาณสูงขึ้น เมื่อมีการสูบน้ำระบายน้ำทิ้งออกจากบ่อ และสอดคล้องกับรายงานของ Teichert-Coddington *et al*. (1996) ที่ได้รายงานผลการศึกษาคุณภาพน้ำจากการระบายน้ำทิ้งออกจากบ่อเลี้ยงกุ้งของประเทศฮอนดูรัส ซึ่งปล่อยกุ้งในอัตราความหนาแน่น 7-10 ตัวต่อตารางเมตร พบว่าค่าความเข้มข้นของปริมาณไนโตรเจนรวม ปริมาณฟอสฟอรัสรวม ปริมาณสารอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำ และตะกอนหนักมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับระดับความลึกของน้ำภายในบ่อขณะที่มีการสูบน้ำออกจากบ่อ

จากการศึกษาในครั้งนี้ยังพบว่าปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำก่อนระบายทิ้งออกจากบ่อ จะมีความเข้มข้นเพิ่มสูงขึ้นตามระดับความลึกของน้ำที่ต่ำลง

ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 3 และเมื่อเริ่มมีการสูบน้ำเพื่อเริ่มต้นการระบายน้ำใหม่ทั้ง 2 ครั้งจะทำให้ค่าปริมาณแอมโมเนียรวมมีค่าสูงกว่าปกติ ทั้งนี้อาจเกิดจากการรบกวนตะกอนของเสียที่พื้นก้นบ่อขณะทำการสูบน้ำออก ทำให้เกิดการกวนตะกอนปล่อยแอมโมเนียออกมา ซึ่งแอมโมเนียที่ผลิตในบ่อส่วนใหญ่เกิดจากตะกอนธาตุอาหารอินทรียวัตถุที่เกิดจากแบคทีเรียย่อยสลายออกมา แล้วปลดปล่อยสู่น้ำ ทำให้การคายแอมโมเนีย จากตะกอนดินสู่น้ำเกิดขึ้นอย่างรวดภายในเวลาไม่กี่นาที (Reddy *et al*., 2009) อีกทั้งค่าปริมาณแอมโมเนียรวมในทุกระดับความลึกของน้ำมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดมาก ทั้งนี้อาจเกิดจากความผิดพลาดของเกษตรกรเกี่ยวกับการจัดการด้านอาหาร เกษตรกรให้อาหารมากเกินไป หรือให้ผิดเวลา ปลาไม่กินอาหาร และเหลือทิ้งสะสมที่พื้นก้นบ่อ ส่งผลให้อาหารเปลี่ยนรูปเป็นแอมโมเนีย ละลายในน้ำเพิ่มสูงมากกว่าปกติ

ซึ่งเมื่อพิจารณาคุณภาพน้ำในภาพรวมจากค่าปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและแอมโมเนียแล้วพบว่า เกือบทุกระดับความลึกของน้ำ ตั้งแต่เริ่มต้นระบายน้ำทิ้งจนถึงสิ้นสุดการเก็บเกี่ยว มีค่าดัชนีคุณภาพน้ำเกือบทุกค่า เกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด พ.ศ. 2550 ทั้งนี้ เนื่องจากปริมาณสารอินทรีย์ และอนินทรีย์ จากอาหารที่เหลือจากปลากินและการปลดปล่อย ของเสียออกมาจากตัวปลาในรูปของมูลและปัสสาวะ จะเกิดการตกตะกอนสะสมบริเวณพื้นก้นบ่อเป็นหลัก โดยถูกดูดซับเก็บสะสมลงไปในดินพื้นก้นบ่อ อยู่ในรูปของฟอสฟอรัสรวม หรือส่งผลให้ค่าบีโอดีบริเวณพื้นก้นมีค่าสูงขึ้น (Gooley *et al*., 2000) ซึ่งสอดคล้องกับ Teichert-Coddington *et al.* (1999) ที่ได้ศึกษาการบำบัดน้ำทิ้งในบ่อเลี้ยงกุ้ง ที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปที่มีโปรตีนสูงถึง 40-45 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าพบว่าเมื่อระดับน้ำลดลงถึงระดับในช่วง 40 เซนติเมตรสุดท้าย (ซึ่งใช้เครื่องสูบน้ำระบายน้ำทิ้งออกจากบ่อ) จะทำให้ค่าปริมาณฟอสฟอรัสรวม สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ส่วนค่าปริมาณไนโตรเจนรวมและปริมาณแอมโมเนียรวม ยังมีค่าต่ำกว่า สามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดได้ ยกเว้นระดับบริเวณพื้นก้นบ่อ

สำหรับปริมาณสารแขวนลอยรวมในน้ำพบว่ามีค่าเพิ่มสูงขึ้น คิดเป็นปริมาณประมาณ 0.42 เท่าเมื่อเทียบกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำภายในบ่อก่อนระบายน้ำทิ้งที่ระดับพื้นก้นบ่อ ปริมาณฟอสฟอรัสและไนโตรเจนมีค่าเพิ่มขึ้น 0.37 และ 0.05 เท่าค่าดัชนีคุณภาพน้ำภายในบ่อก่อนระบายน้ำทิ้งที่ระดับพื้นก้นบ่อ ดังนั้นแนวทางการจัดการที่ดีที่สุดเพื่อลดปริมาณสารแขวนลอยในบ่อ ควรมีการจัดการเกี่ยวกับเทคนิคที่จะช่วยลดการรบกวนตะกอนพื้นก้นบ่อ โดยควรวางแผนในการระบายน้ำทิ้งออกจากบ่อจากระดับน้ำตอนบนสู่ระดับน้ำตอนล่าง ซึ่งจะสามารถช่วยลดการรบกวนตะกอนพื้นก้นบ่อได้ ทำให้การระบายน้ำทิ้งออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติภายนอกในช่วงระหว่างการเก็บเกี่ยวสามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้

ผลการทดลองที่ 3 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำทิ้งจากการเก็บเกี่ยวปลาช่อน ระหว่างกระบวนการตกตะกอน

จากการนำตัวอย่างน้ำทิ้งทั้งหมดทุกระดับความลึก จากระดับผิวน้ำจนถึงพื้นก้นบ่อเลี้ยงปลาช่อนในช่วงระหว่างการเก็บเกี่ยวผลผลิตมารวมกันและปล่อยให้ตกตะกอนในห้องปฏิบัติการ พบว่าค่าดัชนีคุณภาพน้ำทุกค่ามีแตกต่างกันระหว่างระยะเวลาที่ตกตะกอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ดังแสดงผลใน Table 5

Table 5 Drainage water quality parameters (mg/l and % of initial settling) of the last 50 cm over pond bottom after sedimentation setting at different different settling times.

Settling time (Hour)	water quality parameters				
	BOD	**Total nitrogen**	**Total phosphorus**	**Total ammonia**	**Total suspended solids**
0	89.9±3.89 [a]	3.72±0.45 [a]	0.79±0.062 [a]	4.97±0.23 [a]	1562.6±22.84 [a]
	100%	100%	100%	100%	100%
1	27.5±0.34 [b]	1.84±0.15 [b]	0.355±0.008 [b]	1.234±0.013 [b]	246.7±5.78 [b]
	30.60%	49.50%	44.90%	24.80%	15.80%
6	15.3±0.45 [c]	1.68±0.16 [bc]	0.342±0.006 [bc]	0.341±0.008 [c]	116.5±7.56 [c]
	17.00%	45.20%	43.30%	6.90%	7.50%
12	12.8±0.15 [d]	1.64±0.18 [bc]	0.337±0.007 [c]	0.269±0.012 [d]	105.6±6.73 [c]
	14.20%	44.10%	42.70%	5.40%	6.80%
24	9.7±0.38 [e]	1.60±0.12 [bc]	0.335±0.011 [c]	0.260±0.007 [d]	77.8±8.68 [d]
	10.80%	43.00%	42.40%	5.20%	5.00%
48	9.1±0.26 [e]	1.50±013 [d]	0.322±0.016 [d]	0.243±0.005 [e]	62.61±8.20 [d]
	10.10%	40.30%	40.80%	4.90%	4.00%

Mean±SD with different superscript letter in column showed significant difference at $p<0.05$.

โดยดัชนีคุณภาพน้ำแต่ละค่าใช้เวลาในการตกตะกอนจนน้ำมีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดที่กฎหมายกำหนดแตกต่างกัน ซึ่งมีเพียงค่าปริมาณไนโตรเจนรวม ที่ ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตั้งแต่เริ่มต้นการตกตะกอนของน้ำแล้ว นอกจากนั้นพบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสรวมใช้ระยะเวลาในการตกตะกอน 1 ชั่วโมงโดยลดลง 55.10 เปอร์เซ็นต์ ค่าบีโอดีและปริมาณแอมโมเนียรวมใช้ระยะเวลาในการตกตะกอน 6 ชั่วโมงโดยลดลง 83.00 และ 93.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนค่าปริมาณสารแขวนลอยรวมในน้ำใช้ระยะเวลามากที่สุดคือ 24 ชั่วโมง โดยลดลง 95.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Teichert-Coddington *et al*. (1999) ที่รายงานผลการตกตะกอนน้ำทิ้งจากบ่อกุ้งให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำได้ในเวลา 24 ชั่วโมงเท่ากัน

เมื่อเปรียบเทียบความเร็วในการตกตะกอนจนเริ่มคงที่ของน้ำทิ้งจากบ่อปลาช่อนนี้ กับการศึกษาในบ่อเลี้ยงกุ้งของ Teichert-Coddington *et al*. (1999) พบว่าค่าปริมาณไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวมลดลงและเริ่มคงที่ในเวลาเพียง 1 ชั่วโมงซึ่งใช้เวลาน้อยกว่างานวิจัยนี้ถึง 5 ชั่วโมง อาจเกิดจากการเก็บข้อมูลที่ละเอียดกว่า โดยเพิ่มการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในชั่วโมงที่ 1 หลังตกตะกอน ทำให้สามารถเห็นภาพการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนโตรเจนรวม และปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่ตกตะกอนอย่างรวดเร็วได้

ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า สารแขวนลอยในน้ำเป็นปัญหาสำคัญของการบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อปลาช่อนมากที่สุด และต้องใช้เวลานานที่สุดในการตกตะกอน จึงควรหลีกเลี่ยง การรบกวนน้ำหรือการกวนให้ตะกอนที่ระดับพื้นบ่อฟุ้งกระจายเป็นสารแขวนลอยในน้ำ การที่เกษตรกรสูบน้ำด้วยเครื่องพญานาคที่วางปลายท่อดูดน้ำที่ก้นบ่อเป็นการเพิ่มสารแขวนลอยในน้ำที่ควรหลีกเลี่ยง เพราะส่งผลทำให้ค่าคุณภาพน้ำเกือบทุกค่าที่ทำการตรวจวัดไม่ผ่านมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ตั้งแต่เมื่อเริ่มต้นใช้เครื่องสูบน้ำสูบระบายน้ำทิ้งออกจากบ่อ

ดังนั้น วิธีบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลาช่อนระหว่างการเก็บเกี่ยวผลผลิต ที่เป็นรูปธรรม มีประสิทธิภาพ และผ่านเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด และรักษาสิ่งแวดล้อม คือ ทำการตกตะกอนของแข็งและสารแขวนลอย เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนระบายน้ำทิ้งออกจากบ่อ แล้วค่อยๆ ระบายน้ำส่วนบนของบ่อออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกโดยไม่ทำให้ตะกอนฟุ้งกระจายหรือน้ำขุ่น

สรุป

จากผลการศึกษาพบว่า คุณภาพน้ำในบ่อปลาช่อนก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต มีความแตกต่างกันในทุกระดับความลึก (p<0.05) โดยระดับลึกกว่า 100 เซนติเมตร จากผิวน้ำไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด และวิธีการระบายน้ำออกจากบ่อด้วยเครื่องสูบน้ำโดยวางหัวกะโหลกติดกับพื้นก้นบ่อเพื่อระบายน้ำจากส่วนใกล้พื้นบ่อทำให้ตะกอนฟุ้งกระจาย คุณภาพน้ำทิ้งในภาพรวมตลอดเวลาการระบายน้ำต่ำลง ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน วิธีการบำบัดน้ำทิ้งด้วยการตกตะกอน 24 ชั่วโมงช่วยเพิ่มคุณภาพน้ำทิ้งจนผ่านเกณฑ์มาตรฐานได้ทุกตัวชี้วัด อย่างไรก็ตามต้องพัฒนาเทคนิคการระบายน้ำทิ้งที่ไม่รบกวนตะกอนพื้นบ่อให้ฟุ้งกระจาย ไม่ทำให้น้ำทิ้งขุ่นทั้งนี้ แนะนำว่า เกษตรกรควรระบายน้ำตอนบนผิวน้ำออกก่อน โดยอาจใช้ท่อระบายน้ำเป็นลักษณะข้องอ ใช้วิธีกาลักน้ำ หากสภาพแวดล้อมเอื้ออำนวย หรือให้ยกปลายหัวกะโหลกท่อสูบน้ำสูงกว่าพื้นก้นบ่อในการระบายน้ำส่วนแรก สำหรับน้ำส่วนใกล้พื้นบ่อซึ่งมีสารอินทรีย์สูงมาก เมื่อมีปริมาณลดน้อยลงมากแล้วจำเป็นต้องทำการบำบัดโดยวิธีการตกตะกอนหรือร่วมกับวิธีการอื่นๆ ก่อนปล่อยน้ำทิ้งสู่สาธารณะ ส่วนตะกอนอาจทำให้แห้งจำหน่ายเป็นปุ๋ยต่อไป อย่างไรก็ตาม ควรต้องมีการศึกษาเทคนิควิธีการบำบัดน้ำทิ้งให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและต้นทุนต่ำลงต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว) ที่ได้สนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่สำนักงานวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิทุกท่านที่ได้บริการช่วยเหลือประสานงานให้นักวิจัยทำงานได้สะดวกด้วยดีตลอดมา และขอขอบพระคุณ ฟาร์มปลาช่อนวิเศษฟาร์มและฟาร์มพี่สุรีรัตน์ ตำบลห้วยคันแหลน อำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์ต่างๆสำหรับใช้ในการศึกษาทดลองในครั้งนี้ และขอขอบคุณคุณพี่ลันทม และคุณสุรพล ที่ได้ช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างน้ำ และช่วยเหลือให้ความสะดวกในการเก็บข้อมูลต่างๆ ในช่วงระหว่างการทดลองด้วยดีตลอดมา คณะนักวิจัยต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

APHA. 2005. **Standard Methods of the Examination of Water and Wastewater.** 22th edition. United Books Press, Maryland.

Ayub, M., Boyd, C.E. and Teichert-Coddington, D. 1993. Effects of urea application, aeration, and drying on total carbon concentrations in pond bottom soils. **The Progressive Fish Culturist** 55(3): 210-213.

Boyd, C.E. 1995. **Bottom Soils, Sediment and Pond Aquaculture.** Chapman and Hall, New York.

Cole, B.A. and Boyd, C.E. 1985. Feeding rate, water quality, and channel catfish production in ponds. **The Progressive Fish Culturist** 48(1): 25-29.

Gooley, G.J., DeSilva, S.S., Hone, P.W., McKinnon, L.J. and Ingram, B.A. 2000. Cage aquaculture in Australia: a developed country perspective with reference to integrated aquaculture development within inland waters, pp. 21-37. *In* **Proceedings of the First International Symposium on Cage Aquaculture in Asia.** Manila, Philippines.

Gutierrez-Wing, M.T. and Malone, R.F. 2006. Biological filters in aquaculture: Trends and research directions for freshwater and marine applications. **Aquacultural Engineering** 34(3): 163-170.

Halver, J.E. and Hardy, R.W. 2002. **Fish Nutrition.** 3rd edition. Academic Press, San Diego.

Islam, M.S. 2005. Nitrogen and phosphorus budget in coastal and marine cage aquaculture and impacts of effluent loading on ecosystem: review and analysis towards model development. **Marine Pollution Bulletin** 50(1): 48-61.

Munsiri, P., Boyd, C.E., Teichert-Coddington, D. and Hajek, B.F. 1996. Texture and chemical composition of soils from shrimp ponds near Choluteca, Honduras. **Aquaculture International** 4(2): 157-168.

National of the Ministry of Natural Resources and Environment. 2007. **Effluent Standard for Inland Aquaculture, dated November 23, B.E.2550 (2007).** Published documents, National of the Ministry of Natural Resources and Environment. (in Thai).

Raveh, A. and Avnimelech, Y. 1979. Total nitrogen analysis in water, soil and plant material with persulphate oxidation. **Water Research** 13(9): 911-912.

Reddy, K.R., Hettiarachchi, H., Parakalla, N.S., Gangathulasi, J. and Bogner, J.E. 2009. Geotechnical properties of fresh municipal solid waste at Orchard Hills Landfill, USA. **Waste Management** 29(2): 952-959.

Schwartz, M.F. and Boyd, C.E. 1994. Channel catfish pond effluents. **The Progressive Fish Culturist** 56(4): 273-281.

Schwartz, M.F. and Boyd, C.E. 1995. Constructed wetlands for treatment of channel catfish pond effluents. **The Progressive Fish Culturist** 57(4): 255-266.

Taparhudee, W. 2010. **Construction of aquaculture ponds.** Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Teichert-Coddington, D.R. 1995. **Estuarine water quality and sustainable shrimp culture in Honduras, Thirteenth Annual Report.** Available Source: http://pdacrsp.oregonstate.edu/pubs/Technical/13Techpdf/2.b .1.pdf, May 9, 2020.

Teichert-Coddington, D.R., Martinez, D. and Ramı´rez, E. 1996. **Pond Dynamics/Aquaculture, Thirteenth Annual Administrative Report.** Available Source: https://aquaculture.oregonstate.edu/sites/aquaculture.oregonstate.edu/files/2022-10/crsp-13thannualadministrativereport.pdf, May 19, 2021.

Teichert-Coddington, D.R., Rouse, D.B., Potts, A. and Boyd, C.E. 1999. Treatment of harvest discharge from intensive shrimp ponds by settling. **Aquacultural Engineering** 19(3): 147-161.