ผลของอาหารผสมสำเร็จสำหรับปลาช่อน *(Channa striata)* ต่อคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำทิ้ง

Effect of Completed Feed for Snakehead Fish *(Channa striata)* on Fish Pond Effluent and Wastewater Treatment System

คำนำ

ปลาช่อน *(Channa striatus)* เป็นปลาน้ำจืดที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจของไทย กรมประมง (2548) รายงานว่าผลผลิตปลาช่อนที่ได้จากการเลี้ยงใน พ.ศ. 2546 มีสูงถึง 6,100 ตันต่อปี คิดเป็นมูลค่า 376,525,000 บาท ปลาช่อนเป็นปลาที่อาศัยอยู่ตามแหล่งน้ำธรรมชาติ แต่ในปัจจุบันแหล่งน้ำธรรมชาติซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยของปลาช่อนได้ลดน้อยลง ทั้งนี้เนื่องจากได้มีการนำพื้นที่ดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นมากกว่า ขณะเดียวกันปัญหาการเกิดมลภาวะในแหล่งน้ำก็เพิ่มมากขึ้น ทำให้ผลผลิตของปลาช่อนที่ปรากฏอยู่ตามธรรมชาติลดจำนวนลง ด้วยเหตุนี้เกษตรกรจึงได้หันมาเลี้ยงปลาช่อนเพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตให้เพียงพอกับความต้องการของประชาชน แต่ผู้เลี้ยงต้องประสบปัญหาในเรื่องของการให้อาหารและการเน่าเสียของน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากปลาช่อนเป็นปลากินเนื้อ อาหารที่เกษตรกรนิยมใช้เลี้ยง คือ อาหารสด เช่น ปลาเป็ดบดผสมรำ หอย หรือไส้ไก่ที่สับแล้ว (ยุพินท์, 2541) แต่ในปัจจุบันปลาเป็ดมีปริมาณลดน้อยลง อีกทั้งมีปัญหาเรื่องการขนส่งและการเก็บรักษา เนื่องจากแหล่งเลี้ยงปลาช่อนอยู่ห่างจากแหล่งปลาเป็ดจึงทำให้เกิดการเน่าเสีย ซึ่งส่งผลให้คุณค่าทางอาหารของปลาเป็ดลดลง นอกจากนี้การใช้ปลาเป็ดเป็นอาหารยังส่งผลต่อคุณภาพน้ำในการเลี้ยง เนื่องจากอาหารปลาเป็ดมีลักษณะเปื่อยยุ่ย สลายตัวในน้ำได้เร็ว ทำให้น้ำเน่าเสียได้ง่าย และเป็นสาเหตุของการเกิดโรคตามมา ดังนั้นเกษตรกรจึงต้องมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำอย่างสม่ำเสมอ ทำให้มีการระบายของเสียออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งมีผลให้คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติลดต่ำลง ดังนั้นหากได้มีการศึกษาถึงวิธีการที่จะช่วยลดปัญหาการเน่าเสียของแหล่งน้ำ เช่น การปรับปรุงรูปแบบของอาหารที่ใช้เลี้ยงให้มีความคงทนในน้ำได้นานขึ้น มีคุณค่าสารอาหารที่เพียงพอกับความต้องการของปลา สามารถย่อยและดูดซึมได้ดี ก็น่าจะช่วยลดปัญหาดังกล่าวลงได้ อย่างไรก็ตามการยอมรับอาหารสำเร็จรูปของปลาบางชนิด โดยเฉพาะปลาที่กินอาหารสดพบว่ายังต่ำอยู่ และการให้อาหารสดแก่ปลากินเนื้ออย่างปลาช่อนก็มีผลต่อการเน่าเสียของน้ำได้ง่าย ซึ่งจะมีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงและน้ำที่ระบายสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้ จึงควรมีการบำบัดน้ำก่อนที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาผลของการสูญเสียปริมาณโภชนะจากอาหาร 2 ชนิด คือ อาหารปลาเป็ดผสมรำ และอาหารผสมสำเร็จ

2. ศึกษาผลของการใช้อาหาร 2 ชนิด คือ อาหารปลาเป็ดผสมรำ และอาหารผสมสำเร็จ ต่อการเจริญเติบโตของปลาช่อน และคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลา

3. ศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลาช่อน โดยศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดแบบบ่อผึ่ง ระบบบำบัดแบบบ่อเติมอากาศเฉพาะผิวหน้าน้ำ ระบบบำบัดที่ใช้ปลานิลในการบำบัด และระบบบำบัดที่ใช้ปลาสวายในการบำบัด

การตรวจเอกสาร

ปลาช่อน

ปลาช่อนมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Channa striatus* อยู่ในอันดับ (order) Labyrinthia และครอบครัว (family) Channidae (Ophicephalidae) (นิพนธ์, 2511) มีชื่อเรียกโดยทั่วไปว่า Serpenthead fish หรือ Snakehead fish หรือ Murrel (มานพ, 2524) ปลาช่อนมีมากในแถบเอเชีย คือตั้งแต่ประเทศจีนตอนใต้ ไทย อินเดีย ศรีลังกา ตลอดจนอินโดนีเซีย และฟิลิปปินส์ ชอบอยู่ตามแม่น้ำ ลำคลอง หนองบึง ที่มีดินเป็นโคลนและมีน้ำนิ่ง ตามปกติชอบอาศัยในน้ำตื้น และสามารถอยู่ได้ในน้ำกร่อยที่มีความเค็ม 0.2 - 0.3 เปอร์เซ็นต์ และมี pH ตั้งแต่ 4.0 - 9.0 เป็นปลาที่ทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม (เจริญ, 2502) ลำตัวมีลักษณะยาวรูปทรงกระบอก ส่วนท้องแบน ลำตัวยาวประมาณ 3 เท่าของส่วนหัว เกล็ดตามลำตัวเป็นสีเทาจนถึงน้ำตาลอมเทา ส่วนหลังมีสีดำ ท้องขาว สีเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อมของแหล่งที่อยู่อาศัย บริเวณด้านข้างลำตัวมีลายดำพาดเฉียงลำตัว ส่วนหัวแบนลง ด้านบนและด้านข้างของลำตัวมีเกล็ดขนาดใหญ่ ปากกว้าง ขากรรไกรยืดหดได้ มุมปากยาวถึงตา ริมฝีปากล่างยื่นยาวกว่าริมฝีปากบน ที่ขากรรไกรมีฟันซี่เล็ก ๆ เรียงเป็นแถบ ตามีขนาดใหญ่ ครีบทุกครีบไม่มีก้านครีบแข็ง ครีบหลังและครีบก้นมีความยาวเกือบถึงโคนครีบหาง ครีบก้นมีก้านครีบ 24 - 26 อัน ครีบหางแบนและกลม ที่เส้นข้างตัวมีเกล็ดประมาณ 49 - 55 เกล็ด (ปัญญา, 2530)

ปลาช่อนเป็นปลาที่มีความอดทนและปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี เนื่องจากมีอวัยวะพิเศษช่วยในการหายใจ (accessory respiratory organ) ที่เรียกว่า Labryrinth organ ซึ่งอยู่ในโพรงเล็ก ๆ เหนือซี่เหงือก โดยมีลักษณะเป็นปุ่ม ปม หรือเป็นริ้ว ทำให้สามารถอยู่ในน้ำที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอได้ หรือในเวลาที่เหงือกทำหน้าที่ไม่ได้ อวัยวะนี้สามารถใช้เป็นทางรับออกซิเจนจากความชื้นและอากาศแล้วเก็บกักไว้ในโพรงนี้ ดังนั้นปลาช่อนสามารถทนอยู่ในโคลน เลน และมีชีวิตอยู่ได้นานเป็นเดือน (วิทย์, 2511) ด้วยเหตุที่ปลาช่อนมีอวัยวะพิเศษดังกล่าว นักวิทยาศาสตร์จึงจัดปลาช่อนให้อยู่ในอันดับเดียวกับปลาหมอไทย ปลาหมอตาล ปลากริม ปลากัด และปลากระดี่

การแพร่พันธุ์ ฤดูและการวางไข่

ปลาช่อนวางไข่เกือบตลอดทั้งปี ในอินเดียพบว่าวางไข่ระหว่างเดือนพฤษภาคม – มิถุนายน ครั้งหนึ่ง และในเดือนธันวาคม – กุมภาพันธ์อีกครั้งหนึ่ง ส่วนประเทศอินโดนีเซียปลาช่อนวางไข่ระหว่างเดือนมกราคม – พฤษภาคม (Hora, 1955) สำหรับประเทศไทยนั้นปลาช่อนวางไข่ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม – ตุลาคม ส่วนในเดือนมิถุนายน – กรกฎาคมนั้นพบว่าปลาช่อนวางไข่มากที่สุด (อำพล, 2539)

อุปนิสัยของปลาช่อน

ปลาช่อนเป็นปลาที่หากินตั้งแต่บริเวณพื้นดินจนถึงผิวน้ำ และชอบอาศัยอยู่ในที่มีความลึกไม่เกิน 1 เมตร เป็นปลาที่มีกระเพาะลมใหญ่และชอบขึ้นมาหายใจบนผิวน้ำ ปลาช่อนมีนิสัยในการอพยพย้ายถิ่นจากแหล่งหนึ่งไปสู่อีกแหล่งหนึ่ง ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงการอยู่รวมกันอย่างหนาแน่น เพื่อหาที่ที่เหมาะสมในการวางไข่และเพื่อหาแหล่งอาหารที่สมบูรณ์กว่า สำหรับการเคลื่อนที่และการกำบังตัวของปลาช่อน พบว่าปลาช่อนจะมีการเคลื่อนที่อย่างช้า ๆ แต่เมื่อพบเหยื่อแล้วจะพุ่งตัวเข้าฮุบและกัดอย่างรวดเร็ว กรณีมีศัตรูที่มีขนาดโตกว่าหรือมีคนมารบกวนก็จะหลบหลีกและกำบังตัวอย่างรวดเร็ว (ปัญญา, 2525)

อาหารและนิสัยการกินอาหาร

ปลาช่อนจัดเป็นปลากินเนื้อเป็นอาหาร ชอบหากินในเวลากลางคืนโดยจะจับกินสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ ที่อาศัยอยู่ในน้ำ สันทนา (2533) ได้ทำการศึกษาอาหารในกระเพาะของปลาช่อน พบว่าประกอบด้วยชนิดของอาหารเรียงตามลำดับความมากน้อยดังนี้ คือ มีปลา 37.33 เปอร์เซ็นต์ แมลง 31.75 เปอร์เซ็นต์ กุ้งและปู 24.30 เปอร์เซ็นต์ เศษเน่าเปื่อย 5.62 เปอร์เซ็นต์ และหอย 1 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งพบว่าความยาวของทางเดินอาหารปลาช่อนยาวเพียง 0.6 เท่าของความยาวลำตัว ซึ่งจัดว่าสั้นกว่าปลากินพืช และปลากินทั้งพืชและสัตว์ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Memon and Chacko (1958) ที่พบว่าปลาช่อนจำนวน 200 ตัว เมื่อผ่าดูส่วนประกอบของอาหารภายในกระเพาะจะพบลูกปลาอยู่ถึง 35 เปอร์เซ็นต์ กบและเขียด 30 เปอร์เซ็นต์ ไส้เดือนและหนอน 20 เปอร์เซ็นต์ แมลง 10 เปอร์เซ็นต์ ดินและทราย 5 เปอร์เซ็นต์

ปลาช่อนจัดเป็นปลานักล่า ที่สามารถกินพวกเดียวกันหรือกินปลาชนิดอื่นที่มีขนาดเล็กกว่าเมื่ออาหารขาดแคลน จากการศึกษาของผะอบ (2520) พบว่าปลาช่อนเป็นปลาที่มีประสิทธิภาพในการย่อยอาหารค่อนข้างดี กล่าวคือจากการทดลองใช้เหยื่อปลาไนขนาด 7 เซนติเมตร ป้อนปลาช่อน พบว่าปลาช่อนสามารถย่อยได้ 25.5, 42.7 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ภายในเวลา 2, 4 และ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้ใกล้เคียงกับการทดลองของพิภพ และคณะ (2514) ที่พบว่าปลาช่อนขนาดความยาว 20 - 25 เซนติเมตร สามารถย่อยลูกปลานิลขนาด 3.5 เซนติเมตร หมดภายในระยะเวลา 8 - 12 ชั่วโมง ดังนั้นจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการย่อยอาหารของปลาช่อนค่อนข้างดี

<u>ความต้องการโภชนะของปลาช่อน</u>

1. ความต้องการโปรตีน

ร่างกายของสัตว์ในแต่ละวัยและภาวะต้องการโปรตีนในปริมาณที่แตกต่างกัน เมื่อผ่านกระบวนการย่อยและดูดซึมแล้ว โปรตีนจะถูกนำไปใช้บำรุงซ่อมแซมโปรตีนที่เสื่อม แล้วสลายตัวถูกขับออกจากร่างกาย ซึ่งการกำหนดโปรตีนที่สัตว์น้ำควรได้รับ นอกจากจะพิจารณาถึงชนิดและวัยหรือขนาดของสัตว์น้ำแล้ว ระดับโปรตีนในอาหารยังแตกต่างไปตามคุณภาพของโปรตีนและพลังงานในอาหารที่ไม่ได้มาจากโปรตีน และปริมาณอาหารที่ให้ในรอบวัน นอกจากนั้นภาวะแวดล้อมทางน้ำที่สัตว์น้ำอยู่อาศัยโดยเฉพาะอย่างยิ่งอุณหภูมิน้ำ (เวียง, 2543)

ร่างกายของสัตว์รวมทั้งสัตว์น้ำ ไม่มีเซลล์พิเศษสำหรับสะสมกรดอะมิโนไว้ได้ในปริมาณมากเหมือนกับเซลล์เก็บไขมันหรือคาร์โบไฮเดรต แต่ร่างกายสามารถเก็บโปรตีนไว้ใช้ได้บ้างยามฉุกเฉิน โปรตีนที่ร่างกายเก็บไว้ได้บ้างนี้เรียก เลบายโปรตีน (labile protein) หรือสตอเรจโปรตีน (storage protein) หรือรีเซิฟโปรตีน (reserve protein) โปรตีนที่ร่างกายเก็บไว้ใช้ยามฉุกเฉินนี้มีไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักโปรตีนที่มีทั้งหมดในร่างกาย ร่างกายจึงต้องได้รับโปรตีนจากอาหารอย่างต่อเนื่อง (เวียง, 2543)

แหล่งอาหารประเภทโปรตีนที่มีความสำคัญที่สุดในการผลิตอาหารปลาในปัจจุบัน ได้แก่ ปลาเป็ด ซึ่งนำมาใช้ในรูปของปลาป่นหรือปลาสด (วิทย์, 2511) ปลาป่นเป็นอาหารโปรตีนที่มีคุณภาพดีเพราะมีกรดอะมิโนที่สำคัญได้แก่ ไลซีน เมธไธโอนีน และทริปโตเฟนสูง อีกทั้งเป็นแหล่งที่ให้แคลเซียม ฟอสฟอรัส แร่ธาตุต่าง ๆ เช่น แมงกานีส เหล็ก และไอโอดีน นอกจากนี้ยัง

เป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยวิตามิน เช่น บี2 บี12 ไนอาซีน และโคลีน ดังนั้นจึงนิยมใช้ในการผสมอาหารสัตว์ (จารุรัตน์, 2528)

ปลากินเนื้อ (carnivore) มีความต้องการโปรตีนสูงกว่าปลากินพืชและเนื้อ (omnivore) และปลากินพืช (herbivore) เช่น ปลานิลขนาด 5 - 10 เซนติเมตร มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุดที่ระดับความต้องการโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ (Mazid *et al.*, 1979) ในขณะที่ลูกปลาสวายซึ่งเป็นปลาที่กินทั้งพืชและเนื้อ มีการเจริญเติบโตได้ดีเมื่อได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีน 28 - 29 เปอร์เซ็นต์ (วิมล, 2535) และปลาดุกลูกผสมซึ่งเป็นปลากินเนื้อขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 2.5 กรัม มีการเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อได้รับอาหารที่มีโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ (วิมล, 2538) เช่นเดียวกับปลาช่อนวัยอ่อน (fry) และปลาช่อนอายุ 1 เดือน มีความต้องการโปรตีน 43 และ 36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (มะลิ, 2523)

วิทย์ (2511) รายงานว่าเกษตรกรที่เลี้ยงปลาช่อนด้วยอาหารปลาเป็ดผสมรำละเอียดเป็นเวลาประมาณ 8 เดือน จะทำให้ปลามีน้ำหนัก 500 - 800 กรัม หรือในระยะเวลา 11 เดือน ปลาจะมีน้ำหนัก 700 - 1,100 กรัม โดยปลาจะกินอาหารประมาณ 5 - 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และจากการกินอาหารดังกล่าวปลาจะมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 5 ซึ่งหมายความว่าถ้าปลาช่อนจะสร้างน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ปลาจะต้องกินอาหารเข้าไปประมาณ 5 กิโลกรัม

Wee and Tacon (1982) ศึกษาความต้องการโปรตีนในปลาชะโด (*Channa micropletes*) น้ำหนัก 130 กรัม โดยใช้อาหารสำเร็จรูปที่มีระดับโปรตีน 25.5 - 56.5 เปอร์เซ็นต์ เลี้ยงเป็นระยะเวลา 56 วัน ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส พบว่าอาหารที่มีระดับโปรตีน 52 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปลาชะโดมีน้ำหนักตัวเพิ่มต่อวันดีที่สุด

จารุรัตน์ (2522) ทำการศึกษาอาหารสำหรับอนุบาลลูกปลาช่อนของเกษตรกรในจังหวัดสุพรรณบุรี โดยใช้อาหารผสมคือ ปลาเป็ดและรำ ในอัตราส่วน 20:1 โดยน้ำหนัก บดรวมกันจนเหนียวแล้วใส่อาหารเสริมพวกวิตามินลงไป 1 กิโลกรัม ต่ออาหาร 100 กิโลกรัม พบว่าลูกปลาช่อนมีการเจริญเติบโตดีที่สุด

Wee (1981) ทำการอนุบาลลูกปลาช่อนขนาดเล็กในประเทศไทย อาหารที่ใช้เป็นปลาเป็ดผสมรำข้าวในอัตราส่วน 18:1 หรือ 13:1 โดยน้ำหนัก พบว่าลูกปลาช่อนมีการเจริญเติบโตดี อย่างไรก็ตามการใช้ปลาเป็ดในการอนุบาลลูกปลาช่อน มีปัญหาในด้านการขนส่ง การเก็บรักษา รวมทั้งปัญหาในการก่อให้เกิดมลพิษตามมา

จินตนา และ ทวี (2544) พบว่าลูกปลาช่อนที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนร้อยละ 40, 45 และ 50 มีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย น้ำหนักเพิ่มต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะมากกว่าปลาที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนร้อยละ 30 และเจริญเติบโตมากขึ้นเมื่อได้รับโปรตีนร้อยละ 35 แต่เมื่อเพิ่มระดับโปรตีนเป็นร้อยละ 40, 45 และ 50 การเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกัน เนื่องจากเมื่อปลาได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนสูงกว่าที่ร่างกายต้องการ ปลาจะกำจัดโปรตีนส่วนที่เกินออกเป็นแอมโมเนีย และเปลี่ยนพลังงานที่ได้ให้เป็นไขมัน (วิมล, 2538; อนุสสรณ์ และ พิทักษ์, 2540) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของมะลิ (2523) ที่พบว่าระดับความต้องการโปรตีนในอาหารสำเร็จรูปที่ใช้อนุบาลลูกปลาช่อนวัยอ่อนมีค่าอย่างต่ำร้อยละ 43

วริยากร (2540) ได้ทำการศึกษาระดับโปรตีนและพลังงานเพื่อการเจริญเติบโตสูงสุดของปลาช่อน (*Channa striatus*) พบว่าระดับโปรตีนร้อยละ 47 และระดับพลังงาน 350 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของลูกปลาช่อนขนาดน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.35 กรัมดีที่สุด และยังพบว่าปลาที่ได้รับโปรตีนสูงขึ้นจะมีระดับโปรตีนในตัวปลามากขึ้นในขณะที่ไขมันจะมีปริมาณลดลง และเมื่อพลังงานในอาหารสูงขึ้นปลาจะมีไขมันมากขึ้นในขณะที่ปริมาณโปรตีนลดลง

มะลิ (2523) ได้ทำการศึกษาระดับโปรตีนในอาหารสำเร็จรูปที่ใช้ในการอนุบาลลูกปลาช่อนขนาด 1.0 - 1.3 นิ้ว น้ำหนัก 0.32 - 0.37 กรัม ด้วยโปรตีน 3 ระดับ คือ 28, 35.5 และ 43 เปอร์เซ็นต์ โดยมีระดับพลังงาน 310 กิโลกรัมต่อ 100 กรัมอาหาร พบว่าลูกปลาช่อนมีความต้องการระดับโปรตีน 43 เปอร์เซ็นต์หรือสูงกว่านี้ และความต้องการของระดับโปรตีนจะลดลงเมื่อปลามีขนาดโตขึ้น

การใช้อาหารสดเช่นปลาเป็ดบดในการอนุบาลลูกปลาช่อน พบว่าอาจก่อให้เกิดภาวการณ์ขาดธาตุอาหารได้ เนื่องจากปลาเป็ดมีธาตุอาหารไม่ครบถ้วนกับความต้องการของกิจกรรมทางสรีรวิทยาของปลาและอาจเป็นสาเหตุให้ปลามีอัตราการเจริญเติบโตช้าลงหรือตายได้ (ประเสริฐ

และคณะ, 2525) ในปัจจุบันจึงได้มีความพยายามในการปรับปรุงรูปแบบของอาหารที่ใช้เลี้ยงปลา ให้มีคุณค่าของสารอาหารเพียงพอกับความต้องการของชนิดและขนาดปลา เพื่อลดปัญหาเกี่ยวกับการขาดธาตุอาหารในปลา การขาดแคลนอาหารสดในบางฤดู ความไม่สะดวกต่อการเก็บรักษา และปัญหาการเน่าเสียของน้ำ

ปริมาณแอมโมเนียและกากตะกอนที่เกิดขึ้นจากการให้อาหารสัตว์ ขึ้นอยู่กับคุณภาพของอาหารและปริมาณอาหารที่ให้ การให้อาหารที่มีคุณภาพดีโดยเฉพาะเป็นอาหารที่ประกอบด้วยโปรตีนที่มีคุณภาพและย่อยง่าย รวมทั้งให้ในปริมาณพอเหมาะ จะทำให้เกิดแอมโมเนียและตะกอนน้อยกว่าการให้อาหารที่มีคุณภาพไม่ดี การให้อาหารที่มีคุณภาพต่ำในปริมาณมากเกินไปจะทำให้เกิดแอมโมเนียและตะกอนมากยิ่งขึ้น แล้วส่งผลให้ออกซิเจนในน้ำเหลือน้อยลง (เวียง, 2543) มีรายงานว่าปลาทั่วไปขับถ่ายไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนีย 48 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนที่กิน (Tacon, 1987) ถึงแม้ความเข้มข้นของแอมโมเนียจะไม่เกิดพิษเฉียบพลันกับปลาที่เลี้ยง แต่ก็สร้างมลพิษให้กับสิ่งแวดล้อมภายนอก เมื่อน้ำในบ่อถูกระบายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ด้วยเหตุนี้ประเทศที่พัฒนาแล้วได้พยายามสร้างมาตรการ เพื่อควบคุมผลกระทบของอาหารและโภชนาการที่มีต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากของเสียเหล่านี้ย่อมส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำและสิ่งมีชีวิตในน้ำ

2. ความต้องการไขมัน

ไขมันเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานสูง เป็นสารอาหารที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิต การเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ การเพิ่มไขมันในอาหารจะทำให้อาหารชวนกินมากขึ้น และช่วยให้มีการอัดเม็ดได้ดี มีฝุ่นน้อย โดยทั่วไปไขมันจะย่อยได้ง่ายและใช้ประโยชน์ได้ดี (มะลิ, 2530)

ด้านอาหารสัตว์น้ำถือว่ากรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย (essential fatty acid) ของสัตว์น้ำมี 2 ตัว ได้แก่ กรดไลโนเลอิค (linoleic) หรือกลุ่มโอเมกา - 6 (n - 6 หรือ ω - 6) และกรดไลโนเลนิค (linolenic) หรือกลุ่มโอเมกา - 3 (n - 3 หรือ ω - 3) เพราะสัตว์น้ำไม่สามารถสังเคราะห์กรดไขมัน 2 ตัวนี้ได้ จำเป็นต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น (วีรพงษ์, 2536) นอกจากนี้กรดไขมันทั้งสองชนิดยังเป็นส่วนประกอบของฟอสโฟลิปิด ซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ เยื่อหุ้มหัวใจ และเยื่อหุ้มประสาท (ประเสริฐ และคณะ, 2525) สำหรับกรดไขมันไลโนเลอิคจะพบในพืชบก เช่น ถั่วเหลือง รำข้าว ส่วนกรดไขมันไลโนเลนิคจะพบในปลาทะเลเกือบทุกชนิด

อาหารที่มีพลังงานจากไขมัน และคาร์โบไฮเดรตไม่เพียงพอกับความต้องการของสัตว์น้ำ ถึงแม้อาหารนั้นจะมีระดับโปรตีนสูงเกินความต้องการ ก็ไม่ทำให้สัตว์น้ำนั้นเจริญเติบโตอย่างเต็มที่ เพราะโปรตีนจะถูกเปลี่ยนสภาพให้เป็นพลังงานแทนพลังงานจากไขมันและคาร์โบไฮเดรต (เวียง, 2543) ส่วน Cowey and Sargent (1979) รายงานว่าระดับไขมันที่เหมาะสมในอาหารปลาส่วนมากอยู่ในช่วง 10 - 15 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เพราะระดับไขมันดังกล่าวจะทำให้ปลาใช้โปรตีนได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีการเจริญเติบโตปกติ และมีผลต่อคุณภาพซากน้อยมาก

Yingst and Stickney (1980) ทดลองเลี้ยงปลา Channel catfish ด้วยอาหารที่มีแหล่งไขมันต่าง ๆ กัน เช่น น้ำมันปลา น้ำมันถั่วเหลือง และไขมันสัตว์ พบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยน้ำมันปลามีน้ำหนักเพิ่มขึ้นมากที่สุด และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีที่สุด ส่วนปลาที่เลี้ยงด้วยน้ำมันถั่วเหลืองปลาจะเจริญเติบโตช้า เนื่องจากน้ำมันถั่วเหลืองมีกรดไขมันไลโนเลอิค (ω - 6) สูง แต่มีกรดไขมันเลโนเลนิค (ω - 3) ต่ำ ส่วนน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากการเลี้ยงด้วยอาหารที่มีแหล่งไขมันต่าง ๆ กันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

วิเชียร และคณะ (2531) ทดลองเลี้ยงปลากะพงขาวขนาดความยาวเฉลี่ย 8.73 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 7.47 กรัม ด้วยอาหารผสมแบบเปียก (moist diet) ซึ่งมีโปรตีน 3 ระดับ คือ 45, 50 และ 55 เปอร์เซ็นต์ แต่ละระดับมีไขมัน 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ โดยมีอาหารปลาสดเป็นตัวควบคุม พบว่าปลาทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 50 เปอร์เซ็นต์ และระดับไขมัน 15 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตดีที่สุด ในปีต่อมาวิเชียร และคณะ (2532) ได้ทำการทดลองขึ้นใหม่โดยลดระดับโปรตีนลงและเพิ่มระดับไขมันมากขึ้น พบว่าในอาหารที่มีระดับโปรตีน 45 เปอร์เซ็นต์ และระดับไขมัน 18 เปอร์เซ็นต์ สามารถทำให้ปลาเจริญเติบโตได้ดีเช่นเดียวกับอาหารที่มีระดับโปรตีน 50 เปอร์เซ็นต์ และระดับไขมัน 15 เปอร์เซ็นต์

มะลิ (2530) ได้ศึกษาถึงชนิดและปริมาณน้ำมันในอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของปลาช่อนโดยใช้ปลาช่อนขนาด 1.4 - 1.8 เซนติเมตร ใช้น้ำมันทดลอง 3 ชนิด คือน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปลาสวาย และน้ำมันปลาสลิด ชนิดละ 3 ระดับ คือ 3, 6 และ 9 เปอร์เซ็นต์ และสูตรควบคุมที่ไม่ใส่น้ำมันชนิดใดเลย ผลการทดลองพบว่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการรอดตายไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) คือ ปลาที่ให้อาหารที่เพิ่มน้ำมันต่างชนิดกัน และต่างระดับกันจะเจริญเติบโตดีกว่าปลาที่กินอาหารสูตรควบคุมที่ไม่ใส่น้ำมันชนิดใดเลย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำกว่า และอัตราการรอดมากกว่า สำหรับ

อัตราการรอดของปลาที่กินอาหารที่เพิ่มน้ำมัน 3 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีความแปรปรวนสูง ดังนั้นจากการทดลองสรุปได้ว่าระดับไขมันที่เหมาะสมในอาหารปลาช่อนควรเป็น 6 เปอร์เซ็นต์ และเป็นไขมันชนิดใดก็ได้

3. ความต้องการคาร์โบไฮเดรต

ในปัจจุบันบทบาทและหน้าที่ของคาร์โบไฮเดรตต่อการผลิตอาหารปลา นับว่ามีความสำคัญอย่างมาก ทั้งนี้เพราะคาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานที่ถูกที่สุด ทำให้มีการศึกษาถึงการทดแทนโปรตีนบางส่วนด้วยคาร์โบไฮเดรต โดยการลดระดับโปรตีนในสูตรอาหารบางส่วนลงแล้วเพิ่มปริมาณคาร์โบไฮเดรตเข้าไปเพื่อทำให้ปลามีการเจริญเติบโตเท่าเดิม แนวทางดังกล่าวทำให้ต้นทุนอาหารปลาลดลงซึ่งมีผลให้กำไรมากขึ้น ดังนั้นจึงได้มีการนำแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญ เช่น รำ ปลายข้าว ข้าวโพด หรือแป้งมันสำปะหลัง เพิ่มเข้าไปในสูตรอาหารเพื่อลดปริมาณการใช้ปลาป่นซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญและมีราคาแพง อย่างไรก็ดีแนวทางดังกล่าวสามารถใช้ได้กับปลากินพืช (herbivore) และปลากินพืชและเนื้อ (omnivore) เท่านั้น เนื่องจากมีเอนไซม์ย่อยคาร์โบไฮเดรตอยู่ทำให้สามารถผสมคาร์โบไฮเดรตในสูตรอาหารได้มาก แต่อย่างไรก็ตามปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ปลาแต่ละชนิดจะใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพก็แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับความสุกและชนิดของคาร์โบไฮเดรต ระดับแป้งที่เหมาะสมในสูตรอาหารปลากินเนื้อ ปลากินพืชและเนื้อ และปลากินพืช ควรอยู่ในช่วงประมาณ 10 - 20, 30 - 40 และ 40 - 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (วีรพงษ์, 2536)

อิทธิพลของปริมาณคาร์โบไฮเดรตในอาหารปลาที่มีผลต่อปลา อาจวิเคราะห์ได้จากปริมาณไกลโคเจนที่สะสมอยู่ในตับ กล่าวคือถ้าในอาหารปลามีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากเกินความต้องการของปลาแล้วจะส่งผลให้มีไกลโคเจนสะสมอยู่ในตับมากเกินไป ซึ่งจากการวิเคราะห์ปริมาณไกลโคเจนที่สะสมอยู่ในตัวปลาพบว่าถ้ามีมากเกินกว่าร้อยละ 12 ของน้ำหนักตับ ปลาจะมีอาการโรคตับและถ้ามีมากถึงร้อยละ 16 ปลาจะตาย (ประเสริฐ และคณะ, 2525)

4. ความต้องการพลังงาน

พลังงานเป็นผลจากการที่สารอาหารพวกโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ถูกเผาผลาญและมีการปล่อยพลังงานออกมาเพื่อประโยชน์ในการดำรงชีวิต เช่น การหายใจ การว่ายน้ำ การ

สืบพันธุ์ อีกทั้งเพื่อการเจริญเติบโตในการสร้างเนื้อ หนัง อวัยวะต่าง ๆ เอนไซม์ และฮอร์โมน (วิมล, 2537)

ปลาแต่ละชนิดต้องการพลังงาน เพื่อการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตในปริมาณที่ไม่เท่ากัน ความต้องการพลังงานของปลาแต่ละชนิดส่วนใหญ่ได้จากการทดลอง โดยระดับพลังงานที่ปลาต้องการ วัดได้จากปริมาณพลังงานในอาหารที่ทำให้ปลามีน้ำหนักเพิ่มขึ้นและองค์ประกอบของเนื้อดีที่สุด ระดับพลังงานนี้มักรายงานเป็นอัตราส่วนของพลังงานที่ย่อยได้ต่อกรัมโปรตีน (digestibility energy/protein gram หรือ DE/P) ในอาหาร เพราะโปรตีนและพลังงานมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด และเนื่องจากพลังงานเป็นตัวกำหนดว่าปลาจะได้รับสารอาหารมากน้อยเพียงใด การรายงานความต้องการพลังงานจึงมักควบคู่กับสารอาหารที่สำคัญ เช่น ระดับโปรตีนต่อระดับพลังงาน ปลาที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนและระดับพลังงานในสัดส่วนที่เหมาะสมมีผลทำให้ปลาเจริญเติบโตดีที่สุด (วิมล, 2537) และสัดส่วนโดยทั่วไปที่เหมาะสมของพลังงานที่ย่อยได้ต่อกรัมโปรตีนในอาหารปลา ควรมีค่าประมาณ 8 – 10 กิโลแคลอรีต่อกรัมโปรตีน (Smith, 1989)

ปลาที่ได้รับพลังงานต่ำกว่าความต้องการจะมีการเจริญเติบโตลดลง แต่ถ้าได้รับพลังงานพอดีกับความต้องการจะมีการเจริญเติบโตดีที่สุด และถ้าได้รับพลังงานมากเกินไปก็อาจทำให้พลังงานสะสมในรูปไขมัน คือ ไกลโคเจน อีกทั้งอาจทำให้การเจริญเติบโตของปลาลดลงด้วย (Lovell, 1989) นอกจากนี้ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการพลังงานของปลายังขึ้นอยู่กับกิจกรรมของปลา อุณหภูมิ และความเครียดอีกด้วย (วีรพงษ์, 2536)

<u>สถานภาพการเลี้ยงปลาช่อนในประเทศไทย</u>

ปลาช่อนที่นำมาเลี้ยงนั้น ได้มาจากการรวบรวมลูกปลาแดงมาจากแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งหาได้ง่ายและมีปริมาณมากระหว่างเดือนพฤษภาคม – ตุลาคม (ราคาจำหน่ายประมาณกิโลกรัมละ 47 บาท) ตามปกติลูกปลาช่อนที่ยังเล็กอยู่จะไม่แตกฝูงจนกระทั่งโตมีขนาด 5 - 6 เซนติเมตร จึงจะเปลี่ยนนิสัยเริ่มแตกฝูง และเปลี่ยนการกินอาหารจากกินแพลงก์ตอนมากินเนื้อ ลักษณะการเคลื่อนที่ของลูกปลาช่อนจะขึ้นลงในแนวดิ่งผุดตามผิวน้ำมองเห็นได้ชัดจะอยู่กันเป็นฝูง ผู้ที่ทำอาชีพช้อนปลาลูกครอกขายจะใช้สวิงที่ทำด้วยไนล่อนที่มีช่องตาถี่ ๆ ช้อนได้ทั้งครอก

อัตราปล่อยลูกปลาช่อนผู้เลี้ยงนิยมกระทำ 2 วิธี

1. ปล่อยปลาลูกครอกเลี้ยงในบ่อโดยตรง เลี้ยงจนกระทั่งจับขาย โดยใช้อัตราการปล่อย 200 - 400 ตัวต่อตารางเมตร จะใช้เวลา 8 - 10 เดือน ก็จะจับขายได้ ซึ่งจะมีอัตราการรอดตายต่ำ ส่วนบางรายเมื่อเลี้ยงลูกปลาช่อนรุ่นปลาชักครอก ได้ประมาณ 2 - 3 เดือน จะทำการปรับสภาพบ่อ ไม่ให้หนาแน่น โดยคัดปลาช่อนที่มีขนาดใหญ่ออก และเลี้ยงต่อไปอีก 4 - 5 เดือนก็จับขายได้

2. ปล่อยลูกปลานิ้วขนาด 3 - 4 นิ้ว ซึ่งเป็นลูกปลาที่ผ่านการอนุบาลในบ่อแล้ว และฝึกให้กินอาหารผสมระหว่างปลาเป็ดกับรำบดให้ละเอียด อัตราส่วนที่ปลาเป็ดมากกว่ารำ เช่น ปลาเป็ด 5 กิโลกรัมต่อรำละเอียด 1 กิโลกรัม ให้อาหารเช้าเย็น หรืออาจจะ 4 เวลา โดยวางบนแพลูกบวบลอยปริ่มน้ำ อัตราแลกเนื้อ 5:1 กิโลกรัม (ในช่วงระยะเริ่มต้นจนถึงจับขาย)

กรมควบคุมมลพิษ (2547) รายงานว่าการเลี้ยงปลาช่อนส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณเขตจังหวัดสุพรรณบุรี มีรูปแบบการเลี้ยงที่ใกล้เคียงกัน โดยแบ่งเป็นการเลี้ยงปลาช่อนระยะอนุบาล และการเลี้ยงปลาช่อนระยะเติบโตเป็นขนาดตลาด โดยมีขนาดบ่อ 0.5 – 0.54 ไร่ ปล่อยลูกปลาที่อนุบาลแล้วได้ขนาด 100 กรัม ในอัตราปล่อย 50,000 ตัว/ไร่ (25,000 ตัว/บ่อ) สำหรับปลาช่อนขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ เกษตรกรใช้ปลาเป็ดบดผสมรำเป็นอาหาร ผลผลิตจากการเลี้ยงปลาช่อนอยู่ที่ 14.65 ตัน/บ่อ

<u>ผลกระทบของอาหารต่อสัตว์น้ำที่เลี้ยงและสิ่งแวดล้อม</u>

สัตว์น้ำส่วนมาก เช่น ปลา จะขับอะมิโนไนโตรเจนออกมาในรูปของแอมโมเนีย จึงเรียกสัตว์พวกนี้ว่าเป็นสัตว์พวกแอมมอนอทีลิก (ammonotelic) พวกสัตว์บกส่วนมากจะขับอะมิโนไนโตรเจนออกในรูปยูเรีย จึงเรียกสัตว์พวกนี้ว่าเป็นสัตว์พวกยูรีโอทีลิก (ureotelic) ส่วนพวกนกและสัตว์เลื้อยคลานจะขับอะมิโนไนโตรเจนออกในรูปกรดยูริก จึงเรียกสัตว์พวกนี้ว่าเป็นสัตว์พวกยูริโคทีลิก (uricotelic) สำหรับพืชจะนำเอาหมู่อะมิโนกลับมาใช้ใหม่ และไม่พบว่ามีวิถีสำหรับการขับไนโตรเจนออกจากพืช (พรศรี, 2541)

แหล่งที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิต จะเป็นสิ่งกำหนดชนิดของวิถีที่จะขับอะมิโนไนโตรเจนออกนอกร่างกาย การที่สิ่งมีชีวิตจะขับอะมิโนไนโตรเจนออกในรูปใดนั้นจะขึ้นอยู่กับกายวิภาคศาสตร์

(anatomy) และสรีรวิทยา (physiology) ของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับแหล่งที่อยู่อาศัยของมัน พวกแบคทีเรียและโพรโทซัวที่อาศัยอยู่อย่างอิสระจะปล่อยแอมโมเนียลงสู่สิ่งแวดล้อมที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย ซึ่งทำให้แอมโมเนียถูกเจือจางไปและไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตเหล่านั้น พวกปลา (ซึ่งจัดเป็นสัตว์พวกแอมมอนอทีลิก) แอมโมเนียในเลือดจะถูกขับออกทางเหงือก โดยการที่มีน้ำปริมาณมาก ๆ ไหลผ่านเหงือกก็จะละลายแอมโมเนียที่ถูกขับออกมาไป แหล่งสำคัญที่เกิดการคะทาบอลิซึมของกรดอะมิโนในปลาก็คือ ตับ แอมโมเนียที่ได้จากการสลายกรดอะมิโนจะถูกปล่อยออกจากตับลงสู่กระแสโลหิตเพื่อส่งไปยังเหงือกแล้วถูกขับออก สิ่งมีชีวิตที่ขับแอมโมเนียออกนอกร่างกายจะไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ในสิ่งแวดล้อมที่มีน้ำอยู่อย่างจำกัด (พรศรี, 2541) สุขุม (2530) รายงานว่าสารที่ปลาขับถ่ายออกมาจะอยู่ในรูปแอมโมเนียถึง 80 เปอร์เซ็นต์ โดยจะขับออกทางเหงือกเป็นส่วนใหญ่ (Wood, 1958) ขณะที่ Evans (1993) กล่าวว่าปลาน้ำจืดและปลาน้ำเค็มสามารถขับถ่ายแอมโมเนียได้แตกต่างกัน โดยปลาน้ำจืดจะขับถ่ายของเสียไนโตรเจนส่วนใหญ่ออกมาในรูปของแอมโมเนียที่เหงือก และออกเป็นยูเรียที่ไตเพียงเล็กน้อย ส่วนปลาน้ำเค็มจะขับถ่ายของเสียไนโตรเจนออกมาในรูปแอมโมเนียเช่นกัน แต่มีสัดส่วนของยูเรียมากขึ้น เนื่องจากร่างกายของปลาป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากตัว เนื่องมาจากยูเรียเป็นพิษน้อยกว่าแอมโมเนีย และใช้น้ำในการละลายน้อยกว่าแอมโมเนีย

สัตว์จะขับถ่ายของเสียที่เหลือขั้นสุดท้ายอยู่ในรูปคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และไนโตรเจนรูปต่าง ๆ ดังนี้

1. **<u>แอมโมเนีย</u>** สัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังจะขับถ่ายไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียเป็นหลัก แอมโมเนียสามารถแพร่ได้อย่างรวดเร็วเนื่องจากมีคุณสมบัติที่ละลายในน้ำได้ดี และแอมโมเนียมีโมเลกุลขนาดเล็ก จึงทำให้สัตว์สามารถขับถ่ายไนโตรเจนทางผิวหนังได้โดยไม่ต้องผ่านทางไต ปลากระดูกแข็งส่วนใหญ่จะขับถ่ายไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียโดยผ่านทางเหงือก ปลาในกลุ่มปลาไน และปลาทองจะขับถ่ายไนโตรเจนออกทางเหงือกมากกว่าทางไต 6 - 10 เท่า โดยจะอยู่ในรูปของแอมโมเนียถึง 90 เปอร์เซ็นต์ และอีก 10 เปอร์เซ็นต์ จะอยู่ในรูปของยูเรีย (Smith, 1929) พรศรี (2541) กล่าวว่าจากการศึกษาการขับถ่ายแอมโมเนียและยูเรียของกุ้งกุลาดำ พบว่ากุ้งจะขับถ่ายไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียเป็นส่วนใหญ่

2. **ยูเรีย** เป็นสารที่ละลายได้ดีในน้ำและมีความเป็นพิษต่ำ ปลากระดูกแข็งจะขับถ่ายไนโตรเจนบางส่วนในรูปยูเรีย แต่ในพวกปลากระดูกอ่อน (elasmobranches) สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมจะขับถ่ายไนโตรเจนในรูปยูเรียเป็นส่วนใหญ่

3. **กรดยูริค** กรดยูริคละลายน้ำได้น้อยมาก คือ ประมาณ 6 มิลลิกรัมต่อลิตร การขับถ่ายไนโตรเจนในรูปแบบนี้จะพบในสัตว์จำพวกแมลง สัตว์เลื้อยคลาน นกและงู ทั้งนี้เพราะร่างกายต้องการรักษาน้ำไว้ในร่างกายให้มากที่สุด (Schmidt-Nielsen, 1975)

4. **รูปแบบอื่น ๆ** นอกจากการขับถ่ายไนโตรเจนในรูปแบบที่กล่าวมาแล้วนั้น ยังพบว่าสัตว์สามารถขับถ่ายไนโตรเจนรูปแบบอื่น ๆ อีก เช่น ในแมงมุมบางชนิดจะมีการขับถ่ายไนโตรเจนในรูปของ Guanine

อาหารที่ให้สัตว์น้ำกิน แยกออกเป็นส่วนที่สัตว์กินได้และส่วนที่กินไม่ได้ ส่วนที่กินได้และย่อยได้ผ่านกระบวนการใช้ประโยชน์ภายในร่างกายของสัตว์น้ำ และของเสียที่เกิดขึ้นถูกขับถ่ายออกจากร่างกายเป็นแอมโมเนีย ยูเรีย และสารอื่น ซึ่งต่อไปจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์กลายเป็นแอมโมเนียในที่สุด ส่วนที่กินได้แต่ย่อยไม่ได้จะถูกขับถ่ายออกเป็นมูล แล้วผ่านกระบวนการย่อยสลายกลายเป็นแอมโมเนีย อาหารส่วนที่สัตว์น้ำกินไม่ได้ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในน้ำและในที่สุดกลายเป็นแอมโมเนียเช่นเดียวกัน กระบวนการย่อยสลายต้องใช้ออกซิเจนในน้ำ ส่วนที่เหลือจากการย่อยสลายตกค้างทับถมเป็นตะกอนอยู่ตามก้นบ่อ (เวียง, 2543) และยังพบว่าในแหล่งน้ำที่มีการเลี้ยงสัตว์น้ำ แหล่งใหญ่ของไนโตรเจนมาจากปลา เนื่องจากอาหารที่ให้ปลาใน 100 เปอร์เซ็นต์ อาหารจะสูญเสียจากการที่ปลาไม่ได้กิน 5 เปอร์เซ็นต์ และเป็นส่วนที่ปลากินแต่ไม่สามารถย่อยได้อีก 15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะถูกขับออกมาในรูปของมูล ส่วนไนโตรเจนที่ปลาสามารถย่อยได้นั้นจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการต่าง ๆ ของร่างกายเพื่อการเจริญเติบโตของปลา และเป็นผลให้มีการปลดปล่อยของเสียในรูปไนโตรเจนออกสู่สิ่งแวดล้อมในรูปแอมโมเนียและสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำ โดยสามารถประเมินได้จากค่า FCR

สัตว์น้ำจะกำจัดไนโตรเจนจากการย่อยสลายอาหารโปรตีนในรูปของยูเรียและยูรีน ในปลากระดูกแข็งส่วนใหญ่จะขับถ่ายไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนีย และขับของเสียในรูปของแอมโมเนียจากเหงือกไปในน้ำ 5 – 10 เท่าของการขับถ่ายของเสียในรูปของยูเรียและยูรีนทางปัสสาวะ (Avnimelech and Kochba, 1995) โดยทั่วไปปลาขับถ่ายไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนีย

48 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนที่กิน (Tacon, 1987) นอกจากนี้ Rychly and Marina (1977) พบว่าปลาที่กินอาหารปกติจะมีการขับถ่ายแอมโมเนียออกมามากกว่าปลาที่อดอาหารเป็นเวลา 12 วันถึง 4 เท่า ขณะที่ Boyd and Tucker (1996) กล่าวว่าปลาที่เลี้ยงในบ่อจะมีการขับแอมโมเนียออกมา 30 กรัม จากการกินอาหาร 1 กิโลกรัมที่มีระดับโปรตีน 25 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ในบ่อขนาด 1 เฮกแตร์ ระดับความลึก 1 เมตร จากการให้อาหารวันละ 50 กิโลกรัมต่อวัน โดยแอมโมเนียที่เกิดขึ้นทำให้มีระดับแอมโมเนียเพิ่มขึ้นวันละ 0.15 พีพีเอ็ม แต่ระดับแอมโมเนียไม่เคยมีค่าเกิน 2 พีพีเอ็ม เนื่องจากแอมโมเนียในแหล่งน้ำถูกแพลงก์ตอนพืชนำไปใช้ประโยชน์

ปลากดหลวง 1 กิโลกรัม มีแอมโมเนียที่เกิดจากการขับถ่ายของปลาวันละ 600 มิลลิกรัม เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารเม็ดที่มีโปรตีน 32 เปอร์เซ็นต์ โดยให้อาหารวันละ 2.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (Lovell, 1989) ส่วนปลาตะเพียนขาวมีแอมโมเนียที่เกิดขึ้นจากการขับถ่ายและการย่อยสลายอาหารวันละประมาณ 0.11 พีพีเอ็ม เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารเม็ดที่มีโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ โดยให้อาหารวันละ 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (สุจิตรา, 2539) ในการเลี้ยงปลา *Atlantic halibut* 162 ตัน ให้อาหาร 202 ตัน เป็นเวลา 3 เดือน มีค่า FCR 1.3 ส่งผลให้เกิดของเสียในรูปของ dissolved nitrogen 48 กิโลกรัมไนโตรเจน/ปลา 1 ตัน และ particulate organic waste 150 – 200 กิโลกรัม/ปลา 1 ตัน (Davies and Slaski, 2003)

การศึกษาผลของอาหารที่มีปริมาณโปรตีนต่าง ๆ กันต่อการขับถ่ายไนโตรเจนของกุ้งคุโรม่า (*Peneaus japonicus*) วัยอ่อน โดย Koshio *et al.* (1993) ได้เลี้ยงกุ้งที่มีขนาด 0.5 - 2.0 กรัมด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 21.0, 31.4, 41.6, 50.3 และ 60.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และทำการวัดปริมาณแอมโมเนียหลังจากที่ให้อาหารกุ้งทุก ๆ 1 ชั่วโมงติดต่อกันนาน 5 ชั่วโมง พบว่ากุ้งที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีน 41.6 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป จะมีการขับถ่ายไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียสูงกว่ากุ้งที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนในอาหารต่ำกว่า นอกจากนี้ยังมีการวัดปริมาณไนโตรเจนในรูปยูเรียเปรียบเทียบกับปริมาณแอมโมเนียหลังจากให้อาหารเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าปริมาณยูเรียที่วัดได้จะต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณแอมโมเนียที่กุ้งขับถ่าย และไม่มีความแตกต่างกันในอาหารที่มีระดับโปรตีนต่างกัน ขวัญเรือน (2537) ได้ทำการศึกษาการขับถ่ายแอมโมเนียในปลาดุกทะเล (*Plotosis caniaus*) ขนาดเฉลี่ย 3.58 กรัม ในช่วงระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยเปรียบเทียบระหว่างการให้อาหาร 2 ชนิด คือเนื้อปลาข้างเหลืองสับและเนื้อหอยลายสับกับปลาที่อดอาหาร พบว่าปลาดุกทะเลที่กินเนื้อหอยลายสับจะมีการขับถ่ายแอมโมเนียในระยะเวลา 24 ชั่งโมงสูงที่สุด รองลงมาคือปลาดุกทะเลที่กินเนื้อปลาข้างเหลืองสับและปลาที่อดอาหาร คือ 0.293, 0.233 และ

0.051 มิลลิกรัมแอมโมเนียไนโตรเจน/กรัม ตามลำดับ พรศรี (2541) พบว่ากุ้งกุลาดำจะมีการขับถ่ายแอมโมเนียต่างกัน ถ้าได้รับอาหารที่มีโปรตีนต่างกัน โดยกุ้งทุกขนาดจะมีการขับถ่ายแอมโมเนียมากขึ้นเมื่อได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนสูงขึ้น

<u>แอมโมเนีย</u>

แอมโมเนียเป็นก๊าซชนิดหนึ่งที่เกิดจากการสลายตัวของกรดอะมิโนและโปรตีน แอมโมเนียในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำส่วนใหญ่เกิดจากการย่อยสลายของอาหารที่ปลากินไม่หมด และอีกส่วนหนึ่งมาจากการขับถ่ายของปลา (Alabaster and Lloyd, 1980; Boyd, 1982; Evans, 1993) โดยสิ่งขับถ่ายของปลาจะอยู่ในรูปของมูลที่มีโปรตีนส่วนที่ไม่ถูกย่อย และอีกส่วนมาจากการขับถ่ายออกทางเหงือกและผิวหนัง การขับแอมโมเนียออกทางเหงือกและผิวหนังเป็นกระบวนการที่มีการสลายกรดอะมิโนเพื่อไปเป็นพลังงาน (deamination) โดยในกรณีที่ร่างกายของสัตว์ขาดพลังงานจากคาร์โบไฮเดรต และไขมัน จะมีการสลายกรดอะมิโนอิสระและโปรตีนมาเป็นพลังงาน ซึ่งส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นที่ตับ (Evans, 1993) นอกจากนี้ในกรณีที่ปลาได้รับกรดอะมิโนมากเกินความต้องการ หลังจากมีการเก็บกรดอะมิโนส่วนหนึ่งไว้เป็นกรดอะมิโนสำรองสำหรับร่างกายในกรณีฉุกเฉินคือมีประมาณร้อยละ 5 ของโปรตีนทั้งหมดในร่างกาย แล้วกรดอะมิโนที่เหลือก็จะเกิดการสลายตัว อีกส่วนมาจากการที่ร่างกายได้รับกรดอะมิโนไม่เพียงพอสำหรับการสังเคราะห์โปรตีน กรดอะมิโนก็จะเปลี่ยนรูปไปเป็นสารให้พลังงาน (เวียง, 2543)

ขณะที่การย่อยสลายโปรตีนในอาหารที่เหลือ และซากพืชซากสัตว์ในบ่อที่เกิดจากการกระทำของจุลินทรีย์โดยเฉพาะแบคทีเรีย ซึ่งแบคทีเรียจะใช้ประโยชน์ไนโตรเจนจากสารอินทรีย์เพื่อเป็นส่วนประกอบของเซลล์ใหม่คิดเป็นร้อยละ 10 ขณะที่ราจะใช้เพียงร้อยละ 5 ดังนั้นอินทรีย์ไนโตรเจนที่เหลือจะถูกปล่อยออกมาในรูปของแอมโมเนีย (Boyd, 1987) แบคทีเรียจะทำการย่อยสลายโปรตีนไปเป็นโพลีเปปไทด์ และสลายโพลีเปปไทด์ไปเป็นกรดอะมิโน ส่วนกรดอะมิโนที่เกินความต้องการจะมีการย่อยสลายกลายเป็นแอมโมเนียต่อไป ดังสมการ (เวียง, 2543)

$$\text{Protein} \longrightarrow \text{Polypeptide} \longrightarrow \text{HOOC - R} - \text{NH}_2$$

$$\text{HOOC- R} - \text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{NH}_3 + \text{R} - \text{OH} + \text{energy}$$

ของเสียจำพวกไนโตรเจนมาจาก 2 กระบวนการ คือ กระบวนการเมตตาบอลิซึมของโปรตีนและกรดนิวคลีอิก ซึ่งจะขับออกมาในรูปของแอมโมเนียที่เป็นพิษ (NH_3) ซึ่งเกิดจากการขับถ่ายของสัตว์ ส่วนที่ 2 มาจากโภชนะจำพวกกรดอะมิโนที่ไม่สามารถเก็บไว้ได้ในร่างกายของสัตว์ ดังนั้นจึงถูกขับออกมาในรูปอื่น ๆ (Jobling, 1982)

แอมโมเนียที่ละลายน้ำเกิดขึ้นได้ 2 รูปแบบ คือแบบที่แตกตัว (ionized ammonia, NH_4^+) และแบบอิสระ (free ammonia, NH_3) โดยแอมโมเนียอิสระ (NH_3) จะอยู่ในรูปก๊าซที่ละลายน้ำได้ดี เนื่องจากไม่มีขั้ว จึงสามารถละลายและแพร่ได้ดีกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 1,000 เท่า นอกจากนี้มันยังสามารถละลายได้ดีในไขมัน จึงมีการแพร่เข้าออกเซลล์ได้ง่าย (Emerson *et al*., 1975) ส่วน NH_4^+ จะมีการแพร่เข้าออกเซลล์ได้ยากกว่า เนื่องจากมีขนาดโมเลกุลที่ใหญ่กว่าทั้ง NH_3, Na^+ และ K^+ แต่มันสามารถผ่านเข้าออกเซลล์ได้ดีกว่าอิออนบวกอื่น ๆ ที่มีขนาดใหญ่กว่านี้ได้ (Evans, 1993)

การที่แอมโมเนียในน้ำจะเกิดรูปแบบใดมากกว่ากันขึ้นอยู่กับผลของแอมโมเนียรวม (Total Ammonia Nitrogen, TAN) สภาพอุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง และค่าความเข้มข้นของแร่ธาตุในน้ำ (ionic strength) (เวียง, 2543; Tryssell, 1972; Bower and Bidwell, 1978) โดยหากความเป็นกรดด่างเพิ่มมากขึ้นแอมโมเนียจะอยู่ในรูปแอมโมเนียอิสระมากขึ้น ดังสมการ

$$NH_3 + H_2O \underset{\text{pH สูง}}{\overset{\text{pH ต่ำ}}{\rightleftharpoons}} NH_4^+ + OH^-$$

รวมทั้งหากอุณหภูมิมีค่าสูงขึ้น แอมโมเนียจะอยู่ในรูปแอมโมเนียอิสระมากขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิทำให้เกิดการแตกตัว NH_4^+ ให้มากขึ้น แต่อิทธิพลต่อการเปลี่ยนเป็นรูปแอมโมเนียอิสระจะไม่มากเท่ากับความเป็นกรดด่าง (Bower and Bidwell, 1978; Alabaster and Lloyd, 1980) นอกจากนี้ความเค็มยังมีผลต่อสัดส่วนของแอมโมเนียอิสระ กล่าวคือหากในน้ำมีความเค็มเพิ่มขึ้นสัดส่วนของแอมโมเนียอิสระจะลดลงแต่ไม่แตกต่างกันมากนัก แต่หากความเค็มเพิ่มหรือลดลงอย่างมากสัดส่วนของแอมโมเนียอิสระจะแตกต่างกันอย่างชัดเจน (ยนต์, 2539) นอกจากนี้ปัจจัยอื่นที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนีย ก็คือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งทำให้น้ำมีค่าความเป็นกรดด่างลดลงหรือเพิ่มขึ้น มีผลต่อสัดส่วนของแอมโมเนียอิสระ เช่น กรณีที่ความเป็นกรดด่างต่ำกว่า 8.3 ความเป็นกรดด่างที่เกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้เกิดสัดส่วนของแอมโมเนียอิสระ

น้อยลง แต่ในกรณีความเป็นกรดด่างที่สูงกว่า 8.3 ระดับของแอมโมเนียอิสระจะมีมากขึ้น เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์มีน้อยมากทำให้ความเป็นกรดด่างเพิ่มขึ้น ขณะที่ก๊าซออกซิเจนที่ละลายน้ำหากมีค่าสูงอยู่เสมอ จะเป็นตัวเร่งให้แอมโมเนียเปลี่ยนไปเป็นไนไตรท์และไนเตรทด้วยปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่น จากการทำงานของแบคทีเรีย *Nitrosomonas* และ *Nitrobacter* ตามลำดับ แต่ความเร็วในการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่นจะเพิ่มขึ้นไม่มาก เนื่องจากแบคทีเรียทั้งสองนี้มีอัตราการเจริญเติบโตที่ช้า กล่าวคือ *Nitrosomonas* และ *Nitrobacter* จะมีเวลาการแบ่งตัวที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เท่ากับ 13 และ 14 ชั่วโมงตามลำดับ (ยนต์, 2539; Lloyd and Herbert, 1961; Colt and Tchobanoglous, 1976; Alabaster and Lloyd, 1980) นอกจากนี้แบคทีเรียทั้งสองทำงานได้ดีที่ความเป็นกรดด่าง 7 – 8 ถ้าหากน้ำมีค่าความเป็นกรดด่างสูงกว่า 8.0 และมีแอมโมเนียอิสระมากขึ้น การเปลี่ยนรูปของสารที่กล่าวมาก็จะเกิดช้าลง เนื่องจากความเป็นกรดด่างไม่เหมาะสมและมีแอมโมเนียอิสระมากขึ้นจนเป็นพิษต่อเชื้อทั้งสอง ส่วนความเป็นด่างมีผลทางอ้อมต่อการเปลี่ยนรูปของแอมโมเนีย เนื่องจากเป็นตัวควบคุมการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรดด่าง ซึ่งมีผลต่อสัดส่วนและรูปแบบของแอมโมเนีย

พิษของแอมโมเนียที่เกิดจาก NH_3 จะมีพิษแบบเฉียบพลันและเรื้อรังต่อปลาได้สูงกว่า NH_4^+ ถึง 50 เท่าหากค่าความเป็นกรดด่างสูงขึ้น (Tryssell, 1972) พิษเฉียบพลันที่ทำให้ปลาตายจากการทำ LC_{50} ที่ 24 และ 96 ชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 1

พิษเฉียบพลันที่ทำให้ปลาตาย เกิดเนื่องมาจากในน้ำมีแอมโมเนียสูงทำให้ปลาไม่สามารถขับแอมโมเนียออกนอกตัวปลาได้ เป็นผลให้แอมโมเนียในเลือดสูงกว่าปกติจนไปรบกวนการทำงานของเอนไซม์ เมตาบอลิซึมระบบหายใจ และอื่น ๆ (มั่นสิน และ ไพพรรณ, 2540; Hampson, 1976; Smart, 1976) จากการศึกษาของ Brockway (1950) พบว่าเมื่อระดับแอมโมเนียอิสระในน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 0.3 พีพีเอ็ม ปริมาณออกซิเจนในเลือดจะลดลง และหากมีระดับถึง 1.0 พีพีเอ็ม ออกซิเจนในเลือดจะลดเหลือเพียง 1 ใน 7 ส่วนของระดับปกติ และมีระดับคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น 15 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าฮีโมโกลบินสูญเสียความสามารถในการจับกับออกซิเจน ขณะที่ Sousa and Meade (1977) รายงานว่าแอมโมเนียที่มีความเข้มข้นในเลือดที่สูงกว่าปกติจะไปกระตุ้นกระบวนการไกลโคไลซิส และขณะเดียวกันก็จะไปยับยั้งการสร้างสารคีโตกลูตาเรต (ketoglutarate) มีผลทำให้ไม่สามารถเผาผลาญสารอาหารในวัฏจักรเครบส์ได้ ทำให้เกิดการสะสมของสารที่มีฤทธิ์เป็นกรดในร่างกายมากขึ้น จนเกิดภาวะกรดในเลือดซึ่งส่งผลต่อความสามารถของฮีโมโกลบินในการจับกับออกซิเจนลดลง ปลาจะตายเนื่องจากระบบหายใจขัดข้อง

ตารางที่ 1 ความเข้มข้นของแอมโมเนียอิสระที่ทำให้ปลาตายกึ่งหนึ่งภายในเวลาที่กำหนด

ชนิดปลา	เวลา (ช.ม.)	LC_{50} (NH_3, พีพีเอ็ม)	อ้างอิง
perch	24	0.29	Ball (1967)
striped bass	96	1.40	Hazel *et al.* (1971)
เรนโบว์เทร้า	24	0.45	Herbert and Shurben (1965)
ดุกอเมริกัน	24	3.80	Colt and Tchobanoglous (1976)
ไหล	24	0.41	Sadler (1981)
ดุกด้าน	48	3.41	ช่วยชูศรี (2524)
ดุกด้าน	96	4.25	ธีรพงศ์ (2528)
sea bass	96	1.70	Le – Ruyet *et al.* (1995)
ตะเพียนขาว	96	6.59	สุจิตรา (2539)
ปลากะพงขาว	96	0.85	ภานุ และ สุประภา (2541)

ขณะที่พิษแบบเรื้อรังของแอมโมเนียที่เกิดจากการได้รับแอมโมเนียอิสระ (NH_3) ในระดับที่ไม่ทำให้ปลาตายเป็นระยะเวลานาน ๆ ผลที่เกิดคือทำให้ปลามีการเจริญเติบโตช้าลงและเกิดอาการผิดปกติ เช่น เหงือกถูกทำลาย เหงือกมีการเพิ่มจำนวน (hyperplasia) เหงือกมีขนาดใหญ่ขึ้น (hypertrophy) และเซลล์เหงือกเกิดการบวมน้ำ (edema) ซึ่งเกิดจากการที่เซลล์เหงือกมีการสะสมของแอมโมเนียมากกว่าปกติ และไม่สามารถขับออกได้ จึงยอมให้น้ำผ่านเข้าเซลล์มากขึ้น (Lloyd and Orr, 1969) นอกจากนี้ยังพบการตายของเซลล์เหงือก (necrosis) และเซลล์อื่น ๆ การผิดปกติดังกล่าวทำให้ปลาสามารถนำออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายได้น้อยลง และขาดสมดุลของของเหลวในร่างกายซึ่งกระทบต่อเมตาบอลิซึม รวมทั้งการสูญเสียพลังงานในการพยายามขับแอมโมเนียในร่างกายออก (Colt and Tchobanoglous, 1976; Sadler, 1981) ทำให้ปลาเกิดความเครียด ส่งผลให้การเจริญเติบโตชะงักลง ปลาอ่อนแอเป็นโรคได้ง่ายและตายได้

Boyd (1982) กล่าวว่าระดับแอมโมเนียอิสระที่ทำให้ปลาหยุดการเจริญเติบโตและตายได้คือได้รับแอมโมเนียระดับ 0.06 – 0.34 พีพีเอ็ม เป็นเวลานาน ๆ และระดับที่ทำให้เกิดอาการผิดปกติของอวัยวะ คือ 0.12 พีพีเอ็ม หากสัมผัสเป็นเวลานาน ส่วนเหงือกปลาจะโดนทำลาย และการเจริญเติบโตลดลงกึ่งหนึ่งหากสัมผัสที่ระดับ 0.52 พีพีเอ็ม ปลาจะหยุดการเจริญเติบโตและตายอย่าง

รวดเร็วภายในระยะเวลาอันสั้นหากสัมผัสที่ความเข้มข้น 0.6 – 2.0 พีพีเอ็ม ขณะที่ประวิทย์ (2531) กล่าวว่าระดับแอมโมเนียในน้ำที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำคือ ต้องมีแอมโมเนียอิสระไม่เกิน 0.02 พีพีเอ็ม ขณะที่มั่นสิน และ ไพพรรณ (2536) กล่าวว่าระดับแอมโมเนียอิสระที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต้องมีค่าไม่เกิน 0.025 พีพีเอ็ม หากความเป็นกรดด่างสูงขึ้นถึง 9.0 ค่าแอมโมเนียต้องไม่เกิน 0.056 พีพีเอ็ม จึงไม่เกิดโทษแก่สัตว์น้ำ และความเข้มข้นของแอมโมเนียอิสระต่ำสุดที่ทำให้สัตว์น้ำตาย คือที่ระดับ 0.50 พีพีเอ็ม

น้ำเสีย (Wastewater)

คำจำกัดความ น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่ผ่านการนำไปใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์แล้วระบายทิ้งลงมา มีสิ่งปะปนซึ่งอาจเป็นสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ หรือสารมีพิษต่าง ๆ ทำให้น้ำนั้นไม่เหมาะสมสำหรับใช้อีกต่อไป หรือถ้าหากปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติก็จะทำให้คุณสมบัติของน้ำนั้นเสียหายได้ (อุดร, 2537)

น้ำทิ้ง (wastewater) หมายถึง น้ำที่ผ่านการนำไปใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่าง ๆ ของครัวเรือน โรงงานอุตสาหกรรม การเกษตรและกสิกรรม ซึ่งน้ำทิ้งเหล่านี้จะมีคุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนไปจากเดิม เนื่องจากมีสิ่งสกปรก ทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์จากกิจกรรมซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดถ่ายลงมาเจือปนอยู่ในน้ำ ปริมาณสิ่งสกปรกในน้ำทิ้งหรือความสกปรกของน้ำทิ้งจึงขึ้นอยู่กับการใช้ ดังนั้นน้ำทิ้งจากแต่ละแห่งจึงมีคุณสมบัติแตกต่างกัน

ประเภทของน้ำเสีย

แหล่งกำเนิดน้ำเสีย นิยมจำแนกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่

1. **น้ำเสียชุมชน (domestic wastewater)** ได้แก่ น้ำเสียต่าง ๆ ที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ในการดำเนินชีวิตและประกอบอาชีพของประชาชนที่อยู่อาศัยในชุมชน เช่น น้ำเสียจากบ้านเรือน ที่พักอาศัย ร้านค้า ตลาด โรงแรม โรงพยาบาล โรงเรียน สำนักงาน เป็นต้น น้ำเสียชุมชนนี้ส่วนมากจะมีสิ่งสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ (organic matter) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ

2. **น้ำเสียอุตสาหกรรม (industrial wastewater)** ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมทุกประเภท เช่น น้ำเสียจากกระบวนการผลิต การล้างวัตถุดิบ การล้างเครื่องจักรหรือการทำความสะอาดโรงงาน เป็นต้น น้ำเสียจากอุตสาหกรรมแต่ละประเภทจะมีลักษณะแตกต่างกันไปตามประเภทของกิจกรรม วัตถุดิบที่ใช้ กระบวนการผลิต ระบบควบคุม และการบำรุงรักษา แต่อาจกล่าวโดยรวมได้ว่าน้ำเสียอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะมีสิ่งสกปรกที่เจือปนอยู่ในรูปของสารอินทรีย์ (organic matter) และสารอนินทรีย์ (inorganic matter) เช่น สารเคมีอินทรีย์ สารเคมีโลหะหนัก เป็นต้น

3. **น้ำเสียเกษตรกรรม (agricultural wastewater)** ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ทางการเกษตร ซึ่งรวมทั้งการเพาะปลูกและการเลี้ยงสัตว์ น้ำเสียประเภทนี้จะมีสิ่งสกปรกที่เจือปนอยู่ทั้งในรูปของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้น้ำ การใช้ปุ๋ย และสารเคมีต่าง ๆ ถ้าหากเป็นน้ำเสียจากพื้นที่เพาะปลูกอาจพบอนินทรีย์สารจำพวกปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแทสเซียม และอนินทรีย์สารซึ่งเป็นสารพิษกำจัดศัตรูพืชในปริมาณสูง แต่ถ้าเป็นน้ำเสียจากกิจกรรมเลี้ยงสัตว์ จะพบสิ่งสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ซึ่งเป็นสิ่งขับถ่ายของสัตว์เป็นส่วนมาก

<u>ความจำเป็นที่จะต้องมีการบำบัดน้ำเสีย</u>

วัตถุประสงค์ของการที่จะต้องบำบัดน้ำเสียก่อนที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติก็เพราะว่า

1. เพื่อทำลายตัวที่ทำให้เกิดโรค ไม่ว่าจะเป็นเชื้อโรคหรือสารพิษที่จะต้องถูกกำจัด หรือทำลายในระดับที่ปลอดภัยก่อนที่จะถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

2. เพื่อเปลี่ยนสภาพของเสียในน้ำเสียให้อยู่ในรูปที่สามารถนำกลับมาใช้ได้ คือ ของเสียเมื่อทำการบำบัดแล้วและกำจัดแล้วอาจเกิดประโยชน์ได้ เช่น การย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย อาจเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อพืช หรือก๊าซมีเทนใช้เป็นเชื้อเพลิง

3. เพื่อไม่ก่อให้เกิดเหตุเดือดร้อนรำคาญ โดยคุณลักษณะของน้ำเสียจะมีกลิ่นเหม็น และสีที่น่ารังเกียจ ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องผ่านการบำบัดก่อน

4. เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดภาวะมลพิษ ของเสียในน้ำเสียจะทำลายสิ่งมีชีวิตในน้ำทั้งสัตว์น้ำและพืชน้ำ และทำลายระบบนิเวศของแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งถือเป็นภาวะมลพิษ (พัฒนา, 2539)

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำจืดต่อแหล่งน้ำจืด

คุณภาพน้ำมีความเสื่อมโทรมสูงที่จุดทิ้งน้ำ จากนั้นก็มีการปรับตัวดีขึ้นจากการเจือจางด้วยมวลน้ำของแหล่งน้ำ ซึ่งแตกต่างกันตามการไหลของน้ำ ขนาด และสภาพแหล่งน้ำ ตลอดจนแหล่งของเสียอื่น ๆ ในบริเวณต้นน้ำ

ชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอน และสัตว์หน้าดินในแหล่งน้ำสาธารณะโดยรวมยังอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่แสดงการเสื่อมโทรมของสภาพน้ำ

พื้นที่แหล่งน้ำหลังพื้นที่การเลี้ยง พบว่ามีปริมาณการสะสมสารอินทรีย์สูงกว่าบริเวณต้นน้ำ โดยเฉพาะในแหล่งเลี้ยงที่ไม่มีการบำบัด (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)

ระบบบำบัดน้ำเสีย

ระบบบำบัดน้ำเสีย หมายความว่า กระบวนการทำหรือวิธีการบำบัดน้ำเสีย ในปัจจุบันมีด้วยกันหลายวิธี โดยเป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ประเภทต่าง ๆ โดยสรุปได้ดังนี้ (เกรียงศักดิ์, 2539; พัฒนา, 2539; เกษม, 2541)

1. **วิธีการทางกายภาพ** คือ วิธีการบำบัดน้ำเสียที่ใช้หลักการทางกายภาพ โดยอาศัยแรงทางฟิสิกส์ เช่น แรงโน้มถ่วง แรงเหวี่ยง แรงหนีศูนย์กลาง เป็นต้น จากเครื่องมือต่าง ๆ เพื่อแยกของแข็งที่ไม่ละลายน้ำออกจากน้ำเสีย ซึ่งมีหลายวิธี เช่น การดักด้วยตะแกรง (screening) การตัดย่อย (comminuting) การกวาด (skimming) การกวน (mixing) การทำให้ลอย (floatation) การตกตะกอน (sedimentation) การแยกตัวด้วยแรงเหวี่ยง (centrifugation) การกรอง (filtration) และการกำจัดตะกอนหนัก (grit removal) เป็นต้น

2. **วิธีการทางเคมี** คือ วิธีการบำบัดน้ำเสียโดยเติมสารเคมีลงในน้ำเสียเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี เพื่อแยกมลสารต่าง ๆ ออกจากน้ำเสีย ซึ่งมีหลายวิธี เช่น การตกตะกอนผลึกทางเคมี (chemical precipitation) การทำให้เป็นกลางหรือการสะเทิน (neutralization) การฆ่าเชื้อโรค (chemical oxidation - reduction) เป็นต้น

3. **วิธีการทางชีววิทยา** คือ วิธีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้จุลินทรีย์เป็นตัวช่วยในการบำบัดน้ำเสีย โดยจุลินทรีย์จะย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำในสภาพที่มีออกซิเจน หรือไม่มีออกซิเจนขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์ ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้ได้แก่ บักเตรี โปรโตซัว สาหร่าย รา และโรติเฟอร์ วิธีการทางชีววิทยามีหลายวิธี เช่น แอคติเวเต็ดสลัดจ์ (activated sludge) บ่อเติมอากาศ (aeration pond) ถังกรองจุลชีพ (trickling filter) แผ่นจานหมุนชีวภาพ (rotating biological contactor) การย่อยแบบแอนแอโรบิก (anaerobic digestion) และถังกรองไร้อากาศ (anaerobic filter) เป็นต้น

4. **วิธีการทางกายภาพเคมี** คือ วิธีการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยวิธีการทางกายภาพและทางเคมีมารวมตัวกัน เพื่อใช้กำจัดสารอินทรีย์และอนินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสีย ซึ่งมีหลายวิธี เช่น การดูดซับด้วยถ่าน (carbon absorption) การแลกเปลี่ยนประจุ (ion exchange) ออสโมซิสผันกลับ (reverse osmosis) และการแยกด้วยไฟฟ้าและเยื่อกรอง (electro dialysis) เป็นต้น

ในการบำบัดน้ำเสียสามารถกระทำได้โดยอาศัยวิธีที่กล่าวมาข้างต้น โดยอาจจะใช้วิธีการเดียวหรือหลาย ๆ วิธีร่วมกันในการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งการที่จะเลือกวิธีการบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมวิธีการใดนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการที่จะต้องนำมาพิจารณา ได้แก่ ความต้องการในการกำจัดสารต่าง ๆ ในน้ำเสีย ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย ขนาดของพื้นที่ที่ต้องการใช้สำหรับโรงบำบัดน้ำเสีย ราคาค่าก่อสร้าง ราคาค่าบำรุงรักษา และดำเนินการ จำนวนเครื่องมือกลที่ต้องการใช้ในระบบบำบัด ความยากง่ายในการควบคุมดูแลระบบบำบัด และความต้องการระดับความรู้ความสามารถของผู้ควบคุมดูแลระบบ (เกรียงศักดิ์, 2539)

<u>ระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย (lagoon treatment)</u>

ระบบบ่อบำบัดน้ำเสียเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่สร้างเป็นบ่อดิน อาจจะเป็นบ่อเดียวหรือหลาย ๆ บ่อต่ออนุกรมกัน ทั้งนี้จะทำการเก็บกักน้ำเสียได้ โดยให้มีระยะเวลาพักตัวในบ่อนานพอที่จะทำให้จุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสียเกิดการเพิ่มจำนวน ทั้งนี้จุลินทรีย์จะได้รับออกซิเจนจาก 2 แหล่งด้วยกัน ได้แก่ จากการถ่ายเทออกซิเจนจากบรรยากาศลงสู่น้ำ และอีกส่วนหนึ่งได้จากปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายที่เกิดขึ้นในบ่อนั้นเอง (บรรจง และ เอนก, 2537)

บรรจง และ อเนก (2537) กล่าวว่า การบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระบบบ่อบำบัด หากไม่คิดราคาที่ดินแล้วจะเป็นระบบที่มีราคาถูกที่สุด เพราะไม่ต้องใช้เครื่องจักรกล การก่อสร้างง่ายและประหยัด

ค่าใช้จ่าย ทั้งการเดินระบบและการดูแลรักษา สำหรับการแบ่งประเภทของบ่อบำบัดน้ำเสีย สามารถจำแนกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่

1. **บ่อใช้อากาศ (aerobic pond)**

บ่อใช้อากาศเป็นบ่อที่มีความลึกไม่มากนักประมาณ 0.5 - 1.0 เมตร จึงทำให้ก๊าซออกซิเจนจากบรรยากาศสามารถถ่ายเทได้ทั่วบ่อ เหมาะสำหรับการบำบัดน้ำเสียที่มีความสกปรกไม่มากนัก ส่วนใหญ่จะบำบัดน้ำเสียต่อจากการบำบัดอื่น ๆ เพื่อลดความสกปรกให้ต่ำลงก่อนระบายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากบ่อใช้อากาศมีความลึกไม่มากทำให้แสงแดดสามารถส่องถึงก้นบ่อ จึงส่งผลให้สาหร่ายสีเขียวสังเคราะห์แสงได้เป็นอย่างดี จากปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายจะช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้กับน้ำ ซึ่งจุลินทรีย์ได้อาศัยออกซิเจนดังกล่าวในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย และได้พลังงานเพื่อสร้างเซลล์ใหม่ ทำให้จำนวนจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้น อีกทั้งได้สารประกอบอนินทรีย์อื่น ๆ ที่สาหร่ายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการสังเคราะห์แสง อันเป็นลักษณะที่พึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน ส่งผลให้ปริมาณสาหร่ายสีเขียวเกิดขึ้นในบ่ออย่างมากมายประมาณ 100 - 200 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้สภาพน้ำมีสีเขียวเข้ม ดังนั้นการระบายน้ำทิ้งออกจากบ่อประเภทนี้ควรกำจัดสาหร่ายออกก่อน เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาความสกปรกต่อแหล่งน้ำธรรมชาติอื่น ๆ ต่อไป

การกำจัดสาหร่ายมีหลายวิธี ได้แก่ ใช้เครื่องกรอง ใช้บ่อปรับคุณภาพน้ำขั้นสุดท้าย (polishing pond) พร้อมทั้งเลี้ยงปลา ระบบบึงวัชพืช (constructed wetland) เป็นตัวกรอง หรือใช้สารเคมีพวกคอปเปอร์ซัลเฟตละลายน้ำ ฉีดพ่นให้ทั่วเพื่อฆ่าสาหร่าย ทั้งนี้ต้องทำการทดลองหาปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีที่จะใช้ให้เหมาะสมก่อนนำไปใช้ในสภาพจริง เพราะก๊าซปริมาณมากเกินไปอาจเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำบางชนิด อีกทั้งปริมาณสาหร่ายที่ตายแล้วก็จะต้องหาวิธีแยกออกจากน้ำทิ้ง ซึ่งอาจใช้บ่อเก็บกักน้ำขั้นสุดท้าย เพื่อแยกสาหร่ายออกจากน้ำทิ้ง

2. บ่อไร้อากาศ (anaerobic pond)

บ่อไร้อากาศเป็นบ่อบำบัดน้ำเสียที่มีความลึกมากตั้งแต่ 2.5 เมตรขึ้นไป บางแห่งลึกถึง 6.1 เมตร เหมาะสำหรับบำบัดน้ำเสียที่มีความสกปรกสูง ๆ ดังนั้นจึงใช้เป็นบ่อบำบัดน้ำเสียขั้นต้นของระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย เพื่อลดความสกปรกที่มีค่าสูง ๆ ให้น้อยลงก่อนที่จะปล่อยลงสู่บ่อบำบัดแบบกึ่งไร้อากาศ บ่อใช้อากาศ หรือบ่อปรับคุณภาพน้ำขั้นสุดท้ายต่อไป

หลักการทำงานของบ่อไร้อากาศแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นแรกเริ่มต้นที่จุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจนกลุ่มหนึ่ง เรียกว่า acid forming bacteria ซึ่งจะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้กลายเป็นกรดอินทรีย์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกรดอาซิติก และโพรพิโอนิค หลังจากนั้นจะเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์อีกประเภทหนึ่งเรียกว่า methane forming bacteria ทำการย่อยสลายกรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นให้กลายเป็นก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปฏิกิริยาชีวเคมีที่ทำให้เกิดกรดอินทรีย์นี้จะส่งผลให้มีกลิ่นเหม็นรุนแรง อีกทั้งยังมีปัญหาเกี่ยวกับกลิ่นที่เกิดจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟล์อีกด้วย

3. บ่อกึ่งไร้อากาศ (facultative pond)

บ่อกึ่งไร้อากาศเป็นบ่อบำบัดน้ำเสียที่มีความลึกมากกว่าบ่อใช้อากาศ แต่น้อยกว่าบ่อไร้อากาศ คือ มีความลึกประมาณ 1.0 – 2.5 เมตร เหมาะสำหรับบำบัดน้ำเสียจากแหล่งชุมชน อีกทั้งนิยมใช้เป็นบ่อปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นสุดท้ายก่อนที่จะปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ สภาพอากาศค่อนข้างร้อนอย่างประเทศไทยที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส จะทำให้การบำบัดน้ำเสียโดยใช้บ่อกึ่งไร้อากาศมีประสิทธิภาพสูง อีกทั้งยังออกแบบให้รับปริมาณความเข้มข้นสารอินทรีย์ต่อพื้นที่ผิวของบ่อ (surface loading) ได้สูง หลักการทำงานของบ่อกึ่งไร้อากาศแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> เป็นส่วนที่อยู่ชั้นบนของผิวน้ำที่แสงแดดสามารถส่องถึง เรียกว่า aerobic zone จะเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจน มีลักษณะการทำงานเหมือนบ่อใช้อากาศ

<u>ขั้นตอนที่ 2</u> เป็นส่วนที่อยู่ข้างล่างจนถึงก้นบ่อที่แสงแดดไม่สามารถส่องถึง เรียกว่า anaerobic zone จะเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีลักษณะการทำงานเหมือนบ่อไร้อากาศ

ขั้นตอนที่ 3 จะมีความลึกอยู่ตรงกลางระหว่าง aerobic zone และ anaerobic zone ในชั้นนี้บางส่วนจะมีออกซิเจนอิสระบ้างเล็กน้อย บางครั้งอาจไม่มี ดังนั้นต้องอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ประเภท facultative bacteria เป็นตัวย่อยสลายความสกปรกในขั้นนี้ ทั้งนี้เพราะจุลินทรีย์ประเภทนี้สามารถทำงานได้ทั้งในสภาพที่มีออกซิเจนและไร้ออกซิเจน

ความจำเป็นในการจัดการคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ

การเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในปัจจุบันโดยเฉพาะที่มีการเลี้ยงแบบหนาแน่น เป็นกิจกรรมหนึ่งที่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อแหล่งน้ำได้ การเลี้ยงที่มุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเป็นสำคัญ มักเป็นการเลี้ยงแบบพัฒนา มีอัตราการปล่อยหนาแน่น ทำให้น้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงซึ่งประกอบไปด้วยเศษอาหาร ของเสียที่ขับถ่ายจากสัตว์น้ำ ถูกระบายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งล้วนก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและปัญหามลพิษทางน้ำ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีการเลี้ยงอย่างหนาแน่นทั้งในภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคตะวันตก (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

ในการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบพัฒนาโดยทั่วไปแล้ว มีการปล่อยสัตว์น้ำในอัตราความหนาแน่นที่สูง และมีการให้อาหารในปริมาณมาก ของเสียที่เกิดจากการขับถ่ายของสัตว์น้ำและเศษอาหารที่เหลือตกค้างในบ่อ เมื่อเน่าสลายจะทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพน้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม การเน่าสลายของสารอินทรีย์เหล่านี้ทำให้เกิดการใช้ออกซิเจนปริมาณมากจากน้ำ ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง ผลที่ได้จากการเน่าสลายของสารอินทรีย์ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย ไฮโดรเจนซัลไฟล์ และไนไตรท์ที่เกิดจากการออกซิไดส์ของแอมโมเนีย สารต่าง ๆ เหล่านี้เป็นพิษโดยตรงต่อสัตว์น้ำ นอกจากนี้ธาตุอาหารที่ได้จากการเน่าสลายของสารอินทรีย์บางครั้งจะทำให้เกิดการแพร่พันธุ์ของแพลงตอนก์พืชอย่างรวดเร็ว ซึ่งบางครั้งก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพน้ำได้ (สมาน, 2538)

จากการทดลองหลาย ๆ ครั้งที่ผ่านมา มีการแสดงให้เห็นว่าถ้าน้ำในบ่อมีคุณภาพดีจะทำให้สัตว์น้ำมีอัตรารอดที่ดี อัตราการเจริญเติบโตดี อัตราการแลกเนื้อ (FCR) ดี และจะส่งผลให้ผลผลิตมีปริมาณสูงขึ้น (Boyd, 1982)

กรมควบคุมมลพิษ (2546 ก) กล่าวว่าการจัดการการเพาะเลี้ยงชายฝั่งที่ไม่เหมาะสมเป็นสาเหตุหนึ่งที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์

น้ำลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยไม่ผ่านการบำบัดจะทำให้สารอินทรีย์ ธาตุอาหาร และสารแขวนลอยของแหล่งน้ำเพิ่มปริมาณมากขึ้น จนเกินความสามารถของแหล่งน้ำที่จะรองรับได้ เกิดสภาพของแหล่งน้ำที่อุดมสมบูรณ์มากเกินไป (eutrophication) แนวทางในการแก้ปัญหาจะต้องจัดการน้ำทิ้งอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการพัฒนาวิธีการเพาะเลี้ยงและการบำบัดน้ำทิ้งให้เหมาะสม

มั่นสิน และ ไพพรรณ (2540) กล่าวว่าปลาที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติ มักมีความหนาแน่นต่ำ เนื่องมาจากแหล่งอาหารเบื้องต้นหรือ primary product มักมีจำกัด สำหรับในบ่อเลี้ยงปลาการเพิ่มผลผลิตให้ได้มากขึ้นอาจกระทำได้โดยการใช้ปุ๋ยหรือให้อาหารปลาหรือทั้ง 2 อย่าง การใช้ปุ๋ยเป็นการให้อาหารทางอ้อมแก่ปลา การเพิ่มผลผลิตโดยให้อาหารปลาในบ่อที่เลี้ยงหนาแน่น มีปัญหาเรื่องน้ำเสียมากที่สุด อาหารปลาที่เหลือตกค้างและสิ่งขับถ่ายของปลาย่อมมีมากตามปริมาณอาหารที่ป้อนให้กับบ่อ สารอินทรีย์ในอาหารปลาทำให้ความต้องการออกซิเจนมีมาก และทำให้เกิดการขาดแคลนออกซิเจน ของเสียต่าง ๆ ที่ปลาขับถ่ายออกมา และสารอาหารต่าง ๆ ล้วนช่วยในการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอน

กรมควบคุมมลพิษ (2547) รายงานค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลาช่อน พบว่ามีค่าของแข็งในน้ำ 67.0 มิลลิกรัม/ลิตร, แอมโมเนียไนโตรเจน 2.236 มิลลิกรัม/ลิตร, ไนโตรเจนรวม 3.105 มิลลิกรัม/ลิตร, ฟอสฟอรัสรวม 0.721 มิลลิกรัม/ลิตร, BOD 14.8 มิลลิกรัม/ลิตร และ COD 67.5 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งมีค่าสูงกว่าคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม ปลานิล และกุ้งก้ามกราม ยกเว้นค่าของแข็งในน้ำในการเลี้ยงปลาดุกมีค่าสูงกว่า เนื่องจากในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำน้อยกว่าการเลี้ยงปลาช่อน ส่วนค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทิ้งระหว่างการเก็บเกี่ยวผลผลิตจากการเลี้ยงปลาช่อนมีค่าของแข็งในน้ำ 528.3 มิลลิกรัม/ลิตร, แอมโมเนียไนโตรเจน 5.493 มิลลิกรัม/ลิตร, ไนโตรเจนรวม 8.060 มิลลิกรัม/ลิตร, ฟอสฟอรัสรวม 1.269 มิลลิกรัม/ลิตร และ BOD 21.4 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งมีค่าสูงกว่าคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม ปลานิล และกุ้งก้ามกราม

การวิจัยเกี่ยวกับการบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมีค่อนข้างน้อย ส่วนใหญ่เป็นการวิจัยเบื้องต้นในระดับห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้พืช สัตว์ และจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำทิ้ง ในการทดลองการบำบัดน้ำในบ่อเลี้ยงปลาแซลมอน พบว่าสาหร่ายทะเล *Gracilaria* สามารถกำจัดแอมโมเนียได้สูงสุดถึง 90 - 95 เปอร์เซ็นต์ (Troell *et al*., 1999) สาหร่ายทะเล

Enteromospha sp. และ *Polycarvernosa fastigiata* สามารถนำมาใช้ลดมลภาวะของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งทะเลได้ เนื่องจากสามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งทะเล (ลือชัย, 2534)

ในการเลี้ยงสัตว์น้ำระบบบำบัดน้ำทิ้งที่เหมาะสมควรเป็นระบบบำบัดในรูปแบบที่เกษตรกรสามารถลงทุนได้ บนพื้นฐานที่ว่าระบบบำบัดก่อให้เกิดประโยชน์ต่อตัวเกษตรกรเอง คือ เพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรในระดับหนึ่ง และยังสามารถลดปัญหาผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกบ่อเลี้ยง เนื่องจากการเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในประเทศไทยมีข้อจำกัดของการลงทุน จากการที่รายได้และผลตอบแทนการลงทุนจากการเลี้ยงสัตว์น้ำจืดมีค่าต่ำ ซึ่งการประเมินประสิทธิภาพการบำบัดพิจารณาจากปริมาณสารมลพิษ (pollutant loading rate, $g.m^2day^{-1}$) และอัตราการลดสารมลพิษ (pollutant removal rate) จากคุณภาพน้ำที่เข้าและออกจากระบบ (influent and effluent pollutant concentration) และระยะเวลาในการบำบัด (normal hydraulic retention time) (กรมควบคุมมลพิษ, 2547) น้ำเสียจากบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำจะอยู่ในสภาวะที่แตกต่างจากน้ำเสียแหล่งอื่น ๆ และมีลักษณะเฉพาะตัวหลายประการ (มั่นสิน และ ไพพรรณ, 2540) คือ น้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นน้ำทิ้งที่มีมลสารต่ำ แต่มีในปริมาณมาก เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทิ้งจากชุมชน หรือโรงงานอุตสาหกรรม (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

น้ำเสียที่มีสารอินทรีย์และสารอาหารต่าง ๆ สามารถใช้เลี้ยงแพลงก์ตอนพืชได้ จึงพบเสมอว่าบ่อบำบัดน้ำเสียกลางแจ้งแบบที่เรียกว่า facultative oxidation pond สามารถใช้เลี้ยงปลานิลได้เป็นอย่างดี บ่อบำบัดน้ำเสียดังกล่าวถูกออกแบบให้เลี้ยงสาหร่ายสีเขียวเพื่อช่วยบำบัดน้ำเสียร่วมกับแบคทีเรีย ระดับออกซิเจนละลายน้ำในเวลากลางวันจะมีค่าสูงมาก แต่อาจมีค่าต่ำในเวลากลางคืน การเลี้ยงปลาด้วยน้ำเสียจะได้ผลดีจึงต้องควบคุมมิให้มีการใส่น้ำเสียมากเกินไป เพื่อป้องกันมิให้มีการขาดแคลนออกซิเจนละลายน้ำ (มั่นสิน และ ไพพรรณ, 2540)

ผลประโยชน์ที่เพิ่มขึ้นจากการบำบัดน้ำทิ้ง โดยการนำน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาเดิมมาเลี้ยงปลากินพืช เกษตรกรจะมีรายได้จากผลผลิตปลากินพืชที่ปล่อยไว้ในบ่อที่ใช้บำบัดน้ำทิ้งนั่นเอง โดยเกษตรกรจะมีค่าลงทุนในบ่อปลากินพืชเพียงค่าพันธุ์ปลา แต่จะไม่เสียต้นทุนค่าอาหารที่ใช้เลี้ยงปลากินพืช เนื่องจากน้ำทิ้งที่เกษตรกรปล่อยลงสู่บ่อเลี้ยงปลากินพืชมีธาตุอาหารเพียงพอ (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

คุณภาพน้ำที่ระบายออกระหว่างการเลี้ยงในบ่อเลี้ยงกุ้ง มีคุณสมบัติดีกว่าน้ำทิ้งในช่วงจับกุ้ง ซึ่งกรมควบคุมมลพิษ (2546 ก) รายงานว่าน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีปริมาณสารแขวนลอย

อยู่ในช่วง 11.6 - 251.0 มิลลิกรัม/ลิตร ฟอสฟอรัส 0.0069 - 0.7236 มิลลิกรัม/ลิตร แอมโมเนีย ไนโตรเจน 0.0021 - 0.8676 มิลลิกรัม/ลิตร และ BOD 2.5 - 60.5 มิลลิกรัม/ลิตร โดยพบความเข้มข้นของสารมลพิษสูงสุดในช่วงการจับกุ้ง

กรมควบคุมมลพิษ (2546 ก) ได้ศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่าน้ำทิ้งส่วนใหญ่จะมีปัญหาสารแขวนลอยสูงมาก แต่ก็ไม่เป็นปัญหาในการบำบัด สำหรับระบบบำบัดปริมาณสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ ที่บ่งชี้โดยค่า BOD ซึ่งอยู่ในระบบค่อนข้างต่ำ ทำให้การบำบัดมีแนวโน้มที่จะทำให้ง่ายขึ้น สารมลพิษที่พบในความเข้มข้นมากและส่วนใหญ่สูงกว่ามาตรฐานที่จะต้องบำบัด คือ ฟอสฟอรัสรวม และไนโตรเจนรวม

<u>ปลานิล</u>

ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) เป็นปลาที่อยู่ในวงศ์ Cichlidae เป็นปลาที่เลี้ยงง่าย โตเร็ว กินอาหารที่มีอยู่ในธรรมชาติในบ่อ อยู่ได้ทั้งในน้ำจืดและน้ำกร่อย สามารถสืบพันธุ์วางไข่ได้เองในบ่อเลี้ยง จึงได้รับความนิยมเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายในภาคพื้นเอเชีย สำหรับประเทศไทย เจ้าฟ้าชายอากิฮิโตได้จัดส่งปลานิลจำนวน 50 ตัว มาทูลเกล้า ฯ ถวายพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เมื่อปี พ.ศ. 2508 (ทัศนีย์, 2524) เนื่องจากปลานิลเป็นปลาที่เลี้ยงง่าย ทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวจึงมอบหมายให้กรมประมงเป็นผู้เผยแพร่ และส่งเสริมให้มีการเลี้ยงปลานิลจนมีการเลี้ยงอย่างแพร่หลายในปัจจุบันนี้

รูปร่างของปลานิลคล้ายปลาหมอเทศ มีลักษณะลำตัวแบนข้าง ลำตัวสีเขียวปนน้ำตาล มีริมฝีปากบนและล่างเสมอกัน มีลายพาดขวาง 9 - 10 แถบ เห็นได้ชัด ครีบหลัง ครีบก้น และครีบหางมีจุดขาว และมีเส้นสีดำตัดขวาง (ศักดิ์ชัย, 2536)

การเลี้ยงปลานิลมักเลี้ยงปลานิลเพศผู้ล้วนหรือการเลี้ยงระบบเพศเดี่ยว เนื่องจากเพศเมียใช้วิธีการฟักไข่ในปาก โดยจะอมไข่ที่ได้รับการผสมกับน้ำเชื้อแล้วไว้ในปาก แม่ปลาจะอมลูกปลาอยู่ต่อไปจนกระทั่งถุงอาหารธรรมชาติบริเวณท้องของลูกปลายุบหายไป ลูกปลาจะไม่เข้าไปหลบในปากแม่ปลาเมื่ออายุมากกว่า 2 สัปดาห์ขึ้นไป ระหว่างนั้นแม่ปลาจะกินอาหารน้อยลงและช่วงก่อนวางไข่ แม่ปลาต้องการสารอาหารจำนวนมากเพื่อนำไปพัฒนาไข่ จากการศึกษารูปแบบการ

เจริญเติบโตของปลานิลทำให้พบว่าปลาเพศผู้เจริญเติบโตได้ดีกว่าปลาเพศเมีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ (อุทัยรัตน์, 2538)

<u>คุณสมบัติบางประการของปลานิล</u>

ปลานิลเป็นปลาที่เจริญเติบโตเร็ว กินอาหารได้หลากหลายชนิด มีความต้านทานโรค และมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี สามารถอยู่รอดและเจริญเติบโตในน้ำกร่อยได้ โดยสามารถอยู่ได้อย่างปลอดภัยในน้ำที่มีความเค็มสูงถึง 20 พีพีที (ทัศนีย์, 2524)

ความต้องการออกซิเจนละลายของปลานิล พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายสำหรับปลานิลไม่ควรต่ำกว่า 3 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ถ้าต่ำกว่าระดับนี้จะเริ่มเกิดผลกระทบต่าง ๆ ต่อปลา เช่น หยุดกินอาหาร อัตราการเจริญเติบโตลดลง และปลาอยู่ในภาวการณ์เครียด (Coche, 1982; Blakely and Hrusa, 1989) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในช่วงระหว่าง 2.5 – 3 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้ขบวนการเผาผลาญอาหารของปลานิลลดลง (Balalin and Haller, 1982) อย่างไรก็ตามปลานิลสามารถทนอยู่ในสภาวะที่มีออกซิเจนละลายน้ำต่ำได้ถึง 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร (Magid and Babiker, 1975; Melard and Philippart, 1980) หรือสภาวะที่มีออกซิเจนละลายน้ำอิ่มตัวสูงถึง 9 มิลลิกรัม/ลิตร ได้เป็นเวลานานหลายวัน (Coche, 1977)

ความทนทานของปลานิลต่อความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ พบว่าปลานิลจะเริ่มตายในน้ำที่มีความเป็นกรดเป็นด่าง 6.5 – 5.5 เป็นอัตราการตายเฉลี่ย 10 เปอร์เซ็นต์ และที่ความเป็นกรดเป็นด่าง 5.5 – 4.5 ในอัตราการตาย 70 เปอร์เซ็นต์ และตายทั้งหมดในน้ำที่มีความเป็นกรดเป็นด่าง 4.5 – 3.5 เปอร์เซ็นต์ (ทัศนีย์, 2524)

ความคงทนของปลานิลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำ พบว่าปลานิลสามารถมีชีวิตอยู่ได้ในน้ำที่มีอุณหภูมิตั้งแต่ 11 - 42 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่ค่อนข้างกว้าง แต่ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมจะอยู่ระหว่าง 28 – 35 องศาเซลเซียส (Denzer, 1967; Balarin and Haller, 1982)

<u>อาหารและนิสัยการกินอาหาร</u>

ปลานิลสามารถกินอาหารซึ่งเกิดขึ้นโดยธรรมชาติและอาหารสมทบเป็นจำนวนเกือบเท่า ๆ กัน อาหารที่กิน ได้แก่ ไรน้ำ ตะไคร่น้ำ ตัวอ่อนของแมลงเล็ก ๆ ที่อยู่ในบ่อ สาหร่ายแหน (กรมประมง, 2537) *Cyanobacteria* ไดอะตอม สาหร่ายสีเขียว (Micha *et al*., 1988) สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินโดยเฉพาะ *Microcystis Spirulina* และ *Anabaenopsis* ทั้งที่มีชีวิตและเน่าเปื่อยตามก้นบ่อ (Diana *et al*., 1985) การเลี้ยงปลานิลแบบพื้นบ้านจะให้อาหารสมทบแก่ปลานิล ซึ่งได้แก่ รำ ปลายข้าว กากถั่วเหลือง กากมะพร้าว แหนเป็ด ปลาป่น เป็นต้น โดยให้อาหารประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักปลาที่เลี้ยง (กรมประมง, 2537)

ปลานิลเป็นปลาที่กินอาหารตลอดเวลาและกินจุ (Mazid *et al*., 1979) ปลาขนาดต่างกันชอบกินอาหารต่างกันเล็กน้อย ปลาขนาดเล็กจะกินพวกไรน้ำ และตัวอ่อนของริ้นน้ำจืด (chironomid) เป็นอาหาร (มนู, 2509) ปลาขนาด 1 - 2 นิ้วกินอาหารได้หลากหลายชนิด (Juancey and Ross, 1982) ได้แก่ รำ แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ ครัสเตเชียน (crustacean) ปลาขนาด 3 - 5 นิ้วส่วนใหญ่กินสาหร่ายเส้น และซากเน่าเปื่อย บางส่วนกินแพลงก์ตอนพืช ตัวอ่อนของกุ้ง ปู แพลงก์ตอนสัตว์ เป็นต้น ปลาขนาด 6 - 9 นิ้ว ส่วนใหญ่กินซากเน่าเปื่อย สาหร่ายเส้น บางส่วนกินตัวอ่อนของกุ้ง ปู และแพลงก์ตอนพืช (มนู, 2509; มนู, 2511; สมปอง, 2524) ปลานิลที่มีขนาดตัวเต็มวัยชอบกินแพลงก์ตอนพืช เช่น สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Bowen, 1982; Jauncey and Ross, 1982)

<u>ความต้องการสารอาหารของปลานิล</u>

ความต้องการโปรตีนและพลังงาน

โปรตีนเป็นองค์ประกอบหลักในสูตรอาหาร จะขาดไม่ได้ปลานิลต้องการโปรตีนจากอาหารเพื่อการเจริญเติบโตและสร้างเนื้อเยื่อ หลังจากระบบย่อยอาหารของลูกปลานิลพัฒนาสมบูรณ์เต็มที่แล้ว (มานพ และคณะ, 2536) แต่วัตถุดิบที่ให้โปรตีนในสูตรอาหารส่วนใหญ่มีราคาแพงกว่าวัตถุดิบอื่น ๆ

ปลานิลวัยอ่อนต้องการโปรตีนในสูตรอาหาร 35 - 40 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปลานิลขนาดเล็กต้องการ 28 - 35 เปอร์เซ็นต์ ปลานิลขนาดโตจนถึงขนาดตลาดต้องการ 26 - 34 เปอร์เซ็นต์

(ประเสริฐ และคณะ, 2525) ปลานิลที่ต้องการเลี้ยงเพื่อนำเนื้อมาบริโภคจะต้องการโปรตีนต่ำกว่าปลาที่เป็นพ่อแม่พันธุ์ การทดลองในปลานิล (*O. niloticus*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีพลังงานในช่วง 304.19 - 366.98 กิโลแคลอรี/อาหาร 100 กรัม พบว่าระดับโปรตีน 27.5 เปอร์เซ็นต์เหมาะแก่ปลาเต็มวัยที่ยังไม่วางไข่ ส่วนโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์เหมาะแก่ปลาวัยเจริญพันธุ์ โดยการพัฒนาของระยะไข่อาจช้ากว่าปลาที่ได้รับโปรตีน 42.64 และ 50.12 เปอร์เซ็นต์ แต่ปลาที่ได้รับโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์มีความดกของไข่และวางไข่ได้บ่อยครั้งกว่า (Wee and Tuan, 1988)

ปลาในกลุ่มปลานิลมีความต้องการโปรตีนแตกต่างจากปลาชนิดอื่น ๆ และเป็นที่ทราบกันว่าปลาในกลุ่มปลานิลมีหลายชนิด แต่ละชนิดก็มีความต้องการโปรตีนแตกต่างกันด้วย ปลากินพืช ปลากินพืชและสัตว์ควรมีระดับโปรตีนในอาหาร 20 - 30 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปลากินเนื้อควรได้รับโปรตีนที่ระดับ 40 - 50 เปอร์เซ็นต์ (Pandian, 1987) ในการผลิตอาหารที่ใช้เลี้ยงปลานิลนิยมให้มีโปรตีนในสูตรอาหารมากกว่า 25 เปอร์เซ็นต์

ดังนั้นระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารปลานิล จึงเป็นระดับที่ทำให้ปลาเจริญเติบโตและมีต้นทุนอาหารต่ำ การลดต้นทุนค่าอาหารสามารถทำได้โดยการลดปริมาณโปรตีนจากวัตถุดิบที่มีราคาแพงในระดับหนึ่ง (โปรตีนจากปลาป่น) จึงมีแนวโน้มที่จะมีโปรตีนจากพืชมาเสริมส่วนของโปรตีนที่ลดลงนั้นมากขึ้น (Shiau *et al*., 1987)

อาหารสำหรับเลี้ยงปลานิลขนาด 1 กรัม มีระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารคือ 25.7 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนพลังงานที่ย่อยได้ต่อกรัมโปรตีนเท่ากับ 128 กิโลแคลอรี เนื่องจากส่วนใหญ่แล้วปลาจะใช้พลังงานจากไขมัน และคาร์โบไฮเดรตเป็นพลังงานสำรอง (Zhongjie *et al*., 1991) การนำโปรตีนในอาหารไปใช้ประโยชน์เพื่อการเจริญเติบโต พบว่ามีความสัมพันธ์กับพลังงานที่มีในอาหาร สัดส่วนพลังงานที่ย่อยได้ต่อโปรตีนที่เหมาะสมทำให้ปลามีการเจริญเติบโตดี (Kubaryk, 1980) สัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างโปรตีนที่ย่อยได้ต่อพลังงานที่ได้จากการย่อยในอาหารปลานิล คือ 75.35 มิลลิกรัม/กิโลแคลอรี (Kaushik *et al*., 1995) แต่ NRC (1993) ระบุว่าปลานิลขนาด 50 กรัมต้องการโปรตีนที่ย่อยได้ 30 กรัม พลังงานที่ได้จากการย่อย 43.26 มิลลิกรัม/กิโลแคลอรี และพลังงานที่ต้องการโดยพื้นฐานประมาณ 3,000 กิโลแคลอรี (พลังงานที่ได้จากย่อย)/อาหาร 1 กิโลกรัม ดังนั้นสัดส่วนพลังงานที่ย่อยได้ต่อโปรตีนเท่ากับ 100 ทั้งนี้สัดส่วนที่เหมาะสมจึงขึ้นอยู่กับขนาดและอายุของปลาด้วย

ความต้องการไขมัน

ไขมันเป็นสารอินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำแต่ละลายในตัวทำละลายสารอินทรีย์ ไขมันมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำเนื่องจากไขมันเป็นแหล่งพลังงาน โดยไขมัน 1 กรัม ให้พลังงาน 9 แคลอรี ซึ่งมีค่าสูงกว่าพลังงานที่ได้จากโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต ในอาหารที่มีโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตอยู่ประมาณ 4.6 กิโลแคลอรี/กรัม ปลาสามารถนำไปใช้ได้ 3.9 และ 1.6 กิโลแคลอรี/กรัมตามลำดับ อาหารที่มีไขมัน 9.4 กิโลแคลอรี/กรัม ปลาจะสามารถนำไปใช้ได้ 8 กิโลแคลอรี/กรัม (Wedemeyer, 1996) ไขมันในกระบวนการผลิตอาหารสัตว์น้ำช่วยเป็นสื่อความร้อนและเพิ่มความชวนกินของอาหาร นอกจากนี้ช่วยหล่อลื่นและลดแรงเสียดทานระหว่างอาหารกับเครื่องจักรในกระบวนการผลิต ช่วยให้อาหารที่ได้มีลักษณะนุ่ม ช่วยเป็นอิมัลซิไฟเออร์ในอาหารที่มีไขมันและน้ำเป็นส่วนผสมให้รวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน (เวียง, 2543) ระดับไขมันที่เหมาะสมในอาหารปลาเขตร้อน เช่น ปลานิลควรมีประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ (อำนวย, 2525) ปลาทั่วไปต้องการกรดไลโนเลอิค (กลุ่มโอเมกา - 6) และกรดไลโนเลนิค (กลุ่มโอเมกา - 3) แต่ปลานิลต้องการกรดไขมันที่จำเป็นในกลุ่มโอเมกา - 6 มากกว่ากลุ่มโอเมกา - 3 (Stickney and Hardy, 1989) ชนิดของโอเมกา – 6 ที่ปลานิล (*O. niloticus*) ต้องการคือ 18:2n – 6 ซึ่งควรมีในอาหารอย่างน้อย 1.5 เปอร์เซ็นต์ ปลานิล (*Tilapia zillii*) ต้องการ 20:4n - 6 หรือ 18:2n - 6 ในระดับ 1 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร (Kanazawa *et al.*, 1980 ;Takeuchi *et al.*, 1983)

กรดไขมันกลุ่มนี้พบมากในน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันข้าวโพด และพบว่าแหล่งของน้ำมันต่างชนิดกันไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของปลานิลขนาด 100 - 300 กรัมเมื่อผสมในอาหารที่ระดับ 4 - 8 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำมันชนิดต่าง ๆ ได้แก่ น้ำมันจากสัตว์ปีก น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันถั่วเหลืองดิบ (acidulated soybean oil, soap stock) น้ำมันปลา และน้ำมันจากเมล็ดฝ้าย และพบว่าการใส่น้ำมัน 0 - 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลา ($p>0.05$) แต่ไขมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหารนี้จะแสดงออกในรูปของการสะสมไขมันในซาก ในขณะที่พลังงานสะสมไม่เพิ่มขึ้น เนื่องมาจากปลานิลใช้ประโยชน์จากไขมันที่กินเข้าไปได้น้อย ไขมันในสูตรอาหารที่มีมากถึง 14 เปอร์เซ็นต์จึงเป็นปัจจัยที่ขัดขวางการเจริญเติบโตของปลานิล (Viola and Arieli, 1983) ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกันกับการทดลองในปลานิลลูกผสม (*Sarotherodon aureus* x *S. niloticus*) ขนาด 120 - 250 กรัม แต่เมื่อทดลองเปรียบเทียบปลานิลกับปลาชนิดอื่น ๆ ได้แก่ ปลาคาร์พ ปลาเทร้าท์ และปลาดุก พบว่าปลาทุกชนิดยกเว้นปลานิลสามารถใช้ประโยชน์จากไขมันที่เสริมลงในอาหารได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ การที่ปลานิลใช้ไขมันได้ดีหรือไม่ดีนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ

ได้แก่ แหล่งไขมันในสูตรอาหารนั้นมาจากสัตว์หรือพืช องค์ประกอบทางเคมีของกรดไขมัน กระบวนการในการผลิตน้ำย่อยไลเปส ประสิทธิภาพน้ำย่อยในลำไส้ หรือกระบวนการดูดซึม และประสิทธิภาพของเอนไซม์หรือฮอร์โมน เป็นต้น (Kubaryk, 1980)

ความต้องการคาร์โบไฮเดรต

ความต้องการคาร์โบไฮเดรตของปลาเขตร้อนยังไม่ชัดเจน แต่ก็มีรายงานว่าปลาต้องการคาร์โบไฮเดรตเพื่อเป็นพลังงานสำรองของโปรตีน อย่างไรก็ตามคาร์โบไฮเดรตเป็นสารตั้งต้นของสารต่าง ๆ ที่จำเป็นในกระบวนเมตาบอลิซึม ซึ่งช่วยให้ปลามีการเจริญเติบโตอย่างปกติ (NRC, 1977) แต่ปลาที่ได้รับอาหารที่ไม่มีคาร์โบไฮเดรตก็สามารถเจริญเติบโตได้อย่างปกติ ถ้าอาหารนั้นมีสัดส่วนของพลังงานและโปรตีนที่เหมาะสม ในปัจจุบันคาร์โบไฮเดรตมีความสำคัญในการผลิตอาหารปลา เนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานราคาถูก

ปลานิลสามารถใช้ประโยชน์จากแป้งที่กินเข้าไปได้ดีกว่าน้ำตาล เนื่องจากปลานิลมีน้ำย่อยอะไมเลสสูงในลำไส้ และผลทางพยาธิสภาพของตับอ่อนก็พบว่าปลานิลมีประสิทธิภาพการทำงานของอะไมเลสที่ดี โดยปลานิลสร้างน้ำย่อยอะไมเลสและมอลเทสจากตับอ่อนและลำไส้เล็กตอนบน (ประเสริฐ และคณะ, 2525) ปลานิลสามารถใช้คาร์โบไฮเดรตที่เป็นแป้งได้สูงถึง 25 เปอร์เซ็นต์ และระดับคาร์โบไฮเดรต 40 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารทำให้ปลานิลมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นสูงสุด (Lim, 1989) โดยมีเด็กตรินและแป้งข้าวโพดเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต (Anderson *et al.*, 1984)

<u>การย่อยอาหารของปลานิล</u>

การย่อยอาหารของปลานิลเริ่มจากอาหารเข้าปาก อาหารจะถูกคลุกเคล้าให้เข้ากัน โดยมีเมือกช่วยให้อาหารเกาะกันเป็นก้อนได้ดีขึ้น อาหารถูกย่อยโดยวิธีทางกลด้วยฟันขนาดเล็กบริเวณคอหอย (pharyngeal teeth) และขากรรไกร (วีรพงศ์, 2536) ขณะที่อาหารถูกคลุกเคล้าด้วยเมือกและถูกบดโดยฟัน น้ำย่อยจากกระเพาะจะเริ่มถูกขับออกมา โดยฮอร์โมนควบคุมให้มีการเริ่มขับน้ำย่อยออกมา เปปซิโนเจนและกรดไฮโดรคลอริกจะถูกขับออกมาแล้วจึงถูกเปลี่ยนเป็นเปปซิน ในปลาทั่วไปเปปซินจะทำงานในสภาพที่เป็นกรด pH ระหว่าง 1.5 - 2.5 แต่กระเพาะอาหารของปลานิลซึ่งเป็นกระเพาะดัดแปลง (modified stomach) จะมีสภาพเป็นกรดสูงมากคือมี pH ต่ำกว่า 1.5 (Moriarty, 1973; Wedemeyer, 1996) เมื่ออาหารเข้าสู่ส่วนลำไส้จะมีสภาวะเป็นด่าง เนื่องมาจาก

การขับน้ำดีและเอนไซม์ช่วยย่อย เช่น ไคติเนส อะไมเลส และไลเปสจากตับและตับอ่อน หลังจากย่อยอาหารให้มีขนาดเล็กลงจนเป็นสารอาหาร การดูดซึมจะกระทำได้โดยการแพร่ผ่านแอกทีฟทรานสปอร์ต ฟาโกไซโตซิส และพิโนไซโตซิส (FAO, 1977; Wedemeyer, 1996) ทางเดินอาหารของปลาที่ยาวประมาณ 5 – 8 เท่าของความยาวลำตัวช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยและพื้นที่การดูดซึม (กลุ่มวิจัยอาหารสัตว์น้ำ, 2534) โดยจะดูดซึมผ่านทางเส้นเลือด portal vein สารอาหารที่ถูกดูดซึมแล้วจะถูกเผาผลาญในระดับเซลล์ได้เป็นพลังงานออกมา ส่วนที่ย่อยไม่ได้จะมีประมาณ 10 - 20 เปอร์เซ็นต์ จะเป็นกากและถูกขับถ่ายออกไปในรูปของมูล (Wedemeyer, 1996)

<u>ปลาสวาย</u>

ปลาสวายเป็นปลาน้ำจืดประเภทไม่มีเกล็ดเช่นเดียวกับปลาเทโพ ปลาเทพา และปลาสังกะวาดเป็นปลาที่มีขนาดใหญ่มากรองจากปลาบึก ขนาดใหญ่ที่สุดมีความยาวถึง 150 เซนติเมตร ปลาชนิดนี้พบในแถบประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว กัมพูชา เวียดนาม และไทย

ปลาสวายมีชื่อสามัญหรือชื่อภาษาอังกฤษว่า Stripped Catfish มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Pangasius sutchi* Fewler ปลาสวายมีรูปร่างค่อนข้างเรียวยาว หัวค่อนข้างกว้างแต่ไม่แบนมากนัก ปากอยู่ต่ำ กว้างทู่ มีตาขนาดเล็ก มีหนวด 2 คู่ คือ หนวดขากรรไกรบน 1 คู่ และหนวดขากรรไกรล่าง 1 คู่ ซึ่งหนวดคู่แรกมีความยาวมากกว่าหนวดคู่ที่ 2 เส้นข้างลำตัวมีลักษณะเป็นเส้นสมบูรณ์ ส่วนสัดของลำตัวที่สำคัญ ๆ คือ ความยาวสุดของลำตัวประมาณ 4 เท่าครึ่งของความยาวส่วนหัว ส่วนความยาวมาตรฐานลำตัวยาวประมาณเกือบ 4 เท่าครึ่งของความกว้างลำตัว ครีบหลังมีก้านแข็ง 1 ก้าน มีลักษณะฟันเลื่อย และมีก้านแขนง 6 ก้าน มีครีบไขมันขนาดเล็กอยู่ระหว่างครีบหลังและครีบหาง ครีบก้นมีก้านแข็ง 4 ก้าน และก้านแขนง 30 - 32 ก้าน ครีบหูมีก้านแข็ง 1 ก้าน และก้านแขนง 6 ก้าน ลักษณะภายในที่สำคัญมีซี่เหงือก 20 ซี่ มีฟันซี่เล็ก ๆ เรียงเป็นแถวบนขากรรไกรบนทั้ง 2 คู่ มีฟันบนเพดานเรียงเป็น 2 แถว ปลาสวายที่แก่เต็มวัยจะมีลำตัวเป็นสีเทาดำบริเวณด้านหลัง และมีสีขาวบริเวณด้านข้างของลำตัว ตั้งแต่ส่วนหน้าถึงโคนหางขนานไปกับเส้นข้างตัวทั้งด้านบนและด้านล่างทำให้แลดูสวยงามมาก อนึ่งลูกปลาสวายขนาดเล็กมีลักษณะต่าง ๆ ที่คล้ายคลึงกันมากกับลูกปลาเทโพและปลาสังกะวาด ทำให้ยากแก่การจำแนก และเป็นปัญหาต่อผู้ที่มีอาชีพรวบรวมลูกปลาสวายจากแหล่งน้ำธรรมชาติ

ปลาสวายมีแหล่งกำเนิดในประเทศอินเดียและประเทศพม่า ต่อมาได้แพร่เข้ามาในประเทศอินโดนีเซีย และไทย สำหรับประเทศไทยปลาสวายมีแหล่งอาศัยอยู่ในแม่น้ำเจ้าพระยา ท่าจีน ป่าสัก และแม่น้ำโขง รวมทั้งคลอง หนองบึง อันเป็นสาขาของแม่น้ำดังกล่าว เช่น ในบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ และบึงสีไฟ จังหวัดพิจิตร พบว่าปลาสวายชอบอาศัยอยู่ในบริเวณที่เป็นอ่าว น้ำนิ่ง และมีผักตบชวา หรือแพสนุ่นขึ้นหนาแน่น เป็นปลาที่ตื่นตกใจง่ายเมื่อถูกรบกวนหรือถูกทำอันตราย

ปลาสวายเป็นปลาอีกชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมในการเลี้ยงอย่างกว้างขวาง สามารถเลี้ยงได้ทั้งในบ่อ ในกระชัง และเลี้ยงได้ทั้งชนิดเดียว หรือเลี้ยงรวมกันกับปลาชนิดอื่น เช่น ปลาตะเพียน และปลานิล เป็นต้น เพราะปลาสวายเป็นปลาที่เลี้ยงง่าย โตเร็ว และไม่ค่อยมีโรคพยาธิเบียดเบียนเช่นปลาอื่น ๆ นอกจากนั้นยังเป็นปลาที่กินอาหารได้เกือบทุกชนิด

การเลี้ยงปลาสวายประเภทเลี้ยงชนิดเดียวนั้น ปัจจุบันมีการเลี้ยงอยู่ 2 วิธี คือ เลี้ยงในบ่อดินและเลี้ยงในกระชัง

1. <u>การเลี้ยงปลาในบ่อดิน</u>

การเลี้ยงปลาสวายในบ่อดินทำกันมากในภาคกลาง โดยเฉพาะในเขตจังหวัดนครสวรรค์ลงมาถึงสุพรรณบุรี ปทุมธานี และกรุงเทพมหานคร อัตราการปล่อย ปลาที่ปล่อยควรมีขนาดค่อนข้างโต หรือขนาด 5 – 12 เซนติเมตร อัตราการปล่อย 2 - 3 ตัว/ตารางเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณภาพของอาหาร และความอุดมสมบูรณ์ของน้ำที่ใช้เลี้ยง

ปลาสวายเป็นปลากินอาหารได้ทุกประเภทโดยไม่เลือก ได้แก่ พืช สัตว์เล็ก ๆ ที่อยู่ในน้ำ เช่น พวกแมลง ไส้เดือน หนอน และตะไคร่น้ำ ตลอดจนพวกจอกแหนและผักที่กินใบ นอกจากนั้นปลาสวายยังมีความสามารถในการใช้มูลสัตว์จำพวกหมู ไก่ และจำพวกวัว ควาย ให้เป็นอาหารโดยตรงได้อีกด้วย เพราะเหตุนี้เองปลาสวายจึงเป็นปลาที่ได้รับการคัดเลือกให้เป็นปลาเลี้ยงแบบไร่ผสมหรือเรียกว่าแบบผสมผสานชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง

การหาวัตถุดิบมาใช้เป็นอาหารของปลาสวายเป็นจุดสำคัญจุดหนึ่งของการเลี้ยง เพราะในการเลี้ยงปลาสวายให้มีความสำเร็จหรือให้ได้ผลกำไรนั้นอยู่ที่การหาวัตถุดิบมาใช้เป็นอาหาร ถ้าหากหาวัตถุดิบมาได้ด้วยราคาถูก การเลี้ยงปลาก็ได้กำไร

อาหารที่ใช้เลี้ยงปลาสวายในเขตชานเมืองของกรุงเทพมหานคร ปทุมธานี และจังหวัดใกล้เคียง ซึ่งเป็นแหล่งผลิตปลาสวาย ส่วนใหญ่จะได้มาจากเศษอาหารจากภัตตาคารและร้านค้าพวกมูลสัตว์ หรืออาหารจากส่วนที่ย่อยไม่หมดของกระเพาะและลำไส้ของโค กระบือ และสุกรจากโรงฆ่าสัตว์ เศษผักจากสวนผักซึ่งผู้ทำสวนผักตัดและคัดทิ้ง เศษผักจากตลาดสดที่ถูกตัดทิ้งตลอดจนเศษเครื่องในและเหงือกปลาที่แม่ค้าในตลาดควักออกทิ้ง เศษมันเส้น (จากมันสำปะหลัง) หรือมันเส้น หรือหัวมัน ตลอดจนใบมัน โดยเฉพาะใบมันอาจโยนให้โดยตรง หรือต้มผสมกับวัสดุอื่นให้กิน

การเจริญเติบโตของปลาสวายที่เลี้ยงในบ่อดินใช้เวลาประมาณ 8 - 12 เดือน ปลาสวายจะมีขนาด 1 - 1.5 กิโลกรัม ซึ่งเป็นขนาดที่จำหน่ายได้ในท้องตลาดทั่ว ๆ ไป ผลผลิตปลาที่เลี้ยงในบ่อดินจะมีผลผลิตในระยะ 8 - 12 เดือน ประมาณ 4,000 - 6,000 กิโลกรัม/ไร่ ทั้งนี้แล้วแต่ความอุดมสมบูรณ์ของอาหารที่ให้และน้ำที่ใช้เลี้ยง

2. <u>การเลี้ยงปลาในกระชัง</u>

การเลี้ยงปลาสวายในกระชังนั้นเป็นการเลี้ยงที่ให้ผลผลิตสูงกว่าการเลี้ยงในบ่อดิน และได้รับความนิยมอย่างมากจากราษฎรที่อาศัยเรือนแพในแม่น้ำ ลำคลองแถบภาคกลาง เช่น จังหวัดนครสวรรค์ อุทัยธานี และพระนครศรีอยุธยา เป็นต้น

ปลาที่ปล่อยเลี้ยงในกระชังขนาด 7 - 12 เซนติเมตร ปล่อยในอัตรา 100 - 200 ตัว/ตารางเมตร อาหารที่ให้เหมือนกับการเลี้ยงในบ่อดิน แต่อาหารจะฟุ้งกระจายขณะที่ปลาสวายแย่งกันกิน แก้ไขโดยการใส่สารเหนียวผสมไปในอาหารที่ให้ ควรให้อาหารวันละ 1 ครั้ง ในปริมาณ 3 - 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว การเจริญเติบโตขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณภาพของอาหารที่ให้ หากเป็นกระชังขนาดประมาณ 10 ตารางเมตร ลึก 1.25 เมตร ปล่อยปลา 150 - 200 ตัว/ตารางเมตร ใช้เวลาเลี้ยงประมาณ 1 ปี ให้ผลผลิตประมาณ 1,500 กิโลกรัม/กระชัง

ผลผลิตและต้นทุนการผลิต

จากข้อมูลสอบถามเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาในภาคกลาง พบว่าผลผลิตปลาสวายในบ่อดินในช่วงเวลาการเลี้ยง 10 - 12 เดือน ได้ผลผลิต 2 - 3 ตัน/ไร่ โดยมีต้นทุนผันแปร 8 - 10 บาท/ปลา 1 กิโลกรัม แบ่งเป็นค่าพันธุ์ปลา 2 บาท ค่าอาหาร (เศษอาหารและมูลสัตว์) 6 บาท ค่าแรงงานและอื่น ๆ 1 - 2 บาท ส่วนผลผลิตปลาสวายที่เลี้ยงในกระชัง ในช่วงเวลาการเลี้ยง 8 - 10 เดือน ได้ผลผลิต 50 กิโลกรัม/พื้นที่ 1 ลูกบาศก์เมตร ต้นทุนผันแปร 12 - 14 บาท/ปลา 1 กิโลกรัม แบ่งเป็นค่าพันธุ์ปลา 2 บาท ค่าอาหาร (อาหารผสมและผัก) 8 - 10 บาท ค่าแรงงานและอื่น ๆ 1 - 2 บาท ภาวะราคาตลาดปลาสวายในช่วงปี 2546 พบว่าปลาสวายราคา 21 บาท/กิโลกรัม ซึ่งเกษตรกรผู้มีประสบการณ์เพียงพอจะได้กำไรขั้นต้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และผลผลิตปลาสวายที่ได้จากการเลี้ยงในปี พ.ศ. 2546 มีสูงถึง 12,050 ตันต่อปี คิดเป็นมูลค่า 257,769,000 บาท (กรมประมง, 2548)