## Nitrification และ Denitrification ในระบบกรองแบบระบบปิด

สารประกอบไนโตรเจนที่สำคัญทางการประมงมีอยู่ 3 รูปแบบด้วยกันคือ แอมโมเนีย ($NH_3$), ไนไตรท์ ($NO_2^-$) และ ไนเตรท ($NO_3^-$) ซึ่งเกิดขึ้นมาจากการเปลี่ยนรูปของ โปรตีน กรดอะมิโน ที่มาจากของเสียจากการขับถ่ายของปลา เศษอาหารที่เหลือ และ สิ่งมีชีวิตในบ่อเกิดการตาย จะมีแบคทีเรียเป็นตัวสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงนี้ โดยขบวนการที่เกิดขึ้นกับไนโตรเจนในระบบคือ Ammonification, Nitrification และ Denitrification

ในบ่อปลาสารประกอบเหล่านี้เป็นผลพลอยได้จากการย่อยสลายแอมโมเนียในสภาพกรด โดยกลุ่มแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิตเรียกว่า Nitrifying bacteria ดังสมการ

$$NH_3 \xrightarrow{\text{Acid solution}} NH_4^+$$

$$2NH_4^+ + 3O_2 \xrightarrow{\text{Nitrosomonas}} 2NO_2^- + 4H^+ + \text{energy} + 2H_2O$$

$$2NO_2^- + O_2 \xrightarrow{\text{Nitrobactor}} 2NO_3^- + \text{energy}$$

**ขบวนการย่อยสลายโปรตีน**

ในอาหารและตัวสัตว์น้ำจะประกอบไปด้วยไนโตรเจนในรูปของโปรตีน เมื่อตายลงจะเกิดการย่อยสลายโดยมี เอนไซม์เข้ามาเกี่ยวข้องส่วนหนึ่งและมีแบคทีเรียร่วมด้วยอีกส่วนหนึ่ง โดยขบวนการย่อยสลายโปรตีนจนได้เป็นก๊าสไนโตรเจนมี 4 ขั้นตอนด้วยกันคือ

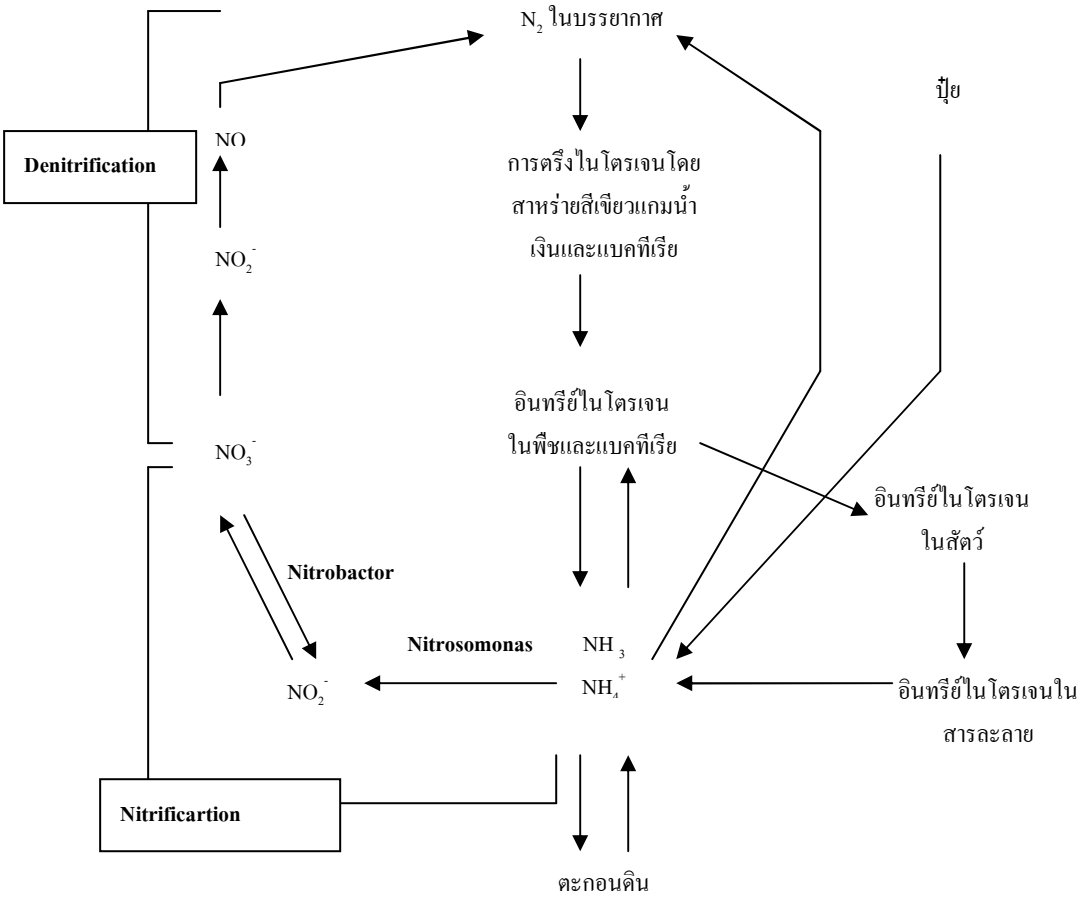
1. Aminization โปรตีนถูกย่อยสลายเป็น โพลิเพพไทด์ และกรดอะมิโน
2. Ammonification โพลิเพพไทด์และกรดอะมิโนถูกย่อยสลายต่อได้แอมโมเนียและพลังงาน
3. Nitrification ขบวนการย่อยสลายแอมโมเนียโดยแบคทีเรีย มีความสำคัญต่อพืชมาก ซึ่งพืชสามารถจะนำแอมโมเนียและไนเตรทไปใช้เป็นธาตุอาหารได้ แต่ไนไตรท์จะอยู่ในสภาพไม่คงที่ ปฏิกริยาที่เกิดการเปลี่ยนรูปเป็นไนเตรทจะเกิดขึ้นได้เร็วจึงจะพบไนไตรท์ในระดับต่ำ
4. Denitrifucation เป็นขบวนการย้อนกลับโดยมีแบคทีเรียในกลุ่ม Anaerobic ทำหน้าที่โดยดึงออกซิเจนจากไนเตรทให้เป็นไนไตรท์ จากไนไตรท์ให้เป็นไนตริกออกไซค์ และก๊าซไนโตรเจนตามลำดับ ออกซิเจนที่แบคทีเรียดึงออกไปเพื่อใช้ในการหายใจ เนื่องจากในขบวนการนี้จะเกิดในสภาวะที่ขาดออกซิเจน

$$2NO_3^- \longrightarrow 2NO_2^- + O_2$$

$$2NO_2^- \longrightarrow 2NO + O_2$$

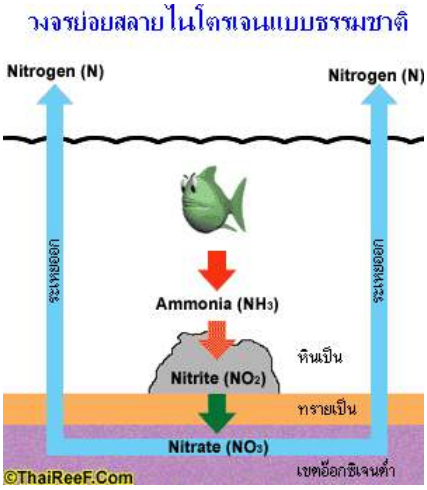
$$2NO \longrightarrow N2 + O_2$$

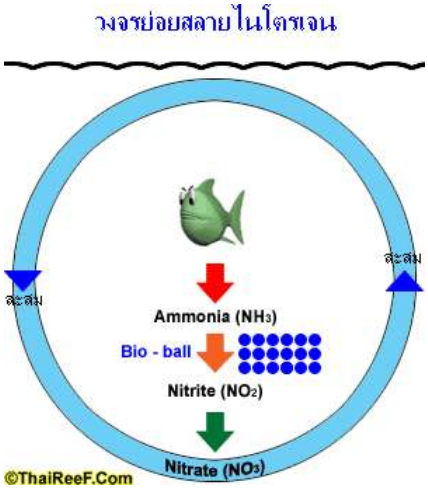
ซึ่งแสดงวัฏจักรของไนโตรเจนในบ่อไว้ในภาพที่ 1




**ภาพที่ 1** วัฏจักรของไนโตรเจนในบ่อปลา

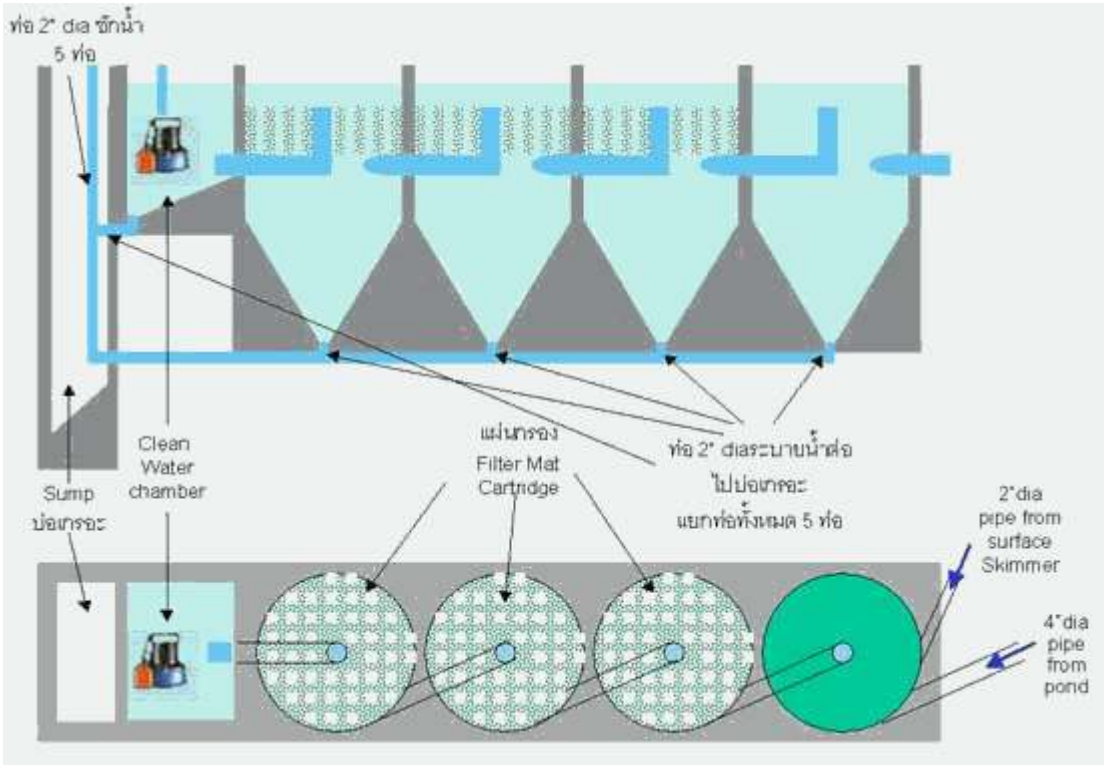
ขบวนการ Nitrification เกิดขึ้นได้ทั้งในสภาพบ่อดิน บ่อปูน และ ตู้ปลา แต่ขบวนการ Denitrification จะเกิดขึ้นได้ในสภาวะที่ขาด O2 จึงพบขบวนการนี้เกิดขึ้นในสภาพบ่อดินบริเวณพื้นบ่อที่มีการสะสมตัวของดิน และเลน จะเป็นจุดที่มีสภาพขาด O2 (ภาพที่ 2) และระบบกรองที่มีการกำหนดพื้นที่ให้มีอากาศไหลผ่านได้น้อยจึงจะเกิดขบวนการดังกล่าว สำหรับตู้ปลาทั่วไปจะไม่เกิดขบวนการ Denitrification เนื่องจากการหมุนเวียนของน้ำทำให้ O2 กระจายตัวได้ทั่วถึงและไม่มีจุดที่จะทำให้เกิดสภาวะขาด O2 ในระบบกรองได้ (ภาพที่ 3) จึงทำให้ไนเตรทมีการสะสมตัวอยู่ในมวลน้ำ ไม่ได้ถูกขจัดออกจากระบบ



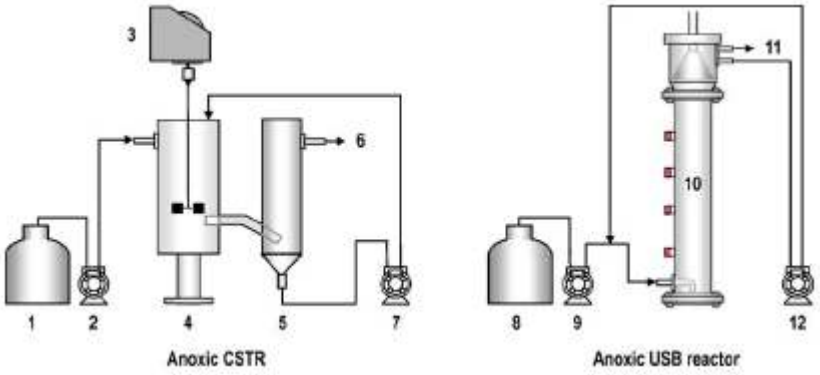

**ภาพที่ 2** ขบวนการที่เกิดขึ้นในธรรมาติ **ภาพที่ 3** ขบวนการที่เกิดขึ้นในตู้ปลา

ฉะนั้นระบบกรองที่เป็นระบบกรองภายนอกที่มีพื้นที่มาก สามารถที่จะเกิดขบวนการ Denitrification ได้ในบริเวณ พื้นบ่อที่เป็นจุดสะสมตัวของตะกอน (ภาพที่ 4) ในระบบกรองที่มีขนาดใหญ่จะช่วยแก้ปัญหาคุณภาพน้ำได้ดีกว่าระบบกรองขนาดเล็ก แต่ในเรื่องการจัดการและการดูแลรักษาจะมีความยุ่งยากมากกว่า ทั้งนี้ต้องดูความเหมาะสมของพื้นที่และเงินทุน

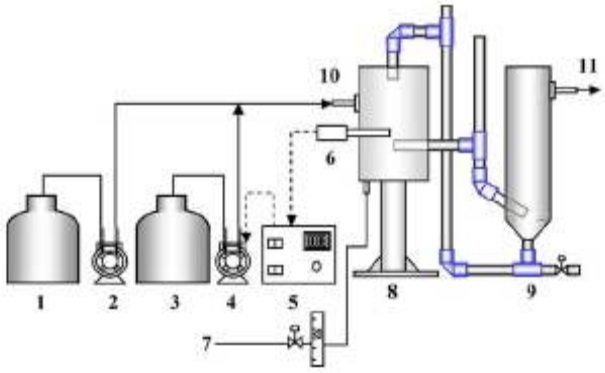



**ภาพที่ 4** ระบบกรอง Full Vortex ในบ่อปลาคาร์ฟ

จากการศึกษาในขบวนการ Nitrification และ Denitrification ทำให้เกิดการพัฒนาในระบบการจัดการต่างๆ ทั้งระบบบำบัดน้ำเสีย ระบบกรองในการเลี้ยงสัตว์น้ำ ฯลฯ ขึ้นมามากมาย ได้มีตัวอย่างการศึกษาของ Ruiz และคณะ ที่ทำการศึกษาขบวนการ Nitrification และ Denitrification ผ่านการสะสมตัวของไนไตร์ท เพื่อทำการกำจัด ไนโตรเจนออกจากน้ำเสีย Ruiz และคณะได้ทำการสร้างเครื่องมือแบ่งออกเป็น2 ชุด คือ แท็งค์ที่มีการใส่ตัวเร่งให้เกิดการกระตุ้นอย่างต่อเนื่อง (continuous stirred tank reactor (CSTR)) และ แท็งค์ที่มีการหมุนวนของตะกอน (up flow sludge blanket reactor (USB)) (ภาพที่ 5 ) การสะสมตัวของไนไตร์ทจะเกิดมากที่สุดในขบวนการ Nitrification และจะเปลี่ยนรูปไปในขบวนการ Denitrification การควบคุมไนไตร์ทจะสามารถที่จะควบคุมได้โดยควบคุมความเข้มข้นของ $O_2$ ที่ละลายในน้ำ (DO) โดยจะมีชุดอุปกรณ์เพื่อทำการควบคุมระดับของไนไตร์ท (ภาพที่ 6)




**ภาพที่ 5** ชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองจะอยู่ในสภาวะ Anoxic CSTR :(1) แท็งค์อาหาร ;(2) ปั้ม ;(3) เครื่องกระตุ้น ;(4) reactor ;(5) settler ;(6) จุดออกของ settler ;(7) ปั้มหมุนเวียนตะกอน. USB : :(8) แท็งค์อาหาร ;(9) ปั้ม ;(10) reactor ;(11) จุดออก ;(12) ปั้มหมุนเวียนของที่ไหลออกมา

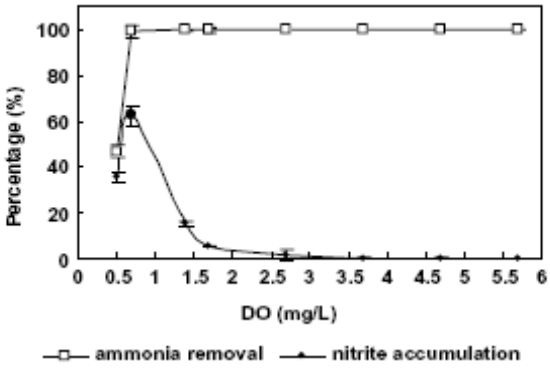



**ภาพที่ 6** ชุดอุปกรณ์ในการควบคุมปริมาณไนไตร์ท (1) แท็งค์อาหาร ;(2) เครื่องปั้มอาหาร ;(3) แท็งค์ $HCO_3^-$ ;(4) เครื่องปั้ม $HCO_3^-$;(5) เครื่องควบคุม pH;(6) เครื่องวัด pH; (7) สายอากาศ; (8) ถัง reactor; (9) settler; (10) จุดเข้าถัง reactor; (11) จุดออก settler

ที่มา : G. Ruiz *et al*. (2006)

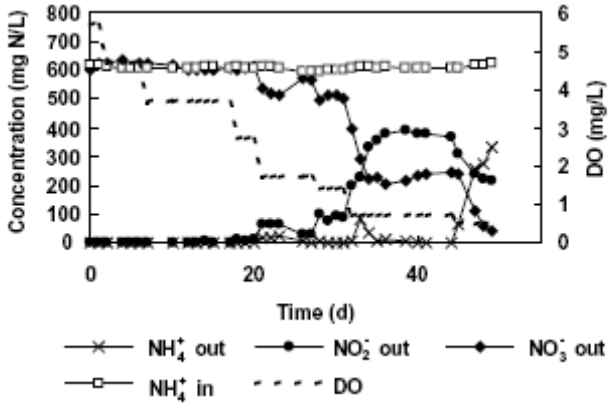
ในส่วนของชุด CSTR จะเป็นการศึกษา Nitrification และ ชุด USB จะเป็นการศึกษา Denitrification ทำการศึกษาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 25 วัน

ผลการทดลอง ในการเพิ่มการสะสมของไนไตร์ทให้ได้สูงสุดจะมีการปรับค่าของ DO ให้อยู่ในช่วงระหว่าง 0.7 และ 1.4 mg DO/L (ภาพที่ 7) ซึ่งในช่วงนี้ระดับการเปลี่ยนรูปของแอมโมเนียมาอยู่ในรูปของ ไนไตร์ทจะเกิดขึ้นได้สูงในระบบ

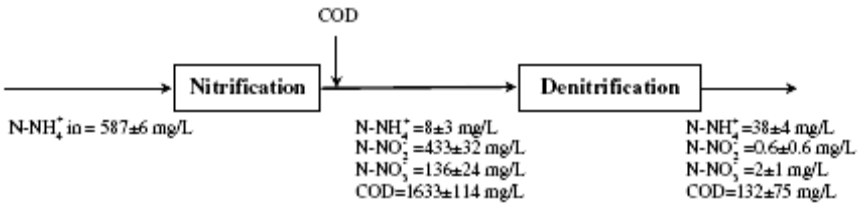



**ภาพที่ 7** อิทธิพลของ DO ต่อการกำจัดแอมโมเนียและการสะสมตัวของไนไตร์ท
ที่มา : G. Ruiz *et al*. (2006)

ขบวนการที่เกิดขึ้นอย่างเสถียรจะเกิดขึ้นในช่วง 20 วัน (ภาพที่ 8) และ 93.5% ของไนโตรเจนเกือบทั้งหมดถูกกำจัดออกในขบวนการ Nitrification-Denitrification ผ่านทางขบวนการไนไตร์ทโดยในแต่ละขั้นตอนจะมีการกำจัด N-waste ออกไปในแต่ละช่วง (ภาพที่ 9) จึงทำให้สามารถช่วยแก้ไขน้ำเสียได้




**ภาพที่ 8** ระยะเวลาในการศึกษาอิทธิผลความเข้มข้นของ DO ต่อการสะสมตัวของไนไตร์ท
ที่มา : G. Ruiz *et al*. (2006)




**ภาพที่ 9** มวลรวมทั้งหมดของขบวนการ อยู่ในช่วงทำการศึกษาระหว่าง 20 วันแรก
ที่มา : G. Ruiz *et al*. (2006)

การศึกษาขบวนการ Nitrification และ Denitrification นั้นมีประโยชน์ช่วยให้สามารถนำไปปรับปรุงและพัฒนาระบบต่าง ที่นำมาใช้ในการบำบัดน้ำเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ หรือ ทำให้คุณภาพน้ำดีขึ้นก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ เป็นการประหยัดต้นทุนและยังช่วยในเรื่องการอนุรักษ์น้ำอีกทางหนึ่ง

# เอกสารอ้างอิง

G. Ruiz, D. Jeison, O. Rubilar, G. Ciudad and R. Chamy. 2006. Nitrification-denitrification via nitrite accumulation for nitrogen removal from wastewaters. Bioresource Technology 97 : 330-335

ประเทือง เชาว์วันกลาง . 2534. คุณภาพน้ำทางการประมง. โครงการตำราเรียน Physics center. สำนักพิมพ์ฟิสิกเซ็นเตอร์, กรุงเทพมหานคร. 87 หน้า.

Waddington, P. 1984. Koi Kichi. www.fancycarp.com/writer/w017/ date 1/12/2006

www.thaireef.com/basics.html date 1/12/2006