บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

คุณภาพน้ำของระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดเมื่อได้ทดลองเลี้ยงกุ้งกุลาดำช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2

คุณภาพน้ำมีความสำคัญต่อระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดมาก เพราะน้ำเป็นสิ่งแวดล้อมที่กุ้งต้องสัมผัสและอาศัยอยู่ตลอดเวลา คุณภาพน้ำที่ดีหรือไม่ดีจึงมีผลต่อกุ้งโดยตรงหลายประการทั้งการดำรงชีวิต การกินอาหาร การเติบโต และการรอดชีวิต นอกจากนั้นยังมีผลต่อตัวทำปฏิกิริยาทางชีวภาพ ทั้งในสภาวะใช้และไม่ใช้ออกซิเจนอีกด้วย การที่เราจะทราบประสิทธิภาพการใช้งานของระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด เราจึงมุ่งเน้นที่ผลของคุณภาพน้ำที่เปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้นเป็นเรื่องสำคัญที่สุด

คุณสมบัติของน้ำบางประการตลอดช่วงการทดลองทั้ง 2 ช่วง ช่วงการทดลองละ 5 เดือน ในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด 2 แบบ จากผลการทดลองสามารถวิจารณ์ผลการทดลองได้ดังนี้

1. **แอมโมเนียม (NH_4^+)**

จากผลการทดลองพบว่า ช่วงการทดลองที่ 1 ความเข้มข้นของแอมโมเนียมในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุมและชุดทดลอง มีการแปรผันไม่แน่นอนแต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่เริ่มการทดลองจนสิ้นสุดการทดลอง จึงน่าจะอยู่ในช่วงการปรับสภาพของไนตริฟายอิ้งแบคทีเรียในบ่อตัวกรองทางชีวภาพสภาวะใช้ออกซิเจน เพราะในช่วงหลังจาก 16 สัปดาห์แล้วความเข้มข้นของแอมโมเนียมค่อนข้างคงที่ เมื่อเริ่มการทดลองในช่วงที่ 2 ปริมาณแอมโมเนียมมีอัตราการเพิ่มขึ้นทั้งชุดควบคุมและชุดทดลองแต่บ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดทดลองมีอัตราการเพิ่มต่ำกว่าชุดควบคุม ซึ่งการที่ความเข้มข้นของแอมโมเนียมในการทดลองช่วงที่ 2 มีมากกว่าการทดลองช่วงแรก น่าจะมีผลมาจากปริมาณอาหารกุ้งที่ให้ในการทดลองช่วงที่ 2 มีมากกว่า เพราะปริมาณความหนาแน่นของกุ้งมีมากกว่า ซึ่งเป็นไปตามผลการทดลองของ Reyes and Lawson (1996) ที่กล่าวว่าการให้อาหารเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณแอมโมเนียมสูงขึ้นด้วย แต่อย่างไรก็ตามการทดลองทั้ง 2 ช่วง และทั้งชุดควบคุมและชุดทดลอง ปริมาณแอมโมเนียมอยู่ในช่วงที่ปลอดภัยและเหมาะสมต่อการเจริญของกุ้งกุลาดำตัวเต็มวัยดังรายงานของ Chen et al. (1990) ได้ศึกษาพบว่าแอมโมเนียมไม่ควร

มีความเข้มข้นมากกว่า 4.26 mg/l NH_4- N ในน้ำทะเลความเค็ม 20 ppt และปริมาณแอมโมเนียมของระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดทั้ง 2 ช่วงการทดลองมีค่าต่ำกว่าปริมาณแอมโมเนียมของระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดในการเลี้ยงกุ้งกุลดำโดย Tseng et al. (1998) ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแอมโมเนียมอยู่ในช่วง 0.07–5.50 mg/l NH_4- N มีปริมาณต่ำกว่าการทดลองเลี้ยงปลาเรนโบว์เทร้าซ์ เป็นระยะเวลา 118 วันในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด ซึ่งพบว่าแอมโมเนียมมีการแปรผันเพิ่มขึ้น จาก 0.5 mg/l NH_4- N จนมีความเข้มข้น 2.0 mg/l NH_4- N โดยไม่มีอัตราการลดลงตลอดการทดลองและแอมโมเนียมจากการทดลองครั้งนี้ มีความเข้มข้นใกล้เคียงกับการเลี้ยงปลาทะเล (ไม่ระบุชนิด) ในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดที่มีตัวกรองทางชีวภาพ เป็นระยะเวลา 80 วัน ของ Arbiv and Rijn (1995) ซึ่งพบว่าแอมโมเนียมมีความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดการทดลอง 0.51 mg/l NH_4- N

2. ไนไตรท์ (NO_2^-)

จากรายงานค่าความปลอดภัยของไนไตรท์ต่อกุ้งกุลาดำตัวเต็มวัยของ Chen et al. (1990) คือไม่เกิน 10.60 mg/l NO_2^- - N เพราะฉะนั้นในการทดลองทั้ง 2 ช่วง ค่าไนไตรท์อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้และไม่มีการสะสมเพิ่มขึ้น ทั้งบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุมและชุดทดลอง สำหรับการทดลองช่วงแรกนั้นพบว่าหลังจากสัปดาห์ที่ 12 ของการทดลอง บ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุมมีปริมาณไนไตรท์ มากกว่าบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดทดลอง แสดงว่าระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดของชุดทดลองมีการปรับสภาพได้ดีกว่าระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดชุดควบคุม ส่วนการทดลองช่วงที่ 2 ซึ่งไตรท์มีความเข้มข้นสูงกว่าการทดลองช่วงแรก ก็น่าจะเกิดจากปริมาณอาหารกุ้งและจำนวนของกุ้งกุลาดำในการทดลองช่วงนี้มีมากกว่าการทดลองช่วงที่ 1 นั่นเอง และการทดลองช่วงที่ 2 นี้ไนไตรท์มีความเข้มข้นสูงสุดในช่วงสัปดาห์ที่ 6 - 10 (28 – 34) ซึ่งเป็นช่วงที่กุ้งกุลาดำมีอัตราการเติบโตสูงทั้งชุดควบคุมและชุดทดลองจึงมีการขับถ่ายมาก แต่หลังจากนั้นไนไตรท์ในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีการปรับตัวลดลงจนมีความเข้มข้นค่อนข้างคงที่ สอดคล้องกับการทดลองของ Arbiv and Rijn (1995) ศึกษาพบว่าไนไตรท์เริ่มมีความเข้มข้นคงที่หลังสัปดาห์ที่ 7 ของการทดลอง (ประมาณ 0.05 mg/l NO_2 – N) นอกจากนั้นความเข้มข้นของไนไตรท์นี้อาจจะมาจากการสะสมจากกระบวนการไนตริฟิเคชันภายในปอตัวกรองทางชีวภาพได้ เพราะความเค็มของน้ำมีผลกระทบต่อขั้นตอนการออกซิไดส์ไนไตรท์ มากกว่าขั้นตอนการออกซิไดส์แอมโมเนียม ทำให้ระบบเกิดการสะสมของไนไตรท์ได้ อย่างไรก็ดีตลอดการทดลองทั้ง 2 ช่วง พบว่าไนไตรท์มีความเข้มข้นต่ำกว่าการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดเป็นเวลา 8 สัปดาห์โดย Tseng et al. (1998) ซึ่งไนไตรท์

ความเข้มข้นสูงถึง 0.5 mg/l NO_2 – N และมีความเข้มข้นสูงกว่าไนไตรท์เฉลี่ยของการเลี้ยงหมึกช่วงตัวเต็มวัยในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดของ Yang et al. (1989) เล็กน้อย เพราะไนไตรท์มีความเข้มข้นเฉลี่ย 0.03 mg/l NO_2 – N

3. ไนเตรท (NO_3^-) และ กระบวนการไนตริฟิเคชัน , ดีไนตริฟิเคชัน

ปริมาณไนเตรทเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจนที่มีความสำคัญโดยเป็นดรรชนีบ่งชี้ถึงความสมบูรณ์ของระบบตัวกรองทางชีวภาพสภาวะไม่ใช้ออกซิเจนได้ เพราะระบบตัวกรองทางชีวภาพสภาวะไม่ใช้ออกซิเจนที่สมบูรณ์ย่อมจะมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนเตรทได้ดี แสดงถึงการประสบความสำเร็จต่อการทดลองเลี้ยงกุ้งกุลาดำหรือสัตว์น้ำในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดด้วย จากการทดลองพบว่าในช่วงแรก ไนเตรทมีความเข้มข้นค่อนข้างน้อยและมีอัตราการสะสมเพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง จนกระทั่งปอเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดทดลองมีความเข้มข้นของไนเตรทสูงกว่าชุดควบคุมซึ่งน่าจะเกิดจากกระบวนการไนตริฟิเคชันภายในปอกรองทางชีวภาพสภาวะใช้ออกซิเจนของชุดทดลองสามารถเปลี่ยนแอมโมเนียมและไนไตรท์เป็นไนเตรทได้ดีกว่าชุดควบคุม แต่ระบบตัวกรองทางชีวภาพสภาวะไม่ใช้ออกซิเจนไม่สามารถลดปริมาณไนเตรทได้ และเมื่อดำเนินการทดลองต่อในช่วงที่ 2 โดยมีการปรับปรุงระบบตัวกรองทางชีวภาพสภาวะไม่ใช้ออกซิเจนจะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของไนเตรทปอเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดทดลองมีการปรับตัวลดลง ทั้งนี้เพราะการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีความเกี่ยวเนื่องกับช่วงเวลาการเติม *Bacillus* sp. ดีไนตริฟายอิ้งแบคทีเรีย เข้าสู่ระบบตัวกรองทางชีวภาพสภาวะไม่ใช้ออกซิเจนด้วย (คอลัมน์ C1 และ C2) ฉะนั้นในช่วงที่ 2 จึงตรวจสอบความเข้มข้นของไนเตรทที่มีในคอลัมน์เติมดีไนตริฟายอิ้งแบคทีเรีย (เฉพาะคอลัมน์ C2) เพิ่มขึ้นมาด้วย เพื่อตรวจสอบผลของการเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน ก็พบว่าความเข้มข้นของไนเตรทในคอลัมน์สำหรับเติมดีไนตริฟายอิ้งแบคทีเรีย มีความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดการทดลองช่วงนี้ 27.098$\pm$6 .98 mg/l NO_3- N

อย่างไรก็ตามมีการศึกษาพบว่าระบบตัวกรองทางชีวภาพในสภาวะใช้ออกซิเจนสามารถลดปริมาณไนเตรทได้ เพราะเอนไซม์ไนเตรทรีดักเตส (Nitrate reductase) ซึ่งสามารถเปลี่ยนไนเตรทเป็นไนไตรท์ได้ จะไม่มีความไวต่อปริมาณออกซิเจนละลายมากนัก เพราะฉะนั้นในสภาวะมีออกซิเจนของระบบตัวกรองทางชีวภาพสภาวะใช้ออกซิเจน แบคทีเรียชนิดลดไนเตรทก็สามารถเจริญได้ โดยสามารถเปลี่ยนไนเตรทเป็นไนไตรท์ จึงทำให้ความเข้มข้นของไนเตรทในระบบ ลดลง แต่มีการสะสมเพิ่มขึ้นของไนไตรท์ แสดงว่าการทดลองช่วงที่ 2 ของชุดควบคุมเกิดกรณีดังกล่าวขึ้น ทำให้ความเข้มข้นของไนเตรทลดลงโดยมีไนไตรท์เพิ่มขึ้นแต่เกิดในอัตราน้อย และน่าจะมีกระบวน

การดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นภายในตัวกรองทางชีวภาพ BIO-POLYMA ได้ เพราะลักษณะของ BIO-POLYMA ที่เป็นเส้นใยม้วนตัวรวมกันเป็นเกลียวทำให้มีโอกาสที่จะเกิดสภาวะไม่มีออกซิเจนขึ้นภายในได้ สาเหตุใหญ่ 2 สาเหตุที่กล่าวมา จึงน่าจะทำให้ไนเตรทของชุดควบคุมไม่มีการสะสมเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีผลการทดลองของ Schuster and Stelz (1998) สนับสนุนเพิ่มเติมคือ เขาพบว่าดีไนตริฟายอิ้งแบคทีเรียสามารถเกิดขึ้นได้ในบริเวณที่มีการตกตะกอนของถังได้ด้วยเพราะแบคทีเรียจะใช้ตะกอนเหล่านั้นเป็นแหล่งของสารอินทรีย์สำหรับการเจริญ และเมื่อดูผลการทดลองของ Kaiser and Schmitz (1988) ประกอบกันแล้วทำให้อภิปรายผลของค่าไนไตรทได้ว่า ชุดทดลองสามารถลดไนเตรทโดยดีไนตริฟายอิ้งแบคทีเรียได้ดีกว่าชุดควบคุม เพราะการเพิ่มแหล่งคาร์บอนจากภายนอกให้แก่ระบบกรองทางชีวภาพสภาวะไม่ใช้ออกซิเจนเป็นการเพิ่มปริมาณอาหารให้ดีไนตริฟายอิ้งแบคทีเรียได้ดีกว่า ส่งผลให้เกิดการลดลงของไนเตรทโดยยังสามารถควบคุมค่ากรดเบสให้คงที่หรือให้เพิ่มขึ้นได้ (อยู่ในช่วง 6.5 - 7.2) และไม่มีการสะสมเพิ่มขึ้นของแอมโมเนียมและไนไตรท์

จากผลการทดลองครั้งนี้มีความสอดคล้องกับผลการทดลองของ Arbin and Rijn (1995) ซึ่งได้เปรียบเทียบการเลี้ยงปลาในระบบที่มีการกรองทางชีวภาพว่า สามารถควบคุมค่าไนเตรทให้มีปริมาณน้อยกว่า 20 mg/l NO_3- N ได้ แต่ระบบที่ไม่มีตัวกรองทางชีวภาพปริมาณไนเตรทมีการเพิ่มขึ้นจาก 20 mg/l NO_3- N เป็น 60 mg/l ได้ภายในเวลา 15 วัน รวมทั้งทำให้แอมโมเนียมและไนไตรท์ อยู่ในระดับที่เป็นอันตรายและต่ำกว่ามาตรฐานด้วย (10-40 mg/l NH_4 และ <15 mg/l NO_2 ตามลำดับ) และสอดคล้องกับการทดลองเลี้ยงปลานิลในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดเป็นเวลา 6 เดือน ซึ่งปริมาณไนเตรทมีการสะสมอยู่ในช่วง 10 - 40 mg/l NO_3- N

เกี่ยวกับแหล่งคาร์บอนสำหรับกระบวนการดีไนตริฟิเคชันนั้น Rijn and Rivera (1990) ก็กล่าวว่าถ้าใช้แหล่งคาร์บอนจากภายในระบบเพาะเลี้ยงโดยตรง เมื่อเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันแล้วจะทำให้เกิดการสะสมของไนไตรท์ได้แต่ถ้าใช้แหล่งคาร์บอนจากภายนอกเพิ่มเข้าไปจะไม่มีการสะสมของไนไตรท์ สำหรับแหล่งของคาร์บอนที่ใช้ในการทดลองทั้ง 2 ช่วงคือ เอธานอล (Ethanol) พบว่ามีความเหมาะสมต่อระบบเลี้ยงกุ้งในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด เนื่องจาก Whitson et al. (1993) อ้างถึง Krogulsak and Mycielski (1984) ว่าการใช้เอธานอล หรือเมธานอล เป็นแหล่งคาร์บอน แม้ว่าจะให้อัตราการเกิดปฏิกิริยายาดีไนตริฟิเคชันที่ต่ำ แต่ก็สามารถจำเพาะแบคทีเรียที่จะเกิดขึ้นในระบบตัวกรองทางชีวภาพสภาวะไม่ใช้ออกซิเจนให้เป็นแบคทีเรียที่ไม่ก่อให้เกิดโรคได้ ส่วนปริมาณและความเข้มข้นที่ใช้ต้องได้รับการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

ในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้วัสดุเส้นใยสังเคราะห์ (BIO-POLYMA) เป็นวัสดุตัวกรองทางชีวภาพของระบบไนตริฟิเคชันในสภาวะใช้ออกซิเจนนับว่าให้ผลการทดลองที่ดีในระดับหนึ่ง ซึ่งผลการทดลองช่วงที่ 1 ยังเห็นผลไม่ชัดเจนนัก อาจจะเป็นเพราะไนตริฟายอิ้งแบคทีเรียยังเจริญไม่สมบูรณ์ ในปริมาณที่ไม่มากนัก เพราะในน้ำทะเล Nijhof and Bovendurr (1990) พบว่าต้องใช้เวลาในการเจริญและเพิ่มจำนวนของไนตริฟายอิ้งแบคทีเรียมากกว่าน้ำจืด คือประมาณ 120-150 วัน แสดงว่าระหว่างการทดลองช่วงที่ 1 ซึ่งใช้เวลาประมาณ 155 วัน จึงน่าจะเป็นช่วงที่เชื้อไนตริฟายอิ้งแบคทีเรียมีการเจริญอยู่ เมื่อดำเนินการทดลองช่วงที่ 2 ซึ่งใช้ระบบเดิมจึงส่งผลชัดเจนกว่า (จากค่าแอมโมเนียที่ลดลง) เนื่องจากยังไม่มีรายงานการใช้ BIO-POLYMA ชนิดนี้ กับระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมาก่อนจึงไม่มีข้อมูลมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพกัน แต่การใช้วัสดุตัวกรองทางชีวภาพในระบบไนตริฟิเคชันก็มีความสำคัญเพราะ Rogers and Klemetson (1985) ได้ทดลองใช้วัสดุหลายๆ แบบพบว่าการใช้เปลือกหอยนางรมและหิน ทราย ที่นิยมใช้กันนอกจากจะให้ผลในการลดค่าแอมโมเนียที่ไม่ดีแล้วยังทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายลดต่ำลงมาก แต่การใช้วัสดุ BIO-POLYMA ซึ่งมีน้ำหนักเบาและมีการตรึงให้คงรูปจึงไม่จมตัวอยู่ด้านล่างของบ่อ นอกจากนั้นยังมีพื้นที่ผิวในการเกิดไนตริฟิเคชันได้มากด้วย

กระบวนการไนตริฟิเคชันทำให้ค่ากรดเบสของน้ำลดต่ำลงมาแต่ระบบตัวกรองทางชีวภาพสภาวะไม่ใช้ออกซิเจน สามารถทำให้การลดปริมาณสารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจน โดยเฉพาะไนเตรทเกิดขึ้นได้ โดยไม่มีการสะสมเพิ่มขึ้นของแอมโมเนียม ไนไตรท์ และ ไม่ทำให้ค่ากรดเบสของน้ำต่ำลง (Arbiv and Rijn,1995) ระบบตัวกรองทางชีวภาพสภาวะไม่ใช้ออกซิเจนจากการทดลองครั้งนี้อาจจะยังมีประสิทธิภาพไม่ดีนัก (จากค่าไนเตรทที่เปลี่ยนแปลงสูงขึ้นและต่ำลงไม่แน่นอน) ทั้งนี้น่าจะมีปัจจัยจากภายนอกเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย เช่น ขนาดและรูปแบบของระบบ การไหลเข้า –ออกของน้ำในระบบซึ่งจะสัมพันธ์กับเวลาที่น้ำอยู่ในระบบตัวกรองทางชีวภาพสภาวะไม่ใช้ออกซิเจนด้วย สอดคล้องกับ Whitson et al. (1993) อ้างถึง Krogulsak and Mycielski(1984) ซึ่งกล่าวว่าเพื่อให้การลดไนเตรท ไนไตรท์ ได้ผลดีที่สุดจำเป็นต้องอาศัยเวลาในการเกิดปฏิกิริยาของกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน อาจจะตั้งแต่ 1 วันหรือยาวนานเป็นหลายอาทิตย์ ขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของน้ำเสีย

ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าถ้าจะให้การเลี้ยงกุ้งในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดมีความสมบูรณ์มากที่สุดแล้วต้องอาศัยความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันของ การกรองทางชีวภาพสภาวะใช้ออกซิเจน กับระบบกรองทางชีวภาพสภาวะไม่ใช้ออกซิเจน แต่ต้องมีการศึกษารายละเอียด มีการวางแผนและออกแบบคำนวนเกี่ยวกับระบบ และความสามารถของตัวกรองทางชีวภาพ ให้แน่นอนและถูกต้อง

มากที่สุด (Koiller and Avtalion, 1985 ; Rogers and Klemetson, 1985 ; Rijn and Rivera, 1990 and Arbiv and Rijn, 1995)

4. อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่เปลี่ยนแปลงเป็นไปตามธรรมชาติเพื่อไม่ให้มีผลต่อการทดลอง และพบว่าตลอดการทดลองช่วงแรก และช่วงที่ 2 อุณหภูมิอากาศ , อุณหภูมิของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุมและชุดทดลองเฉลี่ย ไม่มีความแตกต่างกัน และเป็นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่ออัตราการลดแอมโมเนียมได้สูงสุด ดังรายงานของ Wortman and Wheaton (1991) ซึ่งรายงานว่าควรมากกว่าหรือใกล้เคียง 30 ^{0}C และ Wortman and Wheaton (1991) กล่าวว่าอุณหภูมิประมาณ 30 ^{0}C เป็นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม ต่อการเจริญและเกิดปฏิกิริยาของแบคทีเรียในสกุล Nitrosomonas และ Nitrobactor

5. ค่ากรดเบส (pH)

ค่ากรดเบสของน้ำบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุมและชุดทดลอง เฉลี่ยตลอดการทดลองช่วงที่ 1 มีค่าใกล้เคียงกันและมีอัตราการลดลง โดยค่ากรดเบสของน้ำบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดทดลองมีการปรับตัวลดลงเร็วกว่าชุดควบคุม แสดงว่าในการทดลองช่วงนี้น่าจะอยู่ในช่วงการปรับตัวและเจริญของไนตริฟายอิ้งแบคทีเรีย ในบ่อตัวกรองทางชีวภาพสภาวะใช้ออกซิเจน และชุดทดลองมีการปรับตัวได้ดีกว่า เพราะ Koiler and Avtation (1985) กล่าวว่า ระหว่างการเกิดปฏิกิริยาของกระบวนการไนตริฟิเคชัน จะมีกรดไนไตรท์ และกรดไนตริก เกิดขึ้น และเมื่อมีการออกซิไดส์สารอินทรีย์โดยพวกแบคทีเรีย ก็ทำให้ค่ากรดเบสลดลงได้ ส่วนช่วงการทดลองช่วงที่ 2 ซึ่งค่ากรดเบสของน้ำบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุมและชุดทดลองมีอัตราการลดลงตั้งแต่เริ่มการทดลองจนมีค่าต่ำสุดในเดือนที่ 2 แล้วจึงค่อย ๆ ปรับตัวสูงขึ้น แต่ค่ากรดเบสของชุดทดลองมีการปรับตัวสูงขึ้นได้ดีกว่าชุดควบคุมและมีค่ากรดเบสที่เหมาะสมกว่า ในขณะที่ค่ากรดเบสของชุดควบคุมยังคงมีอัตราการปรับตัวลดลง ซึ่งค่ากรดเบสของชุดทดลองที่เหมาะสมกว่านี้น่าจะเป็นผลมาจากการเกิดปฏิกิริยาของกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน เพราะจากการทดลองของ Aboutboul , Arviv and Rijn (1995) พวกเขาพบว่า การเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันทำให้ค่ากรดเบสสูงขึ้น 0.1 - 0.4 ส่วน Kaiser and Schmitz (1988) ก็กล่าวว่าการเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันสามารถทำให้ค่ากรดเบสคงที่อยู่ในช่วง 6.5-7.2 ได้ นอกจากนั้นอาจจะเกิดจากการที่ชุดทดลองมีระบบกรองทางชีวภาพสภาวะไม่ใช้ออกซิเจนซึ่งมีวัสดุตรึงจากเปลือกหอยนางรมจึงมีส่วนทำให้น้ำ มีความเป็นเบสได้มากกว่าชุดควบคุมซึ่งไม่มีวัสดุตรึงจากเปลือกหอยนางรม

ค่ากรดเบสของน้ำในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดชุดควบคุม (การทดลองช่วงแรก) และชุดทดลอง (ทั้ง 2 ช่วงของการทดลอง) จากการทดลองครั้งนี้พบว่าอยู่ในช่วงเดียวกับการทดลองเลี้ยงปลาเรนโบว์เทร้าซ์ในระบบกึ่งปิดของ Schuster and Stelz (1998) ซึ่งมีค่ากรดเบสเฉลี่ย 6.5 6.7 และ 7.2 และอยู่ในช่วงค่ากรดเบสเดียวกับการการทดลองประสิทธิภาพของตัวกรองทางชีวภาพหลายๆ ชนิดของ Roger and Klemetson (1985) และยังอยู่ในช่วงเดียวกับการทดลองเลี้ยงกุ้ง *P. vannamei* ในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดโดย Davis and Arnold (1998) แต่ค่ากรดเบสของบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุมของการทดลองช่วงที่ 2 มีค่ากรดเบสต่ำกว่า ทุกระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดที่กล่าวมา และอยู่ในช่วงเดียวกันกับการทดลองเลี้ยงปลาในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดโดย Kaiser Schmitz (1988) ซึ่งมีค่ากรดเบสของระบบอยู่ในช่วง 6.5 – 7.5

6. **ค่าความเค็ม (salinity)**

การทดลองทั้ง 2 ช่วงค่าความเค็มแตกต่างกันเล็กน้อยและไม่มีเปลี่ยนแปลงมากนักตลอดการทดลองเนื่องจาก มีการควบคุมค่าความเค็มให้อยู่ในช่วงที่กำหนดโดยการเติมน้ำจืด โดยที่การทดลองช่วงแรกค่าความเค็มของน้ำบ่อเลี้ยงชุดควบคุมและชุดทดลองมีการเพิ่มขึ้นเร็วกว่าการทดลองช่วงที่ 2 เพราะช่วงการทดลองนี้ไม่มีการปิดปากบ่อเลี้ยงกุ้ง ประกอบกับเป็นการทดลองในช่วงฤดูร้อน (เมษายน – สิงหาคม) ฉะนั้นจึงต้องอาศัยการปรับค่าความเค็มของระบบทั้ง 2 ชุดการทดลอง เพื่อไม่ให้มีความแตกต่างกันของค่าความเค็ม แต่ในการทดลองช่วงที่ 2 ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าการทดลองช่วงแรก และมีการปิดปากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ทำให้ สามารถควบคุมค่าความเค็มของบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุมและชุดทดลอง ให้อยู่ในช่วง 28 – 30 ppt ได้ดีกว่า

7. **ออกซิเจนละลาย (Dissolved oxygen)**

เนื่องจากปัญหาเรื่องอุปกรณ์ วัดค่าออกซิเจนละลายน้ำ ที่ต่อกับระบบตรวจสอบและเก็บข้อมูลอัตโนมัติ ในการทดลองช่วงที่ 1 จึงไม่ได้แสดงผลการทดลองไว้ แต่จากการตรวจสอบอยู่เป็นระยะแบบไม่ต่อเนื่องพบว่าออกซิเจนละลายอยู่ในระดับปกติยอมรับได้คือ มีค่ามากกว่า 5.5 mg/l (ไม่ได้แสดงผลการทดลองไว้) ทั้งชุดควบคุมและชุดทดลอง ซึ่งสูงกว่าการทดลองช่วงที่ 2 เพราะในการทดลองช่วงที่ 2 ปริมาณออกซิเจนละลายมีการเปลี่ยนแปลงลดลงและมีความปรวนแปร คือในช่วงเดือนแรกของการทดลอง ปริมาณออกซิเจนละลายของน้ำบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดทดลองมีปริมาณสูงกว่าชุดควบคุม ต่อมาในเดือนที่ 2 จนถึงวันที่ 20 ในเดือนที่ 3 ค่าออกซิเจนละลายของน้ำบ่อเลี้ยงกุ้งชุดควบคุมมีค่าสูงกว่า แต่หลังจากนั้นจนสิ้นสุดการทดลองช่วงที่ 2 ค่าออกซิเจนละลายของน้ำบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดทดลองมีปริมาณสูงกว่าชุดควบคุมและอยู่ในช่วงที่เหมาะสม

ตลอดการทดลอง และถ้าดูในภาพรวมตลอดการทดลองช่วงที่ 2 แล้วการที่ปริมาณออกซิเจนละลายของน้ำชุดทดลองสูงกว่าชุดควบคุมยังส่งผลต่อการสะสมของไนไตรท์ด้วยคือ ตามรายงานของ Rijn and Rivera (1990) ซึ่งกล่าวว่าปริมาณออกซิเจนละลายที่มากกว่า จะส่งผลให้การสะสมของไนไตรท์น้อยลง แต่อย่างไรก็ตามปริมาณออกซิเจนละลายของระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดทั้ง 2 แบบ อยู่ในช่วงมาตรฐานคุณภาพน้ำชายฝั่งประเภท 4 (เพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ) ซึ่งกำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ ให้มีปริมาณออกซิเจนละลายมากกว่า 4 mg/l (กองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ, 2540)

8. **สารแขวนลอยรวม** (Total suspended solid)

จากผลการทดลองซึ่งได้ศึกษาปริมาณสารแขวนลอยเพียงครั้งเดียวคือก่อนสิ้นสุดการทดลองช่วงที่ 2 เพราะสังเกตได้ชัดเจนว่าตะกอนและความขุ่นจากสารแขวนลอยแตกต่างกันระหว่างบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุมกับบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดทดลอง และเมื่อตรวจหาปริมาณสารแขวนลอยรวม ก็พบว่าบ่อเลี้ยงชุดควบคุมมีปริมาณสารแขวนลอยรวม มากกว่าบ่อเลี้ยงชุดทดลองถึง 3.5 เท่า (0.035 และ 0.010 g/l ตามลำดับ) Tseng et al. (1998) กล่าวว่าสารแขวนลอยในบ่อเลี้ยงกุ้งมีความสำคัญต่อคุณภาพน้ำ โดยที่สารแขวนลอยเหล่านี้เกิดจากตะกอนขนาดใหญ่กว่าที่ได้กรองผ่านตัวกรอง และเกิดจากการย่อยสลายในระบบกรองนั้น และการทดลองของ Arbiv and Rijn (1995) พบว่าอัตราการย่อยสลายของสารอินทรีย์แขวนลอยให้เป็นสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำในสภาพไร้ออกซิเจนมีปริมาณสูงถึง 80 % โดยเขาทดลองใช้อาหารเม็ดของปลา (ปริมาณโปรตีน 25 %) เป็นตัวแทนของสารอินทรีย์ดังกล่าว

ดังนั้นจากการทดลองนี้แสดงว่าสารแขวนลอยของชุดทดลองซึ่งมีปริมาณต่ำกว่าชุดควบคุมน่าจะมีผลมาจากการกรองผ่าน และปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันภายในคอลัมน์ที่มีวัสดุตรึงขนาดเล็กในสภาวะไร้ออกซิเจน ดังผลการทดลองที่กล่าวมาเพราะคอลัมน์ที่มีวัสดุตรึงขนาดเล็กในสภาพไร้ออกซิเจนนั้นไม่มีในชุดควบคุม จึงทำให้สารแขวนลอยของชุดควบคุมมีมากกว่า และสารแขวนลอยน่าจะมีการสะสมมาตั้งแต่การทดลองช่วงแรกแต่สังเกตได้ไม่ชัดเจน จนกระทั่งนำน้ำทั้งหมดจากการทดลองช่วงแรกมาทดลองต่อในช่วงที่ 2 โดยไม่ได้เปลี่ยนถ่ายน้ำออกจากระบบ จึงน่าจะมีการสะสมของสารแขวนลอยมาเรื่อยๆ จนสังเกตเห็นได้ชัดเจนในการทดลองช่วงที่ 2 ปริมาณสารแขวนลอยที่แตกต่างกันมากของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุมและชุดทดลองนี้น่าจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้อัตราการเติบโตและการรอด ของกุ้งกุลาดำแตกต่างกันระหว่างชุดควบคุมและชุดทดลอง ซึ่งจะได้อภิปรายผลในเรื่องการเติบโตและการรอดของกุ้งกุลาดำต่อไป

ผลการเติบโตและการรอดของกุ้งในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด

การเติบโตและการรอดของกุ้งกุลาดำในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดมีปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องหลายประการทั้งจากคุณภาพน้ำในระบบ ลักษณะการเลี้ยง คุณภาพของกุ้ง ความหนาแน่น อายุและขนาดของกุ้ง ปริมาณและคุณภาพของอาหารที่ให้ ตลอดจนระยะเวลาที่เลี้ยงกุ้งในระบบประกอบกัน (Tseng et al.,1998 ; Davis and Arnold,1998) และจากผลการทดลองทั้ง 2 ช่วงจะเห็นได้ว่าเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยความหนาแน่นและน้ำหนักกุ้งเริ่มต้นต่างกัน จึงทำให้ผลการเติบโตและการรอดแตกต่างกันบ้างแต่เมื่อเปรียบเทียบอัตราการเติบโตและการรอดของกุ้งในการทดลองแต่ละช่วงแล้วจะเห็นได้ว่าไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ระหว่างกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในบ่อเลี้ยงชุดควบคุมและชุดทดลองกล่าวคือ การทดลองช่วงแรกกุ้งกุลาดำชุดควบคุมและกุ้งกุลาดำชุดทดลองมีอัตรารอดของกุ้งใกล้เคียงกัน (11.7 และ 8.51% ตามลำดับ) โดยในเดือนที่ 1 และ 2 กุ้งกุลาดำชุดควบคุมมีอัตรารอดน้อยกว่ากุ้งกุลาดำชุดทดลอง และเป็นกุ้งเพศผู้มากกว่ากุ้งเพศเมีย แต่หลังจากนั้นในเดือนที่ 3-5 ทั้ง 2 ชุดการทดลองมีอัตรารอดของกุ้งใกล้เคียงกันมาก และเป็นกุ้งเพศผู้ในปริมาณใกล้เคียงกับกุ้งเพศเมีย แต่ชุดควบคุมกุ้งเพศผู้มีการรอดมากกว่ากุ้งเพศผู้ชุดทดลอง ส่งผลให้น้ำหนักเฉลี่ยและอัตราการเติบโตจำเพาะเฉลี่ยของกุ้งชุดทดลองในเดือนที่ 3-4 มีมากกว่าชุดควบคุมแม้ว่าอัตรารอดจะต่ำกว่าก็ตาม เนื่องจากกุ้งเพศเมียจะมีการเติบโตดีกว่ากุ้งเพศผู้ (Allan et.al ,1990) และจะเห็นได้ว่ากุ้งกุลาดำชุดควบคุมมีอัตราการเติบโตสูงสุดในช่วงเดือนที่ 3 ส่วนกุ้งกุลาดำชุดทดลองนั้นอัตราการเติบโตจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนมีอัตราสูงสุดในเดือนที่ 5 ซึ่งมีค่าสูงกว่าชุดควบคุม จึงอาจกล่าวได้ว่าสภาพแวดล้อมของบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดทดลองน่าจะมีความเหมาะสมต่อการเติบโตของกุ้งเป็นระยะเวลานาน มากกว่าบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุม เพราะกุ้งมีการเติบโตเพิ่มขึ้นทุกเดือน

การทดลองช่วงที่ 2 ปรากฏว่าผลการทดลอง เป็นไปในทำนองเดียวกับการทดลองในช่วงแรก แม้ว่าอัตราการเติบโตของกุ้งกุลาดำชุดควบคุมจะสูงกว่ากุ้งกุลาดำชุดทดลองบ้าง และกุ้งกุลาดำชุดควบคุม ยังคงมีอัตราการเติบโตสูงสุดในเดือนที่ 3 เหมือนการทดลองช่วงที่ 1 แต่ในเดือนสุดท้ายของการทดลองช่วงนี้ กุ้งกุลาดำชุดทดลองมีอัตรารอดต่ำกว่ากุ้งกุลาดำชุดควบคุม (22.14 และ 27.49% ตามลำดับ) และเป็นกุ้งเพศเมียในจำนวนที่มากกว่ากุ้งเพศผู้ ทำให้อัตราการเติบโตของกุ้งชุดทดลองมีอัตราสูงสุดในเดือนนี้และอัตราการเติบโตจำเพาะเฉลี่ยตลอดการทดลองจึงใกล้เคียงกันคือ ชุดควบคุม 0.138 กรัม/วัน และชุดทดลอง 0.132 กรัม/วัน

อัตราการเติบโตที่แตกต่างกันนี้นอกจากปัจจัยที่กล่าวมาแล้ว ยังน่าจะมีผลโดยตรงมาจากปริมาณสารแขวนลอยที่แตกต่างกันมาก ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุมและชุดทดลอง จึงส่งผลให้อัตราการเติบโตและการรอดของกุ้งกุลาดำแตกต่างกันระหว่างชุดควบคุมและชุดทดลองกล่าวคือ ปริมาณสารแขวนลอยของน้ำบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดควบคุมที่มีมากทำให้น้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งมีความขุ่นกว่า ฉะนั้นกุ้งจึงมีความเครียดน้อยกว่ากุ้งในชุดทดลองซึ่งน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งมีความใสมากกว่า เมื่อกุ้งมีความเครียดน้อยจึงกินอาหารได้มากกว่าและมีอัตรารอดที่ดีกว่า ประกอบกับในช่วงการทดลองที่ 2 มีการปิดปากบ่อเลี้ยงกุ้งทำให้ปริมาณแสงภายในบ่อเลี้ยงลดลง ทำให้อัตรารอดของกุ้งในการทดลองช่วงที่ 2 มีมากกว่าการทดลองช่วงแรกแม้ว่าปริมาณออกซิเจนละลายของบ่อเลี้ยงกุ้งชุดควบคุมจะมีปริมาณต่ำกว่าชุดทดลองก็ตาม เพราะกุ้งยิ่งมีขนาดใหญ่ขึ้นพบว่าน่าจะมีความสามารถในการปรับตัวได้มากขึ้น จากการทดลองช่วงที่ 2 นี้ อาจกล่าวได้ว่าคุณภาพน้ำที่ดีกว่าของชุดทดลอง น่ามีผลให้อัตรารอดเพิ่มสูงขึ้นได้ แต่ไม่มีผลชัดเจนนักต่อการเพิ่มอัตราการเติบโต อาจเป็นเพราะมีปัจจัยภายนอกเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย แต่ถ้าเปรียบเทียบการทดลองช่วงที่ 2 กับการทดลองช่วงแรกแล้วถือได้ว่าการทดลองช่วงที่ 2 ซึ่งได้พัฒนาระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดให้ดีขึ้นนั้น ช่วยให้อัตรารอดของกุ้งที่เลี้ยงในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดมีอัตรารอดสูงขึ้นกว่าการทดลองช่วงแรกในระดับหนึ่ง และเมื่อนำอัตราการเติบโตและอัตรารอดมาเปรียบเทียบผลการทดลองกับการเลี้ยงกุ้งในระบบเปิดและการเลี้ยงแบบธรรมชาติ แสดงผลการเปรียบเทียบใน ตารางที่ 8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบอัตราการเติบโตและอัตรารอดของกุ้งกุลาดำจากการทดลองทั้ง 2 ช่วง กับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบเปิดและการเลี้ยงแบบธรรมชาติ

ผู้รายงาน	อัตรการเติบโตเฉลี่ย(ก./วัน)	อัตรารอด (%)	ความหนาแน่น (ตัว/ตร.ม.)	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	ระยะเวลาทดลอง (วัน)
Bombeo-Tuburan et al.(1993)	0.20 – 0.36	76 – 92.3	0.4	0.8	90
ระบบเปิด,อาหารธรรมชาติ					
ก่อเกียรติและโสภณ (2540)	0.126	60.28	-	-	148
ระบบกึ่งปิด,อาหารเม็ด					
ก่อเกียรติและบุญธง (2533)	0.136	86.7	20	-	-
ระบบเปิด,อาหารเม็ด	0.167	83.0	30	-	-
	0.151	70.0	40	-	-
ก่อเกียรติและคณะ (2531)	0.324	91.6	20	-	-
ระบบเปิด,อาหารเม็ด	0.272	95.89	25	-	-
การศึกษาครั้งนี้					
ชุดควบคุม ครั้งที่ 1	0.136	11.7	9.83	21.80	155
ครั้งที่ 2	0.138	27.49	29.28	14.35	150
ชุดทดลอง ครั้งที่ 1	0.144	8.51	9.83	21.12	155
ครั้งที่ 2	0.132	22.14	29.28	14.38	150

เมื่อเปรียบเทียบอัตราการเติบโต และอัตรารอดจากผลการทดลองทั้ง 2 ครั้ง กับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิดในโรงเรือนแบบอื่น ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบอัตราการเติบโตและอัตรารอดของกุ้งกุลาดำจากการทดลองทั้ง 2 ช่วงกับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิดในโรงเรือนแบบอื่น

ผู้รายงาน	อัตราการเติบโตเฉลี่ย(ก./วัน)	อัตรารอด (%)	ความหนาแน่น (ตัว/ตร.ม.)	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	ระยะเวลา (วัน)
Hansford and Hewitt (1994) (ระบบถัง,อาหารเม็ด)	0.11 – 0.14	-	27	8.5 – 8.7	69
Allan et al. (1995)	0.14- 0.17	88.2–92.7	15	2.0 – 7.5	71
Tseng et al. (1998)	0.25 – 0.30	80 – 100	40	7.5 - 8.0	56
	0.23	72.4-79.3	80	5.4 – 5.5	56
	0.13 – 0.19	60.3	160	5.4 – 5.9	56
Davis and Arnold (1998) (กุ้งขนาดเล็กตั้งแต่โพสลาวาร์)	< 0.28	-	-	-	160-175
การศึกษาครั้งนี้					
ชุดควบคุม ครั้งที่ 1	0.136	11.7	9.83	21.80	155
ครั้งที่ 2	0.138	27.49	29.28	14.35	150
ชุดทดลอง ครั้งที่ 1	0.144	8.51	9.83	21.12	155
ครั้งที่ 2	0.132	22.14	29.28	14.38	150

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองแล้วจะเห็นได้ว่าการเลี้ยงกุ้งในระบบเปิดหรือเลี้ยงในธรรมชาติที่ไม่ใช่ในโรงเรือนอาจให้ผลด้านการเติบโตและอัตรารอดที่ดีกว่า เพราะกุ้งสามารถใช้แหล่งอาหารเพิ่มเติมนอกจากอาหารเม็ดที่เราให้ ในระบบโรงเรือนเช่นจากสาหร่ายสีเขียว โคพีพอด ไดอะตอม และไซยาโนแบคทีเรียมได้อีกทางหนึ่งด้วย (Tseng et al.,1998)

การทดลองครั้งนี้อัตราการเติบโตอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ ส่วนอัตรารอดที่ค่อนข้างต่ำนั้นน่าจะเป็นผลมาจากแปรผันตามปริมาณสารแขวนลอย (ความขุ่นของน้ำ) ซึ่งได้กล่าวไปแล้ว และน่าจะมีผลมาจากน้ำหนักของกุ้งที่ใช้ทดลองในครั้งนี้มีน้ำหนักมากกว่าทุกรายงานที่กล่าวมา ประกอบกับความเครียดของกุ้งทั้งจากการอาศัยอยู่ในน้ำที่มีค่ากรดเบสค่อนข้างต่ำและเกิดความเครียดจากการชั่งน้ำหนักและวัดความยาวลำตัวของกุ้งกุลาดำในแต่ละเดือนเพื่อดูอัตราการเติบโตและ

การรอดของกุ้ง และระยะเวลาการเลี้ยงในการทดลองครั้งนี้ส่วนใหญ่ยาวนานมากกว่าการทดลองที่ได้นำมาเปรียบเทียบกัน เพราะ Davis and Arnold (1998) กล่าวว่าอัตรารอดและอัตราเติบโตที่ลดลงมาจากการอยู่ร่วมกันอย่างหนาแน่นเป็นระยะเวลานาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย