

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชน้ำมันที่นิยมเพาะปลูกในประเทศไทย เนื่องด้วยน้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันที่มีองค์ประกอบทางเคมีดีที่สุดในชนิดหนึ่ง อีกทั้งให้ผลผลิตต่อไร่สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับพืชน้ำมันชนิดอื่นๆ จึงมีความนิยมแพร่หลายในการนำมาอุปโภคบริโภคในด้านต่างๆ มากกว่า 2,300 ชนิด โดยเฉพาะในประเทศไทยได้นำน้ำมันปาล์มเพื่อกิจการต่างๆ เช่น นำมาทำน้ำมันพืช ใช้ทำสบู่ ใช้ในอุตสาหกรรมขนม อาหารขบเคี้ยว และอุตสาหกรรมบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป ฯลฯ น้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันที่มีการค้าขายมากที่สุดในโลก โดยสถิติของ USDA-FAS ได้กล่าวว่าในปี 2,000 กว่าร้อยละ 80 ของน้ำมันปาล์มถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร โดยนิยมนำมาใช้เป็นน้ำมันสำหรับผลิตภัณฑ์ทอดต่างๆ เช่น ลูกก๊วย โคนัท และ ของทอด เนื่องจากน้ำมันปาล์มมีความเสถียร ไม่เสื่อมสภาพได้ง่าย [1]

การบริโภคน้ำมันปาล์มเป็นไปอย่างแพร่หลาย น้ำเสียที่ปนเปื้อนน้ำมันปาล์ม จึงมีมากขึ้น โดยน้ำเสียที่ปนเปื้อนไขมันและน้ำมัน จะพบได้ทั่วไปในน้ำเสียที่มาจากห้องครัว เช่น ในร้านอาหาร และโรงอาหาร ซึ่งมีแนวโน้มที่จะรวมกันเป็นก้อนอุดตันท่อระบายน้ำและตะแกรงดักไขมัน การปล่อยน้ำเสียที่มีน้ำมันปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ย่อมก่อให้เกิดปัญหาต่อสาธารณะหลายประการ เช่น กลิ่นที่รบกวน ทักษะสภาพที่ไม่พึงประสงค์ ขัดขวางประสิทธิภาพของกระบวนการที่ทำให้น้ำบริสุทธิ์นำไปสู่ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งเป็นภัยต่อระบบนิเวศในน้ำอย่างมาก เนื่องจากคราบไขมันจะไปลอยอยู่บนผิวน้ำทำให้แสงแดดส่องลงไม่ถึงน้ำด้านล่าง อีกทั้งยังกีดกันการละลายของก๊าซออกซิเจน ทำให้พืชน้ำไม่สามารถสังเคราะห์แสงและตายลงทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง ส่งผลให้สัตว์น้ำขาดแหล่งอาหารและตายไป ทำให้สารอินทรีย์ในน้ำเพิ่มขึ้นอีก จุลินทรีย์จะเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดต่ำลงอย่างมากและทำให้น้ำเน่าเสียได้ในที่สุด [2, 3] น้ำเสียที่มีน้ำมันปนเปื้อน จึงจำเป็นต้องผ่านการบำบัด ก่อนปล่อยลงสู่สิ่งแวดล้อม ปัจจุบันมีวิธีการบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนไขมันหลายวิธี ได้แก่ การทำให้ลอยด้วยอากาศ การดูดซับ การสร้างรวมตะกอน และการบำบัดทางชีวภาพ [4] ซึ่งการบำบัดน้ำมันทางชีวภาพถือเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ เนื่องจากใช้สารเคมีและใช้อุปกรณ์เครื่องจักรน้อยกว่าวิธีทางเคมีหรือทางกายภาพ โดยใช้หลักการให้จุลินทรีย์ย่อยสลายไขมัน โดยจุลินทรีย์จะสร้างเอนไซม์ไลเปสเพื่อย่อยสลายไขมันให้เป็นกรดไขมันและกลีเซอรอล [5] ทำให้เทคโนโลยีบำบัดทางชีวภาพมีความสำคัญต่อการย่อยสลายน้ำมัน การบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ แบบที่จุลินทรีย์ยึดเกาะกับตัวกลาง และแบบ

ที่จุลินทรีย์แขวนลอยอยู่ แบบที่จุลินทรีย์ยึดเกาะกับตัวกลางจะมีส่วนของชั้นบางๆ ของจุลินทรีย์ที่เรียกว่า ฟิล์มชีวะ (Bio-film) ซึ่งจะค่อยๆ เติบโตบนตัวกลาง โดยสารอาหารและออกซิเจนจะแพร่ผ่าน ฟิล์มชีวะ และมลสารจะถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ ทำให้สารอินทรีย์ในน้ำเสียลดลงและผลิตภัณฑ์จากการย่อยสลายจะแพร่ออกมาจากฟิล์มชีวะ ดังนั้นในขณะที่น้ำเสียเคลื่อนผ่านฟิล์มชีวะมลพิษที่เป็นสารอินทรีย์ก็จะลดลง โดยกระบวนการบำบัดแบบจุลินทรีย์ยึดเกาะกับตัวกลางจะมีความเสถียรมากกว่าแบบจุลินทรีย์แขวนลอยในน้ำเสีย จึงสามารถรองรับน้ำเสียของระบบบำบัดที่มีความผันผวนของอัตราการไหลและภาระบรรทุกสารอินทรีย์ได้ดี [4] ซึ่งหลักการทำงานของ ฟิล์มชีวะ นี้ถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายในการบำบัดน้ำเสียในลักษณะต่างๆ เช่น การบำบัดน้ำใต้ดิน การบำบัดน้ำเสียทั่วไป และการบำบัดน้ำเสียอันตราย เป็นต้น

ระบบ RBC เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบจุลินทรีย์ยึดเกาะตัวกลางอีกระบบหนึ่ง ที่ได้รับความสนใจสามารถบำบัดน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมโดย ตัวกลางจะจุ่มในน้ำเสีย และส่วนใหญ่ตัวกลางจะทำจากพลาสติกน้ำหนักเบา มีประสิทธิภาพที่จะสามารถอยู่ในน้ำเสียได้ และมีพื้นที่ผิวมากพอที่จะให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตเกิดเป็น ฟิล์มชีวะ เมื่อจุลินทรีย์เติบโตมากขึ้นจะทำให้ฟิล์มชีวะหนาขึ้นและหลุดลอกกลายเป็นจุลินทรีย์ที่แขวนลอยในน้ำเสีย ดังนั้น ระบบ RBC จึงเป็นระบบที่มีทั้งจุลินทรีย์ที่ยึดเกาะกับตัวกลางและจุลินทรีย์ที่แขวนลอย อยู่ในน้ำเสีย สามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ได้ค่อนข้างมาก จึงเป็นวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพ ในการบำบัด สูงและเป็นที่ยอมรับ ในการบำบัดน้ำเสีย [6]

เนื่องจากไขมันและน้ำมันได้ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมมากมาย และระบบ Packed Cage RBC เป็นระบบบำบัดทางชีวภาพที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูง ดังนั้นระบบ Packed Cage RBC จึงมีความเหมาะสมสำหรับการบำบัดน้ำเสียที่มีน้ำมันปนเปื้อน ผู้วิจัยจึงได้ใช้ระบบ Packed Cage RBC บำบัดน้ำเสียที่มีน้ำมันปนเปื้อน เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของระบบ และเพื่อศึกษาผลกระทบของน้ำมันปาล์มต่อการทำงานของระบบบำบัด เมื่อน้ำมันปนเปื้อนที่ความเข้มข้นต่างๆ และแปรผันระยะเวลาเก็บกัก

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 ศึกษาผลของน้ำมันปาล์มต่อการทำงานของระบบ Packed Cage RBC
- 1.2.2 ศึกษาความสัมพันธ์ของระยะเวลาเก็บกักต่อประสิทธิภาพของระบบ Packed Cage RBC ในการบำบัดน้ำเสียที่มีน้ำมันปนเปื้อน

1.3 ขอบเขตการศึกษาวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการ ภาควิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงาน สิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เพื่อศึกษาผลกระทบของน้ำเสียที่มีไขมันปนเปื้อนต่อประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย Packed Cage RBC โดยมีขอบเขตของงานวิจัย ดังนี้

- 1.3.1 ศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำมันปาล์มต่อการเดินระบบ Packed Cage RBC
- 1.3.2 ศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัด Packed Cage RBC ที่ระยะเวลาเก็บกักต่างๆ กัน
- 1.3.3 วิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ในระบบ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งแขวนลอย ซีไอดี บีไอดี ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ทีเคเอ็น ปริมาณไขมันและน้ำมัน ไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนีย ในน้ำเสียเข้าและน้ำเสียออกระบบ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ทราบถึงความเข้มข้นของน้ำมันปาล์มที่ระบบสามารถรับภาระในการบำบัดได้
- 1.4.2 ทราบถึงระยะเวลาเก็บกักที่เหมาะสมต่อการบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนน้ำมันปาล์ม
- 1.4.3 ทราบถึงประสิทธิภาพของระบบ Packed Cage RBC เมื่อนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่มีน้ำมันปนเปื้อน

1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Sirianuntapiboon [7] ได้ศึกษาประสิทธิภาพของระบบ Packed Cage RBC ย่อส่วนระดับห้องปฏิบัติการ ในการบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนสารคลอรีน โดยทำการทดลองบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความสกปรกในรูปของซีโอไซด์ประมาณ 400 มิลลิกรัม/ลิตร และสารคลอรีนที่ความเข้มข้น 0, 5, 10 และ 20 มิลลิกรัม/ลิตร โดยเปรียบเทียบผลการบำบัดที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 8, 12 และ 16 ชั่วโมง จากผลการทดลอง ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบที่น้ำเสียไม่มีการปนเปื้อนสารคลอรีน ระบบจะมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดเมื่อระยะเวลาเก็บกัก น้ำเสียเป็น 16 ชั่วโมง คิดเป็นค่าการะบรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 0.6 กรัมบีโอดี/ลิตร-วัน โดยประสิทธิภาพการบำบัดซีโอไซด์ บีโอดี และ ทีเคเอ็นเท่ากับ ร้อยละ 92.45, 91.75 และ 47.44 ตามลำดับ ส่วนน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนสารคลอรีนเท่ากับ 5 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่า มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดที่ ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียเท่ากับ 16 ชั่วโมง คิดเป็นค่าการะบรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 0.6 กรัมบีโอดี/ลิตร-วัน จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า คลอรีนที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย มีผลทำให้ประสิทธิภาพของระบบในการบำบัดสิ่งสกปรกลดลง กล่าวคือคลอรีนที่ปนเปื้อนในน้ำเสียเพียง 5 มิลลิกรัม/ลิตร มีผลทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดีของระบบลดลงถึงร้อยละ 7 และเมื่อความเข้มข้นของคลอรีนในน้ำเสียยิ่งสูงขึ้น ประสิทธิภาพในการบำบัดจะยิ่งลดลง

Sirianuntapiboon และคณะ [8] ได้ศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของระบบ Packed Cage RBC ในการบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยใช้แบบจำลองย่อส่วนขนาดห้องปฏิบัติการ ลักษณะของแผ่นตัวกลางชีวภาพเป็นรูปทรงกระบอกบรรจุตัวกลางติดตั้งอยู่ภายในอ่างรูปครึ่งทรงกระบอก กำหนดความเข้มข้นของของเสียในรูปซีโอไซด์ที่เข้าระบบเป็น 100, 200, 300 และ 400 มิลลิกรัม/ลิตร แปรผันระยะเวลาเก็บกัก 4, 6 และ 8 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพของระบบ Packed Cage RBC ในการลดค่าซีโอไซด์จะแปรผันกับค่าการะบรทุกสารอินทรีย์ที่เข้าระบบ และประสิทธิภาพของระบบ Packed Cage RBC ในการลดค่าซีโอไซด์จะแปรผันตามระยะเวลาเก็บกัก โดยที่ค่าการะบรทุกสารอินทรีย์ 25.8-103.2 กรัมซีโอไซด์/วัน มีประสิทธิภาพการลดซีโอไซด์ ร้อยละ 85.94-100 ตามลำดับ และค่าการะบรทุกสารอินทรีย์ต่อพื้นที่ผิวตัวกลาง สูงสุดที่เข้าระบบ 14.49 กรัมซีโอไซด์/ตารางเมตร-วัน ระยะเวลาเก็บกักต่ำสุด 4 ชั่วโมง ค่าความเข้มข้น ของซีโอไซด์ที่ออกจากระบบมีค่าเฉลี่ย 56.00 ± 3.94 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพการลดซีโอไซด์ร้อยละ 85.94 ตามลำดับ

Sirianuntapiboon และคณะ [9] ได้ศึกษาประสิทธิภาพและสภาพแวดล้อม ที่เหมาะสมของระบบ Packed Cage RBC ในการบำบัดน้ำเสีย สังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของสารประกอบไนโตรเจนที่ระดับต่างๆ ประกอบด้วยถังปฏิกริยา Packed Cage RBC 2 ชุดต่อแบบอนุกรม กำหนดรอบการหมุน

ของทรงเป็น 3 รอบต่อมาที่ทำการทดลองโดยเติมน้ำเสียสังเคราะห์เข้าสู่ระบบ ให้มีอัตราการไหลสม่ำเสมอที่ค่าความเข้มข้นบีโอดี 400 มิลลิกรัม/ลิตร แปรผันอัตราส่วนค่าบีโอดี ต่อ ไนโตรเจน เท่ากับ 100 : 5, 100 : 10, 100 : 20, 100 : 30 และ 100 : 40 ตามลำดับ ที่อัตราส่วนบีโอดี ต่อ ไนโตรเจน เท่ากับ 100 : 5 แปรผันระยะเวลาเก็บกักตอนละ 2, 3 และ 4 ชั่วโมง ส่วนที่อัตราส่วนบีโอดี ต่อ ไนโตรเจน เท่ากับ 100 : 10, 100 : 20 และ 100 : 30 มีระยะเวลาเก็บกักตอนละ 4 ชั่วโมง และที่ อัตราส่วนบีโอดี ต่อ ไนโตรเจน เท่ากับ 100 : 40 แปรผันระยะเวลาเก็บกักตอนละ 4, 5, 6 และ 7 ชั่วโมง ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า ที่ระยะเวลาเก็บกักตอนละ 4 ชั่วโมง ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 4.07 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน และมีการแปรผันภาวะบรรทุกไนโตรเจนในระบบ ที่มีค่าระหว่าง 0.20-1.63 กรัมไนโตรเจน /ตารางเมตร -วัน ระบบก็ยังมีประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดีและซีโอดีได้ดี แต่เมื่อพิจารณาในรูปของประสิทธิภาพในการบำบัดแอมโมเนีย และไนโตรเจน พบว่าที่ภาวะบรรทุกไนโตรเจนสูงเท่ากับ 1.63 กรัม ไนโตรเจน/ตารางเมตร-วัน ประสิทธิภาพในการบำบัดแอมโมเนีย และไนโตรเจนจะลดลง เมื่อทำการปรับปรุงประสิทธิภาพในการ บำบัดแอมโมเนียและไนโตรเจน โดยเพิ่มระยะเวลาเก็บกักเป็นตอนละ 5, 6 และ 7 ชั่วโมง พบว่าที่ระยะเวลาเก็บกักตอนละ 5 ชั่วโมง ที่อัตราส่วนบีโอดี ต่อ ไนโตรเจน เท่ากับ 100 : 40 ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียและไนโตรเจน จะเท่ากับที่ อัตราส่วนบีโอดี ต่อ ไนโตรเจน ต่างๆ แต่ที่ระยะเวลาในการเก็บกักมากกว่า 5 ชั่วโมง ประสิทธิภาพในการบำบัดแอมโมเนียและไนโตรเจนจะลดลง

Sirianuntapiboon และ Chuamkaew [10] ได้ศึกษาประสิทธิภาพของ ระบบ Packed Cage RBC ในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าบีโอดี 800 มิลลิกรัม/ลิตร และสาร ไชยาไนต์ที่ความเข้มข้นของสารพิษต่างๆ กัน และมีระยะเวลาเก็บกัก ไม่เท่ากัน ผลการศึกษาพบว่า ไชยาไนต์ที่มีผลกระทบเชิงลบ ต่อประสิทธิภาพของระบบและคุณภาพของ ฟิล์มชีวะ โดยความเข้มข้นของไชยาไนต์ที่เพิ่มขึ้นนำไปสู่การเจริญเติบโตของฟิล์มชีวะที่ลดลงอีกทั้งยังลดประสิทธิภาพในการบำบัดของระบบอีกด้วย นอกจากนี้ ไชยาไนต์ยังส่งผลให้ปริมาณของแฉ่งแขวนลอย ของระบบยังเพิ่มขึ้น เนื่องจากความเข้มข้นของไชยาไนต์ที่เพิ่มขึ้น นั้นเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ ทำให้ฟิล์มชีวะตายและ หลุดลอกออกมา ส่งผลให้ค่าของแฉ่งแขวนลอย สูงขึ้น ซึ่งซีโอดี บีโอดี ทีเคเอ็น และ ไชยาไนต์ สูงสุดที่ระบบสามารถกำจัดได้คือ ร้อยละ 94.0±1.6, 94.8±0.9, 59.1±2.8 และ ร้อยละ 95.5±0.6 ตามลำดับ เมื่อ น้ำเสียสังเคราะห์ มีไชยาไนต์เข้มข้น 5 มิลลิกรัม/ลิตร

Najafpour และคณะ [6] ได้ศึกษากระบวนการบำบัดทางชีวภาพโดยใช้แบบตัวกลางยึดเกาะบน RBC โดยใช้น้ำเสียจาก อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มซึ่งประกอบด้วยสารประกอบอินทรีย์ ซึ่งมีค่าซีโอดีประมาณ 16,000 มิลลิกรัม/ลิตร โดยใช้ *Saccharomyces cerevisiae* และน้ำเสียจากอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มเพื่อเป็นชีวมวลเริ่มต้นของระบบตัวกลางยึดเกาะบน Bio-discs หลังจาก 5 วันพบว่าร้อยละ

ละ 91 ของบีโอดีถูกกำจัดไป และร้อยละ 88 ของซีโอดี ก็ถูกกำจัดด้วยเช่นกันที่ระยะเวลาเก็บกัก 55 ชั่วโมง โดยการะบรทุกซีโอดีต่อวัน เท่ากับ 38–210 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน ค่าที่เคเอ็น ร้อยละ 8 และค่าของแข็งแขวนลอย ร้อยละ 89 ถูกกำจัดพร้อมกันด้วย อัตราการเติบโตของจุลินทรีย์สูงสุด 0.82 ต่อวัน และอัตราการเกิดปฏิกิริยา คือ 0.3 ลูกบาศก์เมตร/ตารางเมตร-วัน ดังนั้นระบบ RBC สามารถบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มที่มีค่าการะบรทุกสารอินทรีย์สูงได้เป็นอย่างดี

Malandra และคณะ [11] ได้ศึกษา ระบบ RBC มีความเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการบำบัดทางชีวภาพของน้ำเสียโรงกลั่นไวน์ ระบบจะมี फिल्मชีวะของเชื้อจุลินทรีย์ที่เติบโตบนพื้นผิวของจานหมุนชีวภาพที่ติดตั้งลงบนเพลานวนอน ที่มีอย่างน้อยร้อยละ 40 ของแผ่นจานจมลงในน้ำเสีย โดยการหมุนของเพลานำให้แผ่นจานได้เจอกับน้ำเสียสลับกับอากาศ ทำให้เกิดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แบบใช้อากาศบนพื้นผิวของแผ่นจาน โดยสามารถควบคุมค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้หลายค่า เช่น ความเร็วในการหมุนแผ่นจาน และระยะเวลาเก็บกักน้ำ เป็นต้น โดยระบบสามารถลดค่าซีโอดีได้ร้อยละ 43 ที่ระยะเวลาเก็บกัก 1 ชั่วโมง และพบว่าเชื้อยีสต์ สามารถลดค่าซีโอดีของน้ำเสียสังเคราะห์ได้ร้อยละ 95 และ 46

อรรคพล ปิ่นแก้ว และ กุทริรงค์ วงษ์พระจันทร์ [12] ได้ศึกษาการทำงานของระบบ RBC เพื่อบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร โดยน้ำทิ้งจากโรงอาหารจะมีไขมันแขวนลอยและสารอินทรีย์ละลายในน้ำ ในปริมาณที่สูง โดยใช้ถึง RBC 4 หน่วย ขนาด 450 ลิตร ซึ่งระบบแรกประกอบด้วยถึง RBC 2 หน่วยต่อกัน เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพของระบบและลักษณะของน้ำทิ้งขาออกจากระบบในขณะที่ยังมี 2 หน่วย ทำงานแบบ 1 หน่วยด้วยการะบรทุกเท่ากัน แตกต่างกันที่ระบบที่ 2 มีปริมาณแผ่นจานหมุนน้อยกว่าในระบบที่ 3 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดี บีโอดี และ ทีเคเอ็น ระหว่าง 2 ระบบ รวมไปถึงการะบรทุก สารอินทรีย์ของระบบด้วย ผลการศึกษาวิจัยพบว่า ชุดทดลองระบบ RBC มีประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดี ได้เฉลี่ย ร้อยละ 98 ที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย 6 ชั่วโมง ในขณะที่ระบบ RBC ของสถาบันฯ พบว่า ระบบแรก (Two Stages) สามารถลดค่าซีโอดีได้ร้อยละ 92 ลดค่าบีโอดีได้ร้อยละ 98 และลดค่าทีเคเอ็นได้ร้อยละ 84 ที่การะบรทุกสารอินทรีย์ 298.7 มิลลิกรัม/ตารางเมตร-ชั่วโมง

พงษ์ระพีพันธ์ ยูวพันธ์ [13] ได้ศึกษา ระบบ RBC ขนาดเครื่องต้นแบบ มีจำนวนตอนของแผ่นตัวกลางทั้งหมด 4 ตอน เส้นผ่าศูนย์กลาง เท่ากับ 0.5 เมตร พื้นที่ผิวของแผ่นตัวกลางเท่ากับ 22.5 ตารางเมตร แผ่นตัวกลางจมอยู่ในน้ำเสียร้อยละ 35 ปริมาตรของถังปฏิกิริยาเท่ากับ 0.2 ลูกบาศก์เมตร น้ำเสียก่อนเข้าระบบ RBC เป็นน้ำเสียจากโรงอาหารของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งขนาด 700 ตารางเมตรที่ผ่านบ่อดักไขมันแล้ว 3 บ่อ ค่าบีโอดีและซีโอดีเฉลี่ยของน้ำเสียก่อนเข้าระบบเท่ากับ 490 และ 606 มิลลิกรัม/

ลิตร ตามลำดับ ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เข้าระบบเท่ากับ 9.36, 15.68, 21.95, 28.22 และ 40.72 กรัม/ตารางเมตร-วัน ระยะเวลาการกักเก็บเท่ากับ 1.57, 0.94, 0.67, 0.52 และ 0.36 ชั่วโมง ตามลำดับ ประสิทธิภาพการ ลดค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ มีค่าสูงกว่าร้อยละ 80 ยกเว้นที่ ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 40.72 กรัม/ตารางเมตร-วัน ซึ่งประสิทธิภาพการบำบัดมีเพียงร้อยละ 40.26 ดังนั้นภาระบรรทุกสารอินทรีย์ ที่เหมาะสมกับน้ำเสียจากภัตตาคารและร้านอาหารควรมีค่าระหว่าง 9.36-28.22 กรัม/ตารางเมตร-วัน

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของน้ำเสีย [14]

น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่างๆ มาแล้ว ทำให้น้ำดังกล่าวมีลักษณะและสมบัติต่างไปจากเดิมหรือไม่เป็นที่ยอมรับและ ไม่เป็นที่ต้องการของคนทั่วไปเนื่องจากการปนเปื้อนของสิ่งสกปรกก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต โดยประเภทของน้ำเสียสามารถแบ่งตามแหล่งกำเนิดได้ 3 ประเภท

2.1.1 น้ำเสียชุมชน (Domestic Wastewater)

น้ำเสียชุมชนอาจเรียกได้อีกว่าน้ำโสโครก ได้แก่ น้ำทิ้งที่มาจากชุมชน บ้านเรือนที่พักอาศัย อาคาร ร้านค้า และ โรงแรม เป็นต้น โดยน้ำเสียดังกล่าวมักเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การอุปโภคบริโภค และการชำระล้างร่างกาย เป็นต้น น้ำเสียส่วนนี้มักปนเปื้อนสารอินทรีย์ นอกจากนี้ยังมีผงซักฟอก สบู่ สารลดแรงตึงผิว ตลอดจนจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่อาจทำให้เกิดโรคได้

2.1.2 น้ำเสียเกษตรกรรม (Agriculture Wastewater)

เป็นน้ำเสียที่ปล่อยออกมาจากพื้นที่การเกษตรมักมีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์จำนวนมากรวมทั้งสารเคมีด้วย

2.1.3 น้ำเสียจากอุตสาหกรรม (Industrial Wastewater)

เป็นน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนสิ่งสกปรกที่แตกต่างกันและปริมาณของสิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนก็แตกต่างกันขึ้นอยู่กับประเภทของอุตสาหกรรม กระบวนการผลิต วัตถุดิบ รวมทั้งกิจกรรมต่างๆ ของพนักงานในโรงงาน

2.2 กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ [15]

การบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ แบ่งเป็นแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Process) และแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Process) ซึ่งแบบใช้ออกซิเจนอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนเปลี่ยนสารอินทรีย์ให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ เช่น ในกระบวนการเลี้ยงตะกอนเร่ง ระบบจุลินทรีย์ตรึงบนผิวดักกลาง และระบบโปรยกรอง เป็นต้น ส่วนการบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนเปลี่ยนความสกปรกให้กลายเป็น คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ เช่น ในกระบวนการย่อยไร้ออกซิเจน และถังกรองไร้อากาศ เป็นต้น

2.3 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพชนิดตัวกลางเคลื่อนที่ (Moving Bed) [16]

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตัวกลางเคลื่อนที่จัดเป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Attach Growth System ที่ถูกพัฒนามาให้ตัวกลางเคลื่อนที่ในน้ำเสีย โดยตัวกลางจะทำหน้าที่ให้ฟิล์มชีวะเกาะที่ผิวดักกลาง ทำให้สามารถเคลื่อนที่สัมผัสกับน้ำเสียได้มากขึ้น รวมทั้งทำให้เกิดการกวนผสมของน้ำเสียได้ดีขึ้นด้วย โดยตัวกลางที่ใช้มีหลายรูปแบบ เช่น มีลักษณะเป็นลูกบอล แผ่นจาน แท่งทรงกระบอก ตลอดจนเป็นกรงบรรจุตัวกลางขนาดเล็กอยู่ภายใน โดยตัวกลางเหล่านี้จะมีขนาดที่แตกต่างกันออกไปแล้วแต่การใช้งาน ตลอดจนชนิดของวัสดุที่ใช้ มีทั้ง ไม้ หิน และ พลาสติก ตัวกลางเหล่านี้จะถูกทำให้เคลื่อนที่ภายในน้ำเสีย โดยการขับเคลื่อนของตัวกลางหรือกรงบรรจุตัวกลาง อาจใช้พลังงานกลในการขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์หรือการใช้แรงลม อนึ่งข้อที่ควรพิจารณาสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียแบบตัวกลางที่ให้จุลินทรีย์ยึดเกาะเคลื่อนที่ได้ (Moving Bed) เกี่ยวกับประสิทธิภาพและความสามารถในการบำบัดน้ำเสียนั้น จะขึ้นอยู่กับข้อจำกัดต่อไปนี้

2.3.1 พื้นที่ผิวของตัวกลางที่ให้ฟิล์มชีวะยึดเกาะ

ตัวกลางที่ดีจะต้องมีรูพรุน มีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูง น้ำหนักน้อย รวมทั้งลักษณะผิวของตัวกลางจะต้องมีลักษณะที่ฟิล์มชีวะยึดเกาะได้ง่ายและหลุดออกได้ยากเมื่อตัวกลางเหล่านั้นเคลื่อนที่ในน้ำเสีย

2.3.2 การทำให้ตัวกลางหรือฟิล์มชีวะสัมผัสกับน้ำเสีย

ในถังปฏิกริยาได้อย่างทั่วถึงเมื่อตัวกลางหรือฟิล์มชีวะเคลื่อนที่ในน้ำเสีย เพื่อจะได้ดูดซับสิ่งปนเปื้อน ซึ่งก็คือสารอินทรีย์ในน้ำเสียเข้าไปในฟิล์มชีวะ และย่อยสลายด้วยกระบวนการทางชีวภาพ

2.3.3 ตัวกลางที่ดีจะต้องมีลักษณะสมบัติเติมอากาศ

ตัวกลางที่ดีจะต้องมีลักษณะสมบัติเติมอากาศหรือออกซิเจนให้กับระบบบำบัดน้ำเสียหรือถังปฏิริยาได้ด้วย เช่นในกรณีงานหมุนชีวภาพจะมีการออกแบบให้ฟิล์มชีวะสัมผัสอากาศ รวมทั้งตัวกลางเองจะถูกรอกแบบให้สามารถทำให้เกิดการกวนผสมของอากาศที่ผิวหน้าของน้ำเสียในถังปฏิริยา ทำให้อากาศสามารถละลายลงในน้ำเสียได้มากขึ้น หรืออาจมีการออกแบบให้ตัวกลางหรืองานหมุนชีวภาพสามารถเก็บกักอากาศเข้าไปในตัวกลางหรืองานหมุนขณะที่สัมผัสกับอากาศและปล่อยอากาศให้ละลายในน้ำเสียได้มากขึ้น หรืออาจมีการออกแบบให้ตัวกลางหรืองานหมุนสามารถเก็บกักอากาศเข้าไปในตัวกลางขณะสัมผัสอากาศและปล่อยอากาศให้ละลายในน้ำเสีย เมื่อตัวกลางหรืองานหมุนแช่อยู่ในน้ำเสีย

2.3.4 การหลุดลอกของฟิล์มชีวะออกจากตัวกลาง

ลักษณะการหลุดลอกของฟิล์มชีวะดังกล่าวจะเกิดขึ้นเมื่อฟิล์มชีวะมีความหนาแน่นมาก ๆ ทำให้จุลินทรีย์ชั้นในสุดของฟิล์มชีวะ อยู่ในสภาวะไร้อากาศ (Anaerobic Condition) เกิดการตายและหลุดลอกออกมา ซึ่งจะเป็นลักษณะที่ไม่ดีของการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย แบบยึดเกาะตัวกลาง (Attach Growth System) กล่าวคือเป็นการควบคุมการเจริญเติบโตของฟิล์มชีวะสูงเกินไปและฟิล์มชีวะมีความหนาแน่นมาก มีผลทำให้ฟิล์มชีวะชั้นในสุดขาดออกซิเจน เนื่องจากออกซิเจนถูกฟิล์มชีวะชั้นนอกใช้ไปหมด ซึ่งจะส่งผลให้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมีคุณภาพด้อยและประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียก็จะลดลงเช่นกัน

2.3.5 ลักษณะการกวนผสมในถังปฏิริยา

ถังปฏิริยาที่ดีจะต้องออกแบบให้น้ำเสียภายในถังปฏิริยามีการกวนผสมอย่างดี ปัจจัยที่ส่งเสริมการกวนผสมในถังปฏิริยา คือ ชนิด ขนาด และรูปร่างของตัวกลาง ซึ่งการออกแบบจะต้องให้เหมาะสมกับขนาดและรูปร่างของถังปฏิริยาด้วย หากการออกแบบไม่เหมาะสมเกิดการกวนผสมไม่ทั่วทั้งบ่อ โดยเฉพาะในส่วนของหัวถัง ปลายถังปฏิริยา จะเกิดสภาวะไม่มีการกวนผสม (Static Zone หรือ Dead Zone) เป็นผลให้ตะกอนของแข็งในน้ำเสียหรือตะกอนฟิล์มชีวะที่หลุดออกจากตัวกลางสะสมที่ก้นบ่อ รวมทั้งอาจทำให้เกิดสภาวะไร้อากาศที่ก้นถังปฏิริยาด้วย ส่งผลให้ค่าบีโอดี สูงขึ้นจากการเน่าเสียของตะกอนที่ก้นถังปฏิริยา

2.4 ความเป็นมาของระบบ Rotating Biological Contactor (RBC) [15]

ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor หรือ RBC) เป็นระบบที่ได้รับการพัฒนาขึ้นเป็นครั้งแรกในประเทศเยอรมัน เมื่อปี พ.ศ. 2503 โดยคุณลักษณะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นแผ่นแบนและกลมคล้ายจานขนาดใหญ่ทำด้วยพลาสติก Polystyrene หรือ Polyvinyl Chloride (PVC) วางเรียงใกล้ๆ กัน และพื้นผิวโดยรอบของแผ่นจานจะมีลักษณะโปรงเป็นซี่ๆ เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวให้จุลินทรีย์เกาะติดได้มากขึ้น โดยส่วนหนึ่งของแผ่นจานจะจมอยู่ในน้ำเสียประมาณร้อยละ 35-40 แล้วหมุนอย่างช้าๆ เพื่อผลัดเปลี่ยนให้ส่วนอื่นๆ ของแผ่นจานได้สัมผัสกับน้ำเสียเช่นกัน ในขณะที่แผ่นจานจมอยู่ในน้ำเสีย จุลินทรีย์ที่เกาะติดอยู่จะดึงอาหารซึ่งเป็นสารอินทรีย์จากน้ำเสียและจะเกิดการย่อยสลายได้ดีขึ้น เมื่อส่วนของแผ่นจานนั้นเคลื่อนตัวขึ้นเหนือน้ำ ทำให้จุลินทรีย์ได้รับออกซิเจนในอากาศ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการย่อยสลายของสารอินทรีย์ น้ำเสียจึงได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้น นอกจากนี้การหมุนของแผ่นจานจะเป็นการช่วยเพิ่มออกซิเจนให้กับน้ำเสียไปในตัว ทำให้มีการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำได้เร็วยิ่งขึ้น ปริมาณจุลินทรีย์ที่เกาะอยู่บนแผ่นจานจะเพิ่มความหนาขึ้นเรื่อยๆ โดยทั่วไปจะมีความหนาประมาณ 1-4 มิลลิเมตร โดยบริเวณที่จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดีที่สุด จะอยู่ที่พื้นผิวชั้นนอกความหนาไม่เกิน 0.2 มิลลิเมตร ส่วนบริเวณที่ลึกเข้าไปด้านในจะเริ่มมีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งจะมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายได้ไม่ดีเท่าที่ควร และจุลินทรีย์ที่อยู่ด้านในจะตายและหลุดออกไปในที่สุด เซลล์ใหม่ด้านนอกจะเจริญเติบโตขึ้นมาแทนที่อย่างเป็นวัฏจักร ระบบนี้สามารถลดค่าบีโอดี ของน้ำเสียได้ ประมาณ ร้อยละ 85-95 สำหรับประเทศไทย ได้มีการทดลองใช้ระบบจานหมุนชีวภาพขนาดเล็กในระดับห้องปฏิบัติการกับน้ำเสียประเภทต่างๆ เป็นเวลากว่า 10 ปี แต่ในระบบจานหมุนชีวภาพขนาดใหญ่ได้มีการนำมาใช้กับน้ำเสียบริษัท สหยูเนี่ยน จำกัด เป็นครั้งแรกเมื่อ พ.ศ. 2524 เพื่อบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารและหอพักเป็นจานหมุนชีวภาพ ขนาดรับปริมาณน้ำเสีย 300 ลูกบาศก์เมตร/วัน สำหรับการใส่ระบบจานหมุนชีวภาพ เพื่อบำบัดน้ำเสียชุมชนอื่นๆ นั้นขณะนี้มีการติดตั้งแล้วหลายแห่ง เช่น ระบบบำบัดน้ำเสียรวม พัทยา ระบบบำบัดน้ำเสียสำนักงานธนาคารไทยพาณิชย์ ศาลแขวงพระนครเหนือ ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลชุมชนหนองจอก ระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อบำบัดน้ำเสียในส่วนของครัวพระราชวังสวนจิตรลดา และ ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลพญาไท

อย่างไรก็ตาม ระบบนี้เหมาะสำหรับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นไม่สูงมากนัก และผ่านการบำบัดขั้นต้นก่อน เช่น การตกตะกอนเพื่อลดความเข้มข้นของน้ำเสีย ปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งต่อการเลือก ใช้ระบบนี้ ได้แก่ สภาพภูมิอากาศที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ หากเป็นพื้นที่ที่มีอากาศหนาว จุลินทรีย์ก็อาจจะเจริญเติบโตได้ไม่เต็มที่ จากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิต่ำสุดของน้ำเสียที่เหมาะสมต่อการใช้งานของระบบนี้ได้แก่ 12.8 องศาเซลเซียส ปัญหาที่พบบ่อยจากการใช้งาน ได้แก่

การชำรุดของอุปกรณ์ เช่น บริเวณแกนของแผ่นจานหรือแผ่นพลาสติก การชำรุดของเครื่องจักรกลที่ทำให้หมุนและปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็น การชำรุดของอุปกรณ์เหล่านี้ ส่วนใหญ่เกิดจากการที่ออกแบบระบบให้รับน้ำหนักได้ไม่เพียงพอ หรือเกิดจากการที่ได้รับความร้อน หรือแสงอัลตราไวโอเล็ตมากเกินไป

2.5 ระบบ Rotating Biological Contactor (RBC) [16]

ระบบ RBC ประกอบด้วยแผ่นที่ทำด้วยวัสดุใดๆ ที่แข็งแรงทนทานต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ในน้ำได้ โดยมากทำด้วยพลาสติก PVC ยาง Polyethylene เป็นต้น มีรูปร่างเป็นแผ่นกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3-3.5 เมตร มีแกนกลางเป็นเหล็กกันสนิมถูกหมุนอย่างช้าประมาณ 2-5 รอบ/นาที และมีอัตราการเคลื่อนที่ของขอบนอกของแผ่นกลมเท่ากับ 10-25 เมตร/นาที โดยมากเป็นร้อยละ 40 ของพื้นที่ผิวตัวกลางและจุ่มอยู่ในน้ำที่บรรจุไว้ในถังที่ควรมีปริมาตรของถังประมาณ 4.9 ลิตร/(ตารางเมตร ของพื้นที่ผิวตัวกลาง) และโดยปกติจะมีเวลาเก็บกักของถังประมาณ 0.7-4 ชั่วโมง หลักการในการบำบัดน้ำเสียจะเหมือนกับระบบโปรยกรองคือ จุลินทรีย์ที่มาจากน้ำเสียเริ่มขยายพันธุ์เกาะตามบริเวณผิวตัวกลางของแผ่นกลมที่หมุนอยู่ ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ประเภทจุลินทรีย์เกาะติดผิวตัวกลาง (Attached Microbial Growth) จนกระทั่งจุลินทรีย์มีมากเกาะเต็มทั้งแผ่นกลม และมีลักษณะคล้ายเมือกปกคลุมแผ่นกลมหนาประมาณ 1-3 มิลลิเมตร ขณะที่แผ่นกลมหมุน ออกซิเจนในอากาศจากภายนอกถึงจะถ่ายเทผ่านเข้าไปในผิวฟิล์มชีวะ และนำออกซิเจนลงไปในน้ำเสีย ทำให้เกิดปฏิกิริยาชีวเคมีที่ทำให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างๆ ในน้ำเสียด้วยปริมาณออกซิเจนและจำนวนจุลินทรีย์ที่เหมาะสม โดยทั่วไปฟิล์มชีวะที่เกาะอยู่บนผิวตัวกลางจะค่อยๆ หลุดออกบ้างเนื่องจากแรงเฉือนที่เกิดจากการหมุนแผ่นกลม ซึ่งทำให้มีบางส่วนลอยอยู่ในน้ำเสียภายในถัง ทำให้เกิดจุลินทรีย์อีกประเภทคือ จุลินทรีย์แขวนลอย (Suspended Microbial Growth) ดังนั้นการย่อยสลายสารอินทรีย์ ในน้ำเสียด้วยระบบนี้จึงน่าจะมีประสิทธิภาพดี แต่ทั้งนี้การบำบัดน้ำเสียไม่ได้ขึ้นอยู่กับเพียงชนิดของระบบบำบัดเท่านั้น แต่จะขึ้นอยู่กับการควบคุมระบบด้วยคือ ต้องคอยดูแลปรับสภาพแวดล้อมภายในถังให้ได้เหมาะสมตลอดเวลาจึงจะได้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียสูง เนื่องจากระบบนี้จะมีเครื่องจักรกลมากกว่าของระบบโปรยกรอง จึงทำให้การควบคุมจำเป็นต้องเอาใจใส่มากกว่าระบบโปรยกรอง

2.5.1 ลักษณะการทำงานของระบบ RBC [17]

ระบบ RBC สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับระบบบำบัดต่างๆ ได้แก่ เหมาะสำหรับน้ำเสียอาคารสำนักงาน ที่พักอาศัย ชุมชนหรือเทศบาล น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม โรงฆ่าสัตว์ โรงงานชำแหละและบรรจุเนื้อสัตว์ โรงงานเครื่องคั้ม โรงผลิตไวน์ โรงงานสุรา โรงงานผลิตกระดาษ

2.5.2 คุณลักษณะเด่นเฉพาะของระบบ RBC [17]

การเริ่มเดินระบบ (Start Up) ไม่ยุ่งยาก ซึ่งใช้เวลาเพียง 1-2 สัปดาห์การดูแลและบำรุงรักษาง่าย ทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้บุคลากรที่มีความรู้ความชำนาญมาก สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าน้อย เนื่องจากระบบ RBC ถูกออกแบบให้หมุนอย่างช้าๆ เพื่อให้จุลชีพซึ่งเกาะที่แผ่นตัวกลางหมุนขึ้นไปรับออกซิเจนเหนือผิวน้ำและหมุนจมในน้ำเพื่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย จึงมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเพียงส่วนการขับเคลื่อนเพื่อการหมุนเท่านั้นต้องการพื้นที่ในการดำเนินงานน้อย เมื่อเทียบกับระบบเลี้ยงตะกอนจุลินทรีย์ทั่วไป หรือระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพอื่นๆ การควบคุมระบบทำได้ง่ายแทบไม่ต้องการคนควบคุมดูแล ต้องการดูแลบำรุงรักษาต่ำ เนื่องจากความลึกหรือของระบบหรืออุปกรณ์มีน้อย ประสิทธิภาพในการบำบัดสูง สามารถลดค่าบีโอดีและ แอมโมเนีย ได้สูงถึงร้อยละ 85 .5-95 สามารถรับสภาวะ Shock Load ของน้ำเสียได้ดีกว่าระบบตะกอนเร่งใช้พลังงานในการเดินระบบน้อย เนื่องจากใช้พลังงานไฟฟ้าใช้สำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์เท่านั้น ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาต่ำ การเกิดกลิ่นน้อยมาก ออกแบบให้ทำงานในสภาวะ มีอากาศ ออกแบบตามมาตรฐานของ United State Environmental Protection Agency (USEPA) น้ำที่ผ่านการบำบัดอยู่ในมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งของหน่วยงานควบคุมสิ่งแวดล้อม ตะกอนส่วนเกิน (Excess Sludge) เกิดขึ้นน้อยเนื่องจากปริมาณสารแขวนลอยในระบบมีปริมาณเพียง 100 .5-150 มิลลิกรัม /ลิตร เท่านั้น ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการบำบัดตะกอนต่ำเนื่องจากอัตราการเกิดตะกอนส่วนเกินน้อยทำให้สามารถใช้ถังตกตะกอนที่มีพื้นที่ผิวน้อยกว่าระบบอื่นได้ไม่จำเป็นต้องมีการ Return Sludge ตัวกลางเป็นแบบพันรอบแกนเพลากลาง ทำให้การสัมผัสระหว่างน้ำเสียนับอากาศภายในตัวกลางเกิดขึ้นสม่ำเสมอ ระยะทางสัมผัสระหว่าง น้ำเสียนับมวลชีวภาพสั้น ทำให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดีขึ้น และไม่จำเป็นต้องมีโครงสร้างโลหะใดๆ มายึดทำให้หลีกเลี่ยงการบดขยี้และสึกหรอได้

2.5.3 การตรวจสอบการทำงานของระบบ [15]

การตรวจสอบการทำงานของระบบเป็นการตรวจวัดพารามิเตอร์ต่างๆ โดยใช้อุปกรณ์การตรวจสอบ เช่น DO Meter ความเป็นกรด-ด่าง และกรวยอิมมอสเฟส และจากการสังเกตทางกายภาพ สี และ กลิ่น เป็นต้น สำหรับอุปกรณ์การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อส่งวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการที่ควรจัดเตรียมเพื่อใช้ในการตรวจสอบการทำงานของระบบ ได้แก่ ขวดใส่น้ำตัวอย่าง อุปกรณ์สำหรับทำลาคิดข้างขวด จะเป็นกระดาษขาว สติกเกอร์ ปากกาสำหรับเขียน รวมทั้งกล่องโฟมสำหรับแช่ขวดตัวอย่างน้ำ เป็นต้น การตรวจสอบของระบบ RBC ค่าความเป็นกรดด่างควรอยู่ระหว่าง 6.8-8.2 สีของตะกอนจุลินทรีย์ในถังแผ่นหมุนชีวภาพควรมีสีน้ำตาล ไม่มีกลิ่นเหม็นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ค่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ไม่ควรต่ำกว่า 2 มิลลิกรัม/ลิตร ค่า MLSS ในถังแผ่นหมุนชีวภาพมีค่าอยู่ระหว่าง 500-1,000 มิลลิกรัม/ลิตร ไม่ควรเกิดฟองก๊าซ หรือเกิดตะกอนจุลินทรีย์ลอยในถังตกตะกอน ระยะจุ่มน้ำของแผ่นหมุนชีวภาพร้อยละ 40

2.5.4 การเริ่มเดินระบบเดินระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ [15]

ก่อนเริ่มเดินระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ ผู้ที่รับผิดชอบดูแลระบบจะต้องเตรียมความพร้อมในส่วน of ภาคสนาม คือการเดินระบบโดยใช้น้ำสะอาดทดสอบอัตราการไหลของน้ำ ระดับน้ำ รวมทั้งการทดสอบการทำงานของเครื่องจักร เครื่องสูบน้ำ เครื่องกวาดตะกอน เครื่องสูบตะกอนจุลินทรีย์ และ เครื่องป้อนสารเคมี เป็นต้น

หัวเชื้อ คือจุลินทรีย์ที่เติมลงในระบบบำบัดเพื่อให้แพร่พันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว ควรเป็นจุลินทรีย์ที่ได้จากระบบบำบัดน้ำเสียประเภทเดียวกัน เช่น หัวเชื้อจากถังตกตะกอนของระบบเลี้ยงตะกอนเร่งของโรงงานแห่งหนึ่ง ไปเติมเป็นหัวเชื้อให้กับถังเดิมอากาศของระบบบำบัดน้ำเสียระบบเลี้ยงตะกอนเร่งของอีกโรงงานหนึ่ง เป็นต้น หากไม่สามารถหาได้ก็ให้ใช้มูลสัตว์ต่างๆ เช่น จากสัตว์ปีก วัว กระบือ หมู เป็นต้น ปัจจุบันได้มีผู้ผลิตหัวเชื้อแห้งให้เป็นการช่วยเสริมช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งหัวเชื้อดังกล่าวก็คือจุลินทรีย์คัดพันธุ์ที่ผู้ผลิตทำขึ้น เพื่อมุ่งเน้นเรื่องการค้าและธุรกิจ ซึ่งอาจจะไม่เหมาะที่จะนำมาเป็นหัวเชื้อในการเริ่มเดินระบบบำบัดน้ำเสีย เพราะจุลินทรีย์ดังกล่าวจะไม่ขยายพันธุ์อย่างต่อเนื่อง

2.5.5 การเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์เพื่อเดินระบบ [15]

การเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์เพื่อเดินระบบบำบัดน้ำเสีย อาจดำเนินการได้โดยวิธีที่หนึ่ง นำหัวเชื้อจากถังตกตะกอนซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของตะกอนจุลินทรีย์ไปใส่ในถังเดิมอากาศให้มีปริมาณจำนวนหนึ่ง แล้วเติมมูลสัตว์ เลี้ยงเชื้อเพื่อให้ได้จุลินทรีย์ปริมาณพอเพียงกับความต้องการ ซึ่งต้องใช้เวลามากกว่าวิธีแรก สำหรับวิธีที่สาม ใช้มูลสัตว์เป็นหัวเชื้อเพียงอย่างเดียว ซึ่งจะต้องใช้เวลามากกว่าทั้งสองวิธีที่จะทำให้เริ่มเดินระบบได้

2.5.6 การใช้หัวเชื้อจากตะกอนจุลินทรีย์ [15]

การเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์เพื่อเดินระบบบำบัดน้ำเสีย โดยการใช้หัวเชื้อจากถังตกตะกอนในส่วนของตะกอนจุลินทรีย์ ซึ่งจะมีความเข้มข้นของค่า MLVSS ประมาณ 8,000–10,000 มิลลิกรัม/ลิตร เพื่อเอาไปใส่ในถังเดิมอากาศในระบบเลี้ยงตะกอนเร่ง หรือใส่ในถังปฏิกรณ์ประเภทอื่น

2.5.7 การเริ่มเดินระบบ RBC [15]

ระบบ RBC จุลินทรีย์เกาะติดบนผิวตัวกลางซึ่งอาจทำหน้าที่ช่วยย่อยสารอินทรีย์ในน้ำเสีย เมื่อตัวกลางหมุนพ่นขึ้นมาจากถัง จุลินทรีย์ก็จะได้รับอากาศโดยตรงวนเวียนเช่นนี้เรื่อยไป ขั้นตอนการเริ่มเดินระบบ ประกอบด้วย

- 1) คำนวณปริมาตรถังแผ่นหมุนชีวภาพ
- 2) เติมมูลสัตว์ประมาณ 1-2 กิโลกรัม ต่อปริมาตรน้ำที่เดิม 1 ลูกบาศก์เมตร โดยคิดจากปริมาตรครึ่งหนึ่งของถังแผ่นหมุนชีวภาพ
- 3) เติมน้ำเปล่าให้ได้ครึ่งหนึ่งของถังแผ่นหมุนชีวภาพ
- 4) เติมตะกอนจุลินทรีย์ที่ใช้เป็นหัวเชื้อ ซึ่งนำมาจากตะกอนจุลินทรีย์เข้มข้น (จากถังตกตะกอนระบบระบบเลี้ยงตะกอนเร่งจากบริเวณใกล้เคียง) เติกลงในถังแผ่นหมุนชีวภาพ เพื่อเพิ่มระดับ MLSS เพิ่มขึ้นประมาณ 500 มิลลิกรัม/ลิตร เช่นถังหัวเชื้อมีความเข้มข้น 10,000 มิลลิกรัม/ลิตร (ตะกอนจุลินทรีย์เข้มข้นร้อยละ 1) ให้เติมด้วยอัตรา 50 ลิตรต่อน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร โดยคิดปริมาณน้ำเป็นครึ่งหนึ่งของถังแผ่นหมุนชีวภาพ
- 5) เริ่มเดินเครื่องแผ่นหมุนชีวภาพตลอดเวลา
- 6) เมื่อเดินเครื่องได้ประมาณ 3 วัน จึงเริ่มเติมน้ำเสีย วันละร้อยละ 5 ของน้ำเสียที่จะบำบัด ควรติดตั้งเครื่องสูบลมตะกอนจุลินทรีย์จากถังตกตะกอนไปยังถังแผ่นหมุนชีวภาพ เพื่อช่วยให้จุลินทรีย์เกาะแผ่น

งานได้เร็วขึ้น (แม้ว่าจะไม่มีการหมุนเวียนตะกอนจุลินทรีย์ในระหว่างการบำบัดน้ำเสียตามปกติก็ตาม)

2.5.8 การตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบแผ่น RBC [15]

ประสิทธิภาพของระบบ RBC ขึ้นอยู่กับการออกแบบและจัดสร้างที่เหมาะสมดังรายการต่อไปนี้ ให้พื้นที่พอเพียงสำหรับจุลินทรีย์เกาะเหมาะสมกับอัตราของน้ำเสียเข้าระบบ การเติมอากาศพอเพียง เพื่อให้สารที่หลุดจากแผ่นตัวกลางสามารถได้รับออกซิเจนเพียงพอ ก่อนที่จะไปตกตะกอนในถังตกตะกอน อัตราการหมุนที่เหมาะสมไม่ทำให้เกิดการหลุดของจุลินทรีย์มากเกินไปทำให้เกิดการกวน เพื่อให้สารที่หลุดจากถังกวนสามารถแขวนลอยได้โดยไม่ตกตะกอนเสียก่อน

การตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบงานหมุนชีวภาพ [7] มีดังนี้

- 1) ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียก่อนเข้าระบบและออกระบบ โดยวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด่าง ซีโอดี บีโอดี ของแข็งแขวนลอย และ ทีเคเอ็น เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพ
- 2) ควบคุมอัตราที่เหมาะสมของภาระ บรรทุกสารอินทรีย์ คือ 3.4 กิโลกรัมบีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน หรือ ประมาณ 12 กิโลกรัมบีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน

2.5.9 การบำรุงรักษาระบบ RBC [15]

เมื่อมีการปรับตั้งความเร็วและระยะแช่น้ำได้เหมาะสมแล้ว การบำรุงรักษาประกอบด้วย เติม น้ำมันหล่อลื่นเพื่อลดการสึกหรอของอุปกรณ์ขับเคลื่อนแผ่นสัปดาห์ละครั้ง เปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นในเฟืองทดลงและตรวจเฟืองโซ่ต่างๆ 3 เดือน ควรมีหลังคาเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำฝนชะล้างเมื่อจุลินทรีย์เกาะที่งานหมุนชีวภาพ ในกรณีที่แผ่นหมุนชีวภาพไม่มีการหมุนเป็นระยะเวลาหลายวัน อาจทำให้เกิดตะไคร่น้ำเกาะที่ผิวงานทำให้เพลากลางต้องรับแรงบิดมากขึ้น จึงต้องทำความสะอาดตะไคร่น้ำก่อน จึงเดินระบบ

2.5.10 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของระบบ Packed Cage RBC [16]

องค์ประกอบของระบบบำบัดน้ำเสียแบบงานหมุนชีวภาพที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบงานหมุนชีวภาพจะเหมือนกับระบบบำบัดทางชีววิทยาแบบทั่วไปที่ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียจะแปรผันตามสภาวะแวดล้อมของระบบบำบัดน้ำเสีย องค์ประกอบสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียแบบงานหมุนชีวภาพ คือ

2.5.10.1 อัตราการหมุนรอบของจานหมุนชีวภาพ

อัตราการหมุนของจานหมุนชีวภาพจะมีผลต่อประสิทธิภาพของระบบ โดยตรงหลายกรณีทั้งทางบวกและทางลบ กล่าวคือ ส่งผลต่อการสัมผัสกันระหว่างฟิล์มชีวะและน้ำเสีย กล่าวคือการเพิ่มจำนวนรอบของการหมุนของตัวกลาง จะส่งผลให้จุลินทรีย์สัมผัสกับน้ำเสียได้ดีขึ้น ส่งผลต่อการเติมออกซิเจนหรืออากาศให้กับน้ำเสีย โดยการหมุนของตัวกลางจะทำให้ฟิล์มชีวะสามารถสัมผัสกับอากาศเพื่อดูดซับออกซิเจนได้มากขึ้น ส่งผลให้เกิดการกวนผสมของน้ำได้ดีขึ้น โดยการหมุนของตัวกลางจะทำให้เกิดการกวนผสมของน้ำเสียในถังปฏิกิริยา อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการหมุนจะส่งผลในทางบวกในด้านการเติมออกซิเจนเวลาการกวนผสม การสัมผัสของจุลินทรีย์กับน้ำเสียก็ตาม แต่เมื่อถึงระดับความเร็วของการหมุนที่ระดับหนึ่งแล้ว ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียดังกล่าวก็จะไม่เพิ่มขึ้นอีก แต่จะส่งผลในทางลบด้วย เช่นความเร็วรอบของการหมุนของจานหมุนชีวภาพหากเร็วเกินไป จะทำให้มีแรงเฉือนเพิ่มขึ้น ทำให้ฟิล์มชีวะหลุดลอกจากแผ่นตัวกลางได้

2.5.10.2 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

ในระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาที่ใช้ออกซิเจนอิสระ ระบบบำบัดน้ำเสียจะแปรผันโดยตรงกับปริมาณออกซิเจนที่ป้อนให้กับน้ำเสียในถังปฏิกิริยา แต่ปกติฟิล์มชีวะจะดูดซับออกซิเจนในบรรยากาศเมื่อตัวกลางหมุนขึ้นสัมผัสกับอากาศ ดังนั้นแม้ระดับออกซิเจนละลายน้ำจะมีค่าต่ำกว่า 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร ก็จะไม่ส่งผลกระทบต่อจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียมากนัก แต่มีข้อน่าสังเกตว่าการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียมักจะให้ส่วนของตัวกลาง (จานหมุนชีวภาพ) ประมาณร้อยละ 40-50 จมอยู่ในน้ำเสีย ขณะที่ร้อยละ 50-60 จะอยู่เหนือน้ำเสีย เพื่อให้สัมผัสกับอากาศ แต่ถ้าให้ส่วนที่จมในน้ำเสียมากกว่าร้อยละ 50 แล้วอาจมีปัญหาเกี่ยวกับการดูดซับออกซิเจนจากบรรยากาศของฟิล์มชีวะไม่เพียงพอ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงขึ้น รวมทั้งหากน้ำเสียมีค่าบีโอดีสูงจะมีความจำเป็นต้องรักษาระดับความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำสูงขึ้น รวมทั้งหากน้ำเสียแบบจานหมุนชีวภาพจึงไม่เหมาะสมกับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของสิ่งสกปรกสูง โดยมากจะรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ได้ไม่เกิน 12-18 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน หากภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงกว่านี้จะมีปัญหากับระบบบำบัดน้ำเสียหรือถังปฏิกิริยา นั่นคือออกซิเจนที่ป้อนสู่ระบบจะไม่เพียงพอ ทำให้เกิดภาวะถังไร้อากาศหรือไร้อากาศขึ้นในระบบบำบัดน้ำเสียหรือถังปฏิกิริยา น้ำเสียในระบบจะมีกลิ่นเหม็นจากก๊าซ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และแอมโมเนีย เป็นต้น โดยจะสังเกตได้ว่าน้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียจะเริ่มมีกลิ่นเหม็น ฟิล์มชีวะเริ่มหลุดจากแผ่นหมุนชีวภาพ น้ำเสียมีความขุ่นมากขึ้น ฟิล์มชีวะที่เกาะบนจานหมุนชีวภาพมีสีขาวและเป็นเมือกจนมีสีคล้ำลง

อนึ่ง ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ สามารถออกแบบให้จมน้ำได้มากน้อยตามต้องการ เช่น สามารถออกแบบให้จมน้ำได้ร้อยละ 60-70 แต่การออกแบบตัวงานหมุนชีวภาพมีกระเปาะอยู่ใน ซึ่งสามารถเก็บกักอากาศเข้าไปในตัว กลาง เมื่อตัวกลางจุ่มลงในน้ำเสีย อากาศที่ถูกกักอยู่ในกระเปาะ จะหนีออกมาสู่น้ำเสีย เกิดการละลายและการกวนผสมด้วย ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะช่วยแก้ปัญหาอากาศ หรือออกซิเจนที่ฟิล์มชีวะติดจากบรรยากาศไม่เพียงพอ รวมทั้งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้ระบบบำบัดน้ำเสีย นอกจากนี้อาจออกแบบให้มีการเติมอากาศหรือออกซิเจนเพิ่มด้วยเครื่องเติมอากาศ อีกชุดหนึ่ง โดยการเติมอากาศที่กั้นถัง

2.5.10.3 อุณหภูมิ

ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียชีวภาพจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แต่เมื่ออุณหภูมิสูงเกินกว่า ที่จุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียจะเจริญเติบโตได้จะส่งผลให้ประสิทธิภาพลดลงได้ การควบคุม อุณหภูมิของน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย จึงมีความจำเป็นอย่างมากเพื่อป้องกันไม่ให้อุณหภูมิตั้งปฏิบัติการเปลี่ยนแปลงมากนัก ตัวอย่างที่พบเห็นบ่อยที่สุดเกี่ยวกับปัญหาการควบคุมอุณหภูมิของน้ำเสียในระบบบำบัดคือ คือน้ำเสียห้องเย็นในด้านการอาหาร พบว่าอุณหภูมิที่มาจากส่วนละลายน้ำแข็งออกจากวัตถุดิบ (อาหารทะเลแช่แข็ง) น้ำเสียส่วนนี้มีอุณหภูมิต่ำมาก คืออาจต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส ซึ่งหากป้อนน้ำเสียดังกล่าวเข้าสู่ถังปฏิบัติการของระบบบำบัดน้ำเสียโดยตรงจะส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียลดลง และถ้าน้ำเสียอุณหภูมิสูงเกินไปก็จะทำให้ประสิทธิภาพของระบบลดลงเช่นกัน กล่าวคือหากอุณหภูมิของน้ำเสียสูงมากจนจุลินทรีย์หรือฟิล์มชีวะในถังปฏิบัติการทนไม่ได้ก็จะตายและส่งผลให้ประสิทธิภาพของการบำบัดลดลง

2.5.10.4 อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ของระบบบำบัดน้ำเสีย

ในที่นี้หมายถึงอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์และปริมาณน้ำเสีย โดยทั้งภาระบรรทุกสารอินทรีย์และปริมาณน้ำเสียจะส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย โดยเมื่อเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์หรือปริมาณน้ำเสียขึ้น ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียจะลดลง สำหรับน้ำเสียชุมชน ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เหมาะสมควรจะอยู่ที่ 3.4 กิโลกรัมบีโอดี/ลูกบาศก์ลิตร-วัน

2.5.10.5 จำนวนชุดถังปฏิบัติการของระบบบำบัดน้ำเสียแบบงานหมุนชีวภาพ

โดยทั่วไประบบบำบัดน้ำเสียแบบงานหมุนชีวภาพมักถูกออกแบบให้มีถังปฏิบัติการหลายชุด ต่ออนุกรมกัน เช่น มีถังปฏิบัติการต่อกัน

2.5.10.6 อัตราการสร้างฟิล์มชีวะ

การสร้างฟิล์มชีวะบนผิวตัวกลางจานหมุนชีวภาพจะแปรผัน โดยตรงกับปริมาณความสกปรกในรูป บีโอดี ที่ป้อนให้กับระบบบำบัดน้ำเสียหรือถึงปฏิกิริยา กล่าวคือเมื่อเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์ ให้กับระบบบำบัดน้ำเสียหรือถึงปฏิกิริยาบนจานหมุนชีวภาพสูง ฟิล์มชีวะก็จะ มีมากและมีความหนา ขึ้นด้วย

2.6 ฟิล์มชีวะ (Biofilm) [7]

ฟิล์มชีวะ (Biofilm) หมายถึงกลุ่มจุลินทรีย์อันหลากหลายที่ติดอยู่ในชั้นเมือกและสารอินทรีย์ที่เกาะติด อยู่ที่พื้นผิวของเครื่องสูบน้ำ ท่อ พ่น และอื่นๆ ฟิล์มชีวะ อาจจะส่งผลต่อการไหลและคุณภาพของน้ำ ทั้งภายในท่อระบายน้ำ โดยฟิล์มชีวะจะเกาะอยู่ในผนังท่อทำให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใช้งานของ ท่อลดลง และทำให้แรงเสียดทานภายในท่อเพิ่มขึ้น ทั้งสองปัจจัยดังกล่าวจะไปเพิ่มแรงเสียดทานของ ระบบ ส่งผลให้ระบบกินไฟมากขึ้นและทำให้อัตราการไหลลดลงฟิล์มชีวะ เริ่มก่อตัวขึ้นเมื่อจุลินทรีย์ ที่ลอยอย่างอิสระ ไปเกาะที่พื้นผิว จุลินทรีย์ดังกล่าวสามารถเกาะอยู่ที่พื้นผิวได้อย่างถาวรมากขึ้นหาก ไม่ได้ถูกกำจัดออกจากพื้นผิวในทันทีที่เริ่มเกาะ จุลินทรีย์ที่เริ่มเกาะในตอนแรกจะช่วยทำให้เซลล์ สิ่งมีชีวิตอื่นมาเกาะเพิ่มมากขึ้นและจะเริ่มสร้างโครงข่ายที่จะยึดโยงฟิล์มชีวะเข้าด้วยกัน ทั้งนี้เมื่อเริ่ม มีการเกาะนั้นฟิล์มชีวะ จะขยายตัวจากการแบ่งตัวของเซลล์และการเกาะเพิ่มของเซลล์อื่นๆ กลุ่มจุลินทรีย์ จะสร้างสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเติบโตซึ่งการย่อยสลายของสารอินทรีย์และ อาหารจะเป็นแหล่งพลังงานและเป็นที่อยู่ให้กับจุลินทรีย์ในการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ หาก สภาวะไม่มีอากาศเกิดขึ้นในฟิล์มชีวะ จะทำให้จุลินทรีย์บางชนิดผลิตก๊าซที่มีกลิ่นเหม็น เช่น ก๊าซ มีเทนและก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์อันเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการหายใจในสภาวะที่ไม่มีอากาศ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้เกิดกลิ่นเหม็นและปัญหาสุขภาพอันเกี่ยวเนื่องมาจากระบบระบายน้ำทิ้งและโรง บำบัดน้ำเสียได้

2.7 ผลกระทบของการปล่อยน้ำเสียปนเปื้อนด้วยน้ำมันถูกปล่อยลงสู่สิ่งแวดล้อม

การปล่อยน้ำเสียที่มีน้ำมันลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ทั้งน้ำเสียจากแหล่งชุมชนและโรงงาน ทำให้เกิด ปัญหาต่อสาธารณะทั้งสาเหตุด้านพิษวิทยาและปัญหาทั่วไปอื่นๆ เช่น กลิ่นที่น้ำรังเกียจและทัศนียภาพ ที่ไม่พึงประสงค์มลพิษน้ำมันยังขัดขวางประสิทธิภาพของกระบวนการทำให้น้ำบริสุทธิ์ นำไปสู่ ผลกระทบที่รุนแรงมากกับสภาพแวดล้อม แหล่งสำคัญของน้ำมันที่ปนเปื้อนในน้ำ เกิดจาก

อุตสาหกรรมปิโตรเลียม โลหะ การแปรรูปอาหาร สิ่งทอ การระบายความร้อน [2] โดยเฉพาะ อุตสาหกรรมอาหารและห้องครัวของร้านอาหารจะสร้างน้ำเสียที่มีปริมาณไขมันสูง ซึ่งเป็นปัญหาต่อการบำบัดและการปล่อยลงสู่สิ่งแวดล้อม โดยส่วนใหญ่ไขมันและไขมันในน้ำเสียจะรวมตัวกัน เป็นก้อนและปิดกั้นท่อระบายน้ำและถังดักไขมัน ซึ่งเป็นผลกระทบต่อจัดการน้ำเสียอย่างมาก ดังนั้นการบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อลดผลกระทบของการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ [4] ไขมันและไขมันที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสีย หากถูกระบายลงสู่ธรรมชาติโดยไม่ผ่านการบำบัดจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ เนื่องจากชั้นไขมันจะลอยปิดผิวหน้าของระดับพื้นผิวน้ำ ทำให้ออกซิเจนจากอากาศ ไม่สามารถละลายถ่ายเทลงสู่ชั้นผิวน้ำด้านล่างได้ ยังผลให้ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำมีระดับลดลง ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ทั้งพืช สัตว์น้ำ สิ่งมีชีวิตอื่นๆ ส่งผลให้แหล่งน้ำและบริเวณโดยรอบเกิดความเสื่อมโทรมลง และก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยรอบขยายเป็นบริเวณกว้างขึ้น นอกจากนี้ไขมันและไขมันที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย ยังไปขัดขวางการทำงานของเครื่องมือ เครื่องจักร และ โครงสร้างของระบบบำบัดน้ำเสีย ทำให้เกิดการอุดตันและขัดขวางการทำงานของระบบ ซึ่งเป็นสาเหตุให้ระบบบำบัดน้ำเสีย มีประสิทธิภาพต่ำกว่าที่ได้รับการออกแบบและประเมินไว้

2.8 การบำบัดทางชีวภาพ [18]

ผลกระทบจากการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่ขาดการจัดการที่เหมาะสม การใช้สารเคมี ในกระบวนการผลิต ในภาคอุตสาหกรรม และการเกษตรที่ขาดความระมัดระวัง ย่อมก่อให้เกิดการทำลายทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม ทำให้สภาพแวดล้อมเสื่อมโทรม มีการปนเปื้อนของสารเคมีในดิน น้ำ และอากาศ เมื่อมีสารเคมีสะสมย่อมส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต รวมทั้งสุขภาพของมนุษย์ เทคโนโลยีดั้งเดิมที่ใช้ในการบำบัดสารพิษหรือฟื้นฟูพื้นที่ที่ปนเปื้อน มักทำโดยการขุดเอาดินที่มีการปนเปื้อนออกจากพื้นที่นั้น แล้วนำไปเผาหรือฝังกลบในพื้นที่อื่น หรืออาจทำโดยใช้วิธีการทางเคมีโดยการใส่สารเพื่อตรึงหรือจับสารให้อยู่กับที่ ลดการแพร่กระจายไปที่อื่น ซึ่งวิธีการทางด้านกายภาพและเคมีดังกล่าว มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของสารระหว่างการขนย้ายเพื่อไปบำบัดต่อ หรือสารเคมีที่ใช้ในการบำบัด อาจตกค้างในสิ่งแวดล้อมได้ เทคโนโลยีการฟื้นฟูทางชีวภาพเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นเทคโนโลยี ที่ใช้กระบวนการย่อยสลายทางธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต ได้แก่ จุลินทรีย์ พืช หรือวัสดุชีวภาพในการบำบัดสารปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม และด้วยความที่เป็นเทคโนโลยีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ใช้งบประมาณในการดำเนินการน้อย ทำให้เป็นที่ยอมรับของสาธารณชน ในกรณีที่จะประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดังกล่าวในพื้นที่จริง เทคโนโลยีการฟื้นฟูทางชีวภาพแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่

Ex situ Technology เป็นเทคโนโลยีการฟื้นฟูโดยการเคลื่อนย้ายตัวกลางที่ปนเปื้อนไปบำบัดหรือกำจัดต่อในสถานที่อื่น และ In situ Technology เป็นเทคโนโลยีการฟื้นฟูโดยการบำบัดสารเคมีที่ปนเปื้อนในพื้นที่โดยไม่มีการเคลื่อนย้ายตัวกลางไปที่อื่น นอกจากนี้เทคโนโลยีการฟื้นฟูทางชีวภาพสามารถแบ่งออกได้ตามลักษณะของเทคโนโลยีที่ใช้ดังนี้

2.8.1 Bioaugmentation [13]

เป็นเทคโนโลยีการฟื้นฟูที่มีการเติมจุลินทรีย์ลงไปในตัวกลางที่มีการปนเปื้อนสารเคมี เช่น ดิน น้ำ หรือดินตะกอน จุลินทรีย์ที่เติมลงไปอาจเป็นจุลินทรีย์สายพันธุ์ที่มีใน พื้นดินนั้น (Indigenous) หรืออาจเป็นจุลินทรีย์สายพันธุ์ต่างถิ่น (Exogenous) ก็ได้ โดยจุลินทรีย์ที่เติมลงไปนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการย่อยสลายสารปนเปื้อนในพื้นที่นั้น นั่นคือ แม้ว่าจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายไฮโดรคาร์บอนจะพบได้ทั่วไปในธรรมชาติ แต่กระบวนการ Bioaugmentation ถือเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการฟื้นฟูจากการปนเปื้อนด้วยมลพิษของน้ำมันตั้งแต่ปีช่วงปี ค.ศ. 1970 เหตุผลสำหรับการเติมจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายน้ำมันลงไปเนื่องจากคือการที่จุลินทรีย์ที่มีอยู่เดิมตามธรรมชาติอาจไม่สามารถย่อยสลายสารประกอบเชิงซ้อนที่มีมากมายหลายชนิดที่ปล่อยลงสู่สิ่งแวดล้อมได้ ดังนั้นกระบวนการ Bioaugmentation จึงเป็นวิธีที่น่าสนใจเมื่อระดับการย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติต่ำ

2.8.2 Bioventing [13]

เป็นเทคโนโลยีที่ดำเนินการในพื้นที่ (In situ) โดยการเติมอากาศและ/หรือสารอาหารลงไปในระบบ ซึ่งการเติมอากาศของ Bioventing จะเป็นการเติมในอัตราที่ช้าไม่มีการเพิ่มแรงดัน เพื่อเป็นการกระตุ้นการเจริญเติบโตและกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในพื้นที่ (Indigenous Microorganisms) และป้องกันการระเหย (Volatilization) ของสารปนเปื้อนที่ต้องการกำจัดออกสู่บรรยากาศ

2.8.3 Biosparging [13]

เป็นการเติมอากาศเข้าสู่ระบบภายใต้สภาวะที่มีแรงดันเพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนในชั้นน้ำใต้ดิน (Saturated Zone) ซึ่งจะส่งผลให้อัตราการย่อยสลายทางชีวภาพเพิ่มขึ้น

2.8.4 Landfarming [13]

ดินที่ปนเปื้อนที่ถูกขุดขึ้นมาจะถูกนำมาแผ่ลงบนพื้นที่ที่เตรียมไว้และมีการกลับกองดินเป็นระยะๆ เพื่อเพิ่มออกซิเจนให้กับระบบ ส่งผลให้อัตราการย่อยสลายเพิ่มขึ้น

2.8.5 Composting [13]

เป็นเทคโนโลยีที่ใช้บำบัดสารปนเปื้อนในดิน โดยนำดินที่ปนเปื้อนผสมกับอินทรีย์วัตถุในอัตราส่วนที่เหมาะสม เช่น มูลสัตว์ ของเหลือทิ้งจากกระบวนการทางการเกษตร เป็นต้น วัตถุดิบที่เติมลงไปจะช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของประชากรจุลินทรีย์ ทำให้อุณหภูมิของระบบสูงขึ้น ซึ่งจะเป็นปัจจัยกระตุ้นให้อัตราการย่อยสลายเพิ่มขึ้นด้วย

2.8.6 Bioreactor [13]

เป็นถังปฏิกรณ์ที่ใช้สำหรับบำบัดดิน น้ำ ดินตะกอน และ กากตะกอนจากกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมหรือจากระบบบำบัดต่างๆ ตัวกลางที่ปนเปื้อนจะถูกนำมาใส่ในถังปฏิกรณ์ ซึ่งอาจมีการเติมออกซิเจน สารอาหารต่างๆ จุลินทรีย์ หรืออาจมีการปรับสภาวะต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง ให้เหมาะสมเพื่อให้กระบวนการย่อยสลายในถังปฏิกรณ์เกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ

2.8.7 Biostimulation [13]

เกี่ยวข้องกับการเพิ่มสารอาหารเพื่อเร่งกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพ ในระบบนิเวศชายฝั่งส่วนใหญ่ที่ได้รับการปนเปื้อนของมลพิษอย่างหนักเช่น ปนเปื้อนกำมะถัน ไฮโดรคาร์บอน สารอาหารที่มีแนวโน้มที่จะเป็นปัจจัยจำกัดในการย่อยสลายน้ำมัน คือ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส

2.8.8 Biological degradation [13]

การย่อยสลายทางชีวภาพ เป็นกระบวนการทางสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ สามารถเกิดขึ้นเองได้ในสภาพธรรมชาติ โดยการเปลี่ยนของเสียที่เป็นสารอินทรีย์ให้กลับมาเป็นชีวมวลและผลพลอยได้ที่ไม่มีอันตรายของพวกสิ่งมีชีวิตในดิน โดยเฉพาะจุลินทรีย์ ในรูปของ คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และกรดอินทรีย์ ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการย่อยสลายทางชีวภาพ ได้แก่

- 1) สมบัติและความเข้มข้นของมลสารอินทรีย์
- 2) ชนิดของจุลชีพในดิน
- 3) ลักษณะและสมบัติของของเสีย (Waste Characteristic) ได้แก่ ค่าครึ่งชีวิตและอัตราการคงตัวของมลสาร
- 4) สมบัติของดิน เช่น เนื้อดิน โครงสร้างของดิน
- 5) สมบัติของดินในกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดิน ได้แก่ ความเป็นกรดต่าง อุณหภูมิ ความชื้นของดิน ออกซิเจนที่มีอยู่ในดิน อินทรีย์วัตถุ และปริมาณธาตุอาหารในดิน
- 6) ความสามารถในการอุ้มน้ำ ระดับโครงสร้างของดิน และความเป็นไปได้ในการชะล้างพังทลายดิน

เทคโนโลยีการฟื้นฟูดังกล่าวข้างต้น เป็นเทคโนโลยีที่ใช้กระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ ซึ่งอาจเกิดขึ้นในสถานะที่มีออกซิเจน หรือไม่มีออกซิเจนก็ได้ ดังนั้น ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโต หรือมีผลต่อเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์ ย่อมส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการฟื้นฟูนั้นด้วย ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการฟื้นฟูทางชีวภาพได้แก่

2.8.8.1 จุลินทรีย์

สมบัติของจุลินทรีย์ เช่น อัตราการเจริญเติบโต การกลายพันธุ์ การผลิตเอนไซม์ที่ใช้ในกระบวนการย่อยสลาย ปริมาณจุลินทรีย์ในพื้นที่ จะส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของการย่อยสลาย

2.8.8.2 สภาพแวดล้อม

สภาพแวดล้อม ได้แก่ สารอาหาร อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง ความเข้มของแสง ปริมาณออกซิเจนที่มีผล ต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ย่อมส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของกระบวนการย่อยสลายด้วย

2.8.8.3 ลักษณะของสารที่ปนเปื้อน

ลักษณะของสารที่ปนเปื้อน ได้แก่ ประเภท ปริมาณหรือระดับความเข้มข้นของสาร สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสารนั้น ซึ่งสารใดที่ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ได้ดี จุลินทรีย์สามารถนำสารนั้นเข้าสู่เซลล์ และ เกิดกระบวนการย่อยสลายได้ง่าย ถึงแม้ว่าเทคโนโลยีการฟื้นฟูทางชีวภาพจะส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อม แต่ก็มีข้อจำกัดหลายประการ ซึ่งสามารถสรุปเปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัด ของเทคโนโลยีการฟื้นฟูทางชีวภาพได้

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบข้อดี-ข้อจำกัดของเทคโนโลยีการฟื้นฟูทางชีวภาพ [18]

ข้อดี	ข้อจำกัด
<ul style="list-style-type: none"> - เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ - สามารถประยุกต์ใช้ได้กับทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ - กระบวนการย่อยสลายสามารถเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ ไม่เกิดผลกระทบตกค้างในสิ่งแวดล้อม - สามารถทำการฟื้นฟูในพื้นที่จริงได้ - ใช้ค่าใช้จ่ายน้อย - เป็นที่ยอมรับของสาธารณชน 	<ul style="list-style-type: none"> - กระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพไม่สามารถเกิดขึ้นได้ กับสารทุกชนิด - สารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการย่อยสลาย อาจเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ได้ - ต้องการสภาวะที่เหมาะสมต่อการเกิดกระบวนการย่อยสลาย ซึ่งเป็นลักษณะที่ค่อนข้างมีความจำเพาะเจาะจงสูง - ใช้เวลานาน

2.9 ลิพิด (Lipid) [19]

ลิพิดเป็น สารชีวโมเลกุลที่มีความหลากหลาย มีโครงสร้างทางเคมีแตกต่างกันมากมาย แต่ถูกจัดกลุ่มเข้าด้วยกันเนื่องจากเป็นสารพวกที่ละลายน้ำไม่ดี แต่มีสมบัติในการละลายในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว (Nonpolar Solvent) เช่น คลอโรฟอร์ม หรืออีเทอร์ ดังนั้น โครงสร้างหลักของสารพวกลิพิดจึงประกอบด้วย Nonpolar Hydrocarbon เป็นส่วนใหญ่ ลิพิดบางชนิด มีความเป็นกรด-ด่าง โดยมีบริเวณที่มีขั้ว (Polar) และไม่มีขั้ว (Nonpolar) เช่น ลิพิดใน ส่วนประกอบของเมมเบรน

2.10 กรดไขมัน [20]

สสารทุกอย่างที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติ นั้นสามารถเกิดการย่อยสลายทางชีวภาพได้ สารอินทรีย์สามารถพบในของเสียจากบ้านเรือนหรืออุตสาหกรรม อาจจะเป็นสารโมเลกุล โครงสร้างง่าย ๆ จนถึงโมเลกุลที่ซับซ้อนขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมี ซึ่งส่วนใหญ่มักเป็นสารจำพวกไขมัน คาร์โบไฮเดรตและโปรตีน ไขมันและน้ำมัน เมื่อย่อยสลายแล้วประกอบด้วยกรดไขมัน 3 โมเลกุล และกลีเซอรอล 1 โมเลกุล และแอลกอฮอล์ กรดไขมันเป็นโซ่ไฮโดรคาร์บอนและความยาวแตกต่างกันไป คาร์โบไฮเดรตคือน้ำตาลและอนุพันธ์ โดยคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลอย่างง่ายที่สุดคือ Monosaccharide ได้แก่ กลูโคส ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานของสิ่งมีชีวิต โมเลกุลน้ำตาลทั่วไปจะเชื่อมต่อกันหลายๆ โมเลกุลเกิดเป็นสารคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน (Polysaccharide) ได้แก่ เซลลูโลส ซึ่งเป็น

องค์ประกอบของเซลล์พืช ส่วนองค์ประกอบของโปรตีนคือกรดอะมิโน ซึ่งอาจเป็นกรดอะมิโนตัวเดียวหรือหลายๆ โมเลกุลเชื่อมต่อกันเป็นพันธะ Peptide

ยิ่งโมเลกุลของสารเหล่านี้มีขนาดใหญ่และซับซ้อนมากขึ้น แบคทีเรียยอมใช้เวลานานในการย่อยสลาย ในขณะที่โมเลกุลขนาดเล็กกว่าเช่นกรดไขมัน โมเลกุลเล็ก น้ำตาล โมเลกุลเดี่ยว และกรดอะมิโน จะใช้เวลาในการย่อยสลายน้อยกว่าอาจเป็นชั่วโมงหรือนาที ซึ่งของเสียเหล่านี้เมื่อเข้าสู่ระบบบำบัดแล้วอาจมีเซลล์จุลินทรีย์ที่มีชีวิตหรือตายแล้วโปรโตซัว Metazoan หรือเซลล์ที่ตายแล้วของมนุษย์ที่หลุดลอกตอนชำระล้างร่างกาย สารอินทรีย์บางอย่างอาจถูกสร้างขึ้นด้วยมนุษย์ (Anthropogenic) ซึ่งสามารถถูกย่อยสลายได้เช่นกัน

สารอินทรีย์ส่วนใหญ่ประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน และอาจมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ ซัลเฟอร์ สิ่งที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์เหล่านี้ อาจเป็น คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ แอมโมเนีย ฟอสเฟต ซัลเฟต ซัลไฟด์ หรือมีเทน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบเริ่มต้นของของเสียเหล่านั้น และวิธีการบำบัดซึ่งอาจเป็นกระบวนการใช้ออกซิเจน (Aerobe) หรือ ไร้ออกซิเจน (Anaerobe) ระหว่างกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพ มากกว่าครึ่งหนึ่งของสารอินทรีย์นั้นจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานสำหรับจุลินทรีย์ จุลินทรีย์หรือผู้ย่อยสลายนั้นจะใช้พลังงานนั้นสร้างชีวมวลเพิ่มขึ้น กระบวนการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจน เช่นระบบเลี้ยงตะกอนเร่งจะใช้แบคทีเรียหรือจุลินทรีย์อื่นๆ ซึ่งออกซิเจนจะถูกใช้ในกระบวนการหายใจของจุลินทรีย์ ซึ่งจุลินทรีย์จะรวมออกซิเจนและไฮโดรเจนเข้าด้วยกันและปลดปล่อยเป็นน้ำออกจากเซลล์

อนุพันธ์ของไขมันในธรรมชาติจะสามารถถูกย่อยสลายได้ ไขมันไม่ใช่เพียงเป็นแหล่งพลังงานต่อจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนเท่านั้น แต่ยังมีวิตามิน D, E และ K ที่สามารถละลายในไขมันได้อีกด้วย ไขมันบางอย่างมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบ (คาร์บอนอะตอมบางตัวในโมเลกุลที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะคู่) ซึ่งจำเป็นต่อสิ่งมีชีวิต ไขมันรวมทั้งสารที่มีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับ ไขมัน ได้แก่ Lecithin (องค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์) และ กลอเลสเทอร์รอล ไขมันนั้นไม่ละลายน้ำหรืออาจจะละลายได้เล็กน้อยในน้ำ แต่สามารถละลายได้อย่างสมบูรณ์ในสารผสมของอีเทอร์ -แอลกอฮอล์ ซึ่งคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนเกือบจะไม่ละลายเลยในตัวทำละลายประเภทนี้

2.11 น้ำมันปาล์ม

2.11.1 ความเป็นมาของน้ำมันปาล์มในประเทศไทย [1]

นับเวลาเกือบ 40 ปีแล้วที่คนไทยได้ทำความรู้จักกับปาล์มน้ำมัน โดยครั้งแรกที่นำมาปลูกเป็นการค้าเชิงธุรกิจอย่างจริงจังเริ่มปลูกที่จังหวัดกระบี่ ในปี พ.ศ. 2511 โดยที่ในการปลูกครั้งนั้นมีการลงทุนทำโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มด้วย ความคิดริเริ่มของการนำปาล์มน้ำมันที่เป็นพืชชนิดใหม่ที่คนไทยรู้จักน้อยมาปลูก ก็อาจเกิดได้จากการที่ได้เห็นว่าในประเทศมาเลเซียขณะนั้นมีการเพาะปลูกปาล์มน้ำมันอย่างกว้างขวางในพื้นที่เดียวกับยางพารา และอาจเกิดจากการที่ผู้ลงทุนปลูกในไทยคิดว่าปาล์มน้ำมันน่าจะเป็นพืชทางเลือกที่สามารถลดความเสี่ยงจากตลาดยางพาราในอนาคตได้ อีกทั้งในขณะนั้นได้เห็นตัวอย่างความสำเร็จของการลงทุนเพาะปลูกปาล์มน้ำมันและทำโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มในประเทศมาเลเซีย ซึ่งก็มีสภาพแวดล้อมทางดินฟ้าอากาศไม่แตกต่างจากภาคใต้ของประเทศไทยเลย

ปาล์มน้ำมัน เป็นพืชน้ำมันยืนต้นขนาดใหญ่ ที่ผลผลิตสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวางในชีวิตประจำวันของมนุษย์ ทั้งด้านการอุปโภคและบริโภค โดยเฉพาะในประเทศไทยได้นำน้ำมันปาล์มเพื่อกิจการต่างๆ คือ การนำมาทำน้ำมันพืช การใช้ทำสบู่ การใช้ในอุตสาหกรรมขนมและอาหารขบเคี้ยว อุตสาหกรรมบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป การใช้ทำครีมเทียม การใช้ทำนมข้นหวานและนมข้นจืด การใช้ทำเนยขาวและเนยเทียม และการใช้ในอุตสาหกรรมอุปโภคอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมพลาสติก เครื่องสำอาง น้ำมันหล่อลื่น และยางรถยนต์ เป็นต้น ปริมาณการใช้น้ำมันปาล์มของประเทศในแต่ละปีสูงมาก น้ำมันที่ได้จากผลปาล์มน้ำมัน นอกจากจะมีคุณภาพดีแล้ว ยังถือได้ว่าปาล์มเป็นพืชชนิดเดียวในโลกที่สามารถให้น้ำมันต่อไร่สูงสุดเมื่อเทียบกับพืชชนิดอื่น ปาล์มน้ำมัน เป็นพืชน้ำมันยืนต้นขนาดใหญ่โดยทั่วไปแล้ว จากทางลักษณะทางชีววิทยา ปาล์มน้ำมันอาจมีอายุยาวนานกว่า 200 ปี แต่ในการเพาะปลูกเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ได้ผลตอบแทนคุ้มค่า ปาล์มน้ำมันจะมีอายุการเพาะปลูกในสวนประมาณ 20-25 ปี โดยปาล์มน้ำมันจะเริ่มให้ผลผลิตหลังปลูกแปลง 32-38 เดือนขึ้นไป ผลผลิตหลักที่ได้จากปาล์มน้ำมันคือ น้ำมัน ซึ่งจัดเป็นพืชที่ให้น้ำมันต่อไร่สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพืชน้ำมันอื่นๆ น้ำมันที่ได้จากผลปาล์มน้ำมันก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวางในชีวิตประจำวันของมนุษย์ทั้งการบริโภคและอุปโภคกว่า 2,300 ชนิด น้ำมันที่ได้จากผลปาล์มน้ำมันจัดเป็นน้ำมันที่มีสมบัติทางเคมีที่ดีที่สุดประเภทหนึ่งปาล์มน้ำมันจึงเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศทั่วโลกในแต่ละปี ที่มีปริมาณการใช้น้ำมันปาล์มมากมาย

2.11.2 สมบัติทางกายภาพของน้ำมันปาล์ม [5]

น้ำมันปาล์มมีลักษณะกึ่งของแข็งที่อุณหภูมิห้อง 28 องศาเซลเซียส และมีจุดหลอมเหลวอยู่ในช่วง 32-40 องศาเซลเซียส โดยช่วงอุณหภูมิหลอมเหลวที่กว้างนี้เนื่องจากปริมาณกรดไขมันอิสระ และ Diacylglycerol โดยน้ำมันดิบจะมีจุดหลอมเหลวสูงกว่าน้ำมันที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์แล้ว

2.11.3 การนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านอาหารของน้ำมันปาล์ม [1,5]

น้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันพืชที่มีการค้าขายกันมากที่สุด โดยสถิติของ USDA-FAS ได้กล่าวว่า 2000/01 กว่าร้อยละ 80 ของน้ำมันปาล์มได้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร แต่ในช่วง 2006/07 ปริมาณบริโภคจะลดลงเหลือ ร้อยละ 75 เนื่องจากมีการนำน้ำมันปาล์มไปใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพมากขึ้น โดย Palm Olein ได้ถูกนำมาใช้ในครัวเรือนและอุตสาหกรรมต่างๆ มากมาย โดยนำมาใช้เป็นน้ำมันสำหรับทอดผลิตภัณฑ์ของทอดต่างๆ ได้แก่ ขนมขบเคี้ยว ลูกก๊ี้ โคนัท ของทอด และบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป เป็นต้น โดยกระบวนการทอดนี้เป็นกระบวนการให้ความร้อนและเกี่ยวข้องกับอากาศ ดังนั้นจึงมักมีการเสื่อมสภาพของน้ำมันได้ง่าย แต่เนื่องจากน้ำมันปาล์ม Olein และ Stearin มีความเสถียร จึงเป็นข้อได้เปรียบของน้ำมันปาล์ม ซึ่ง Palm Olein มี Induction Period สูงสุดคือ 44 ชั่วโมงที่ 100 องศาเซลเซียส โดยมีงานวิจัยระบุว่าถ้าเติม Olein ในน้ำมันพืชที่มีความเสถียรต่ำ จะช่วยเพิ่มความเสถียรของน้ำมันพืชนั้นได้ นอกจากนี้จะมีการใช้น้ำมันปาล์มในกระบวนการทอดแล้ว ยังมีการใช้น้ำมันปาล์มในการผลิตมาการีน และ เนย อีกด้วย เนื่องจากน้ำมันปาล์มมีสมบัติหรือลักษณะพิเศษในเรื่องของอาหารเพื่อสุขภาพและโภชนาการมากมาย ใช้ประโยชน์ในการทำอาหารและอุตสาหกรรมอาหารหลากหลาย เช่น น้ำมันปรุงอาหาร เนยเทียม เนยขาว นมข้น บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป เป็นน้ำมันที่ไม่มีคลอเรสเตอรอลเหมือนน้ำมันพืชอื่น มีโภชนาการสารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายมากมาย ถูกดูดซึมได้ง่าย ทำให้เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวและเชิงซ้อนมาก มีสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ดี มีวิตามินต่างๆ มากมาย มีสมบัติช่วยลดการแข็งตัวของเกล็ดเลือด มีรายงานว่าช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

การทดลองนี้เป็นการจำลองย่อส่วนระบบบำบัดแบบ Packed Cage RBC มาทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ โดยจะนำน้ำเสียจริงมาทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากนั้นเราจะทำน้ำเสียสังเคราะห์ขึ้นมาในอัตราส่วนค่าต่างๆ เท่ากับน้ำเสียจริงที่เรานำมาวิเคราะห์ เพื่อให้ได้น้ำเสียที่มีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ คงที่ ไม่กระทบต่อการดำเนินการทดลอง และใช้กลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน หลักของน้ำเสียสังเคราะห์ โดยจะป้อนน้ำเสียเข้าระบบที่ความเข้มข้น ที่ความเข้มข้นของไขมันต่างๆ กัน ได้แก่ 200 มิลลิกรัม/ลิตร 400 มิลลิกรัม/ลิตร และ 600 มิลลิกรัม/ลิตร โดยแปรผันระยะเวลาเก็บกักที่ 3 ช่วงเวลาได้แก่ 6, 9 และ 12 ชั่วโมง

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 ถังบรรจุน้ำเสียสังเคราะห์

เป็นถังพลาสติก 1 ถัง มีขนาดความจุ 100 ลิตร ใช้เป็นถังเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ก่อนสูบเข้าสู่ถังควบคุมความดัน

3.1.2 ถังควบคุมแรงดัน

เป็นถังพลาสติก ขนาดความจุ 50 ลิตร ใช้สำหรับเก็บน้ำที่สูบขึ้นมาจากถังพักน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ตัวถังจะมีทางออกน้ำไหลกลับเข้าสู่ถังพักน้ำเสียเพื่อรักษาระดับน้ำในถังให้คงที่ เป็นการควบคุมแรงดันน้ำ ทำให้อัตราการไหลของน้ำที่จะเข้าสู่ปฏิกริยา Packed Cage RBC คงที่

3.1.3 ถังปฏิกริยา

ตัวถังทำด้วยสแตนเลสรูปครึ่งกระบอก ความจุน้ำเสีย 43 ลิตร กว้าง 42 เซนติเมตร ยาว 90 เซนติเมตร สูง 46 เซนติเมตร และด้านในตัวถังมีกรง Packed Cage Drum ทรงกระบอกเป็น โครงสร้างเหล็กหุ้มด้วยตะแกรงพลาสติก กรง Packed Cage RBC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 31 เซนติเมตร ยาว 62 เซนติเมตร



รูปที่ 3.1 ลักษณะของถังปฏิกริยาในระบบ Packed Cage RBC

3.1.4 ตัวกลาง

ตารางที่ 3.1 ลักษณะตัวกลาง [9]

สมบัติ	
ความพรุน (Porosity) เปอร์เซ็นต์	90
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง มิลลิเมตร	68
ความสูง มิลลิเมตร	22
พื้นที่ผิวจำเพาะ (Specific Surface Area) ตารางเมตร/ลูกบาศก์เมตร	190
น้ำหนัก กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	120
จำนวนตัวกลางในปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร.ลูก	6,000
ความถ่วงจำเพาะ	0.95



รูปที่ 3.2 ลักษณะของตัวกลาง

3.1.5 ชุดมอเตอร์หมุนรอบ

ประกอบด้วย 3 ส่วน มอเตอร์รอบต่ำทำหน้าที่ขับเคลื่อน เฟืองที่ใช้ในการทดลอง 3 รอบ/นาที และ โข่งเพื่อจุดให้กรง Packed Cage RBC หมุนรอบตามมอเตอร์

3.1.6 เครื่องสูบน้ำ

ทำหน้าที่สูบน้ำจากถังบรรจุน้ำเสียสังเคราะห์เข้าสู่ถังควบคุมแรงดัน

3.2 การเตรียมอุปกรณ์และการจัดวางระบบ

3.2.1 จัดเตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง และจัดวางระบบบำบัด

ตรวจสอบสภาพถังปฏิกรณ์ ถังบรรจุน้ำเสีย เครื่องสูบน้ำ ชุดมอเตอร์หมุนรอบ และถังปฏิกรณ์ RBC และจัดอุปกรณ์ให้มีทิศทางการไหลของน้ำเสียจากถังพักน้ำเสียเข้าสู่ถังควบคุมแรงดัน ปรับอัตราการไหลของน้ำเสีย ที่วาล์วของถังควบคุมแรงดันเข้าสู่ถังปฏิกรณ์ Packed Cage RBC ก่อนที่เราจะทำการเดินระบบจริง เราจะต้องเตรียมความพร้อมของระบบเพื่อให้จุลินทรีย์สามารถเติบโตได้ปริมาณมากพอและสามารถยึดเกาะกับพื้นผิวของตัวกลาง ซึ่งปกติฟิล์มชีวะควรมีความหนา

ประมาณ 1-4 มิลลิเมตร ขั้นตอนการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์สำหรับระบบ Packed Cage RBC มีดังต่อไปนี้

- 1) นำเชื้อตะกอนจุลินทรีย์จากระบบเลี้ยงตะกอนเร่ง มาใส่ในถังปฏิกริยาของระบบเลี้ยงตะกอนเร่งมาใส่ถังปฏิกริยาของระบบ Packed Cage RBC โดยให้มีปริมาตรครึ่งหนึ่งในถังปฏิกริยาคือ 22.5 ลิตร และเติมน้ำประปาผสมจนได้ปริมาตร 43 ลิตร แล้วจึงเริ่มเดินระบบ Packed Cage RBC ด้วยความเร็วรอบ 3 รอบ/นาที
- 2) จ่ายน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นบีโอดี 800 มิลลิกรัม/ลิตร เข้าระบบ Packed Cage RBC อย่างต่อเนื่องด้วยอัตราการไหล 50 ลิตร/วัน
- 3) ค่อยๆ เติมน้ำเสียที่มีน้ำมันปาล์มปนเปื้อน โดยค่อยๆ เพิ่มความเข้มข้นของน้ำมันปาล์มเรื่อยๆ จนได้ค่าความเข้มข้นของน้ำมันที่ต้องการ
- 4) จากนั้นฟิล์มชีวะจะมีความหนาประมาณ 1-4 มิลลิเมตร เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 10 วัน จะเริ่มทำการทดลองในแต่ละชุดการทดลอง และจะล้างฟิล์มชีวะออกจากผิวตัวกลางเมื่อจบแต่ละชุดการทดลอง

3.2.2 น้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองนี้ได้เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ที่เลียนแบบองค์ประกอบจากน้ำเสียซึ่งมีพารามิเตอร์ต่างๆ โดยใช้น้ำตาลกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนและควบคุมปริมาณบีโอดีที่ไม่รวมน้ำมันเท่ากับ 800 มิลลิกรัม /ลิตร และสารอื่นๆ ได้แก่ยูเรีย (Urea), เฟอริกคลอไรด์ (FeCl_2), แมกนีเซียมซัลเฟต ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), โพแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4), และโซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) ดังองค์ประกอบในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าน้ำเสียที่วิเคราะห์ได้จากน้ำเสียโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีซึ่งจะนำมาใช้เป็นค่าอ้างอิงในการสังเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ย
บีโอดี (มิลลิกรัม/ลิตร)	796±32.4
ซีโอดี (มิลลิกรัม/ลิตร)	1,275±53.1
ทีเคเอ็น (มิลลิกรัมไนโตรเจน/ลิตร)	40.64±8.72
ไขมันและน้ำมัน (มิลลิกรัม/ลิตร)	195±38.23
ความเป็นกรด-ด่าง	6.7±0.6
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ	0.7±0.12
ของแข็งแขวนลอย	130±46.7

น้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลอง จะกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ มีค่าดังนี้ค่า บีโอดี ของน้ำเสียก่อนเติมน้ำมันปาล์มของทุกระบบมีค่าประมาณ 800 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อเติมน้ำมันปาล์มให้แต่ละระบบมีน้ำมันเข้มข้น 200, 400 และ 600 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าบีโอดี ของแต่ละระบบจะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,116.31, 1,427.06 และ 2,003.37 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ทีเคเอ็น 40 มิลลิกรัม/ลิตร โดยเติมกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน ยูเรียเป็นแหล่งไนโตรเจน และธาตุอาหารอื่นๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

ตารางที่ 3.3 ส่วนประกอบของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลอง [5]

สารที่ใช้	Oil & Grease 200 (มิลลิกรัม/ลิตร)	Oil & Grease 400 (มิลลิกรัม/ลิตร)	Oil & Grease 600 (มิลลิกรัม/ลิตร)
Glucose	771	771	771
Urea	52.5	52.5	52.5
Oil	200	400	600
FeCl ₂	1.75	1.75	1.75
NaHCO ₃	32	32	32
KH ₂ PO ₄	27.5	27.5	27.5
MgSO ₄ ·7H ₂ O	21.25	21.25	21.25

3.3 ขั้นตอนการทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบของระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียและปริมาณไขมันที่มีต่อระบบ Packed Cage RBC

การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของระบบ Packed Cage RBC ในการบำบัดน้ำเสียที่มีน้ำมันปาล์มปนเปื้อน และศึกษาระยะเวลาเก็บกักที่เหมาะสมต่อการทำงานของระบบโดยให้น้ำเสียเข้ามีค่า บีโอดีไม่รวมน้ำมันประมาณ 800 มิลลิกรัม/ลิตร กำหนดระยะเวลาเก็บกักเป็น 6, 9 และ 12 ชั่วโมง โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลองต่อไปนี้

การทดลองชุดที่ 1 ให้น้ำเสียเข้ามีค่า บีโอดีไม่รวมน้ำมันประมาณ 800 มิลลิกรัม/ลิตร และเติมน้ำมันปาล์มที่ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้น้ำเสียเข้ามีค่า บีโอดีรวมโดยประมาณคือ 1,116.31 มิลลิกรัม/ลิตร โดยแปรผันระยะเวลาเก็บกักน้ำเป็น 6, 9 และ 12 ชั่วโมง

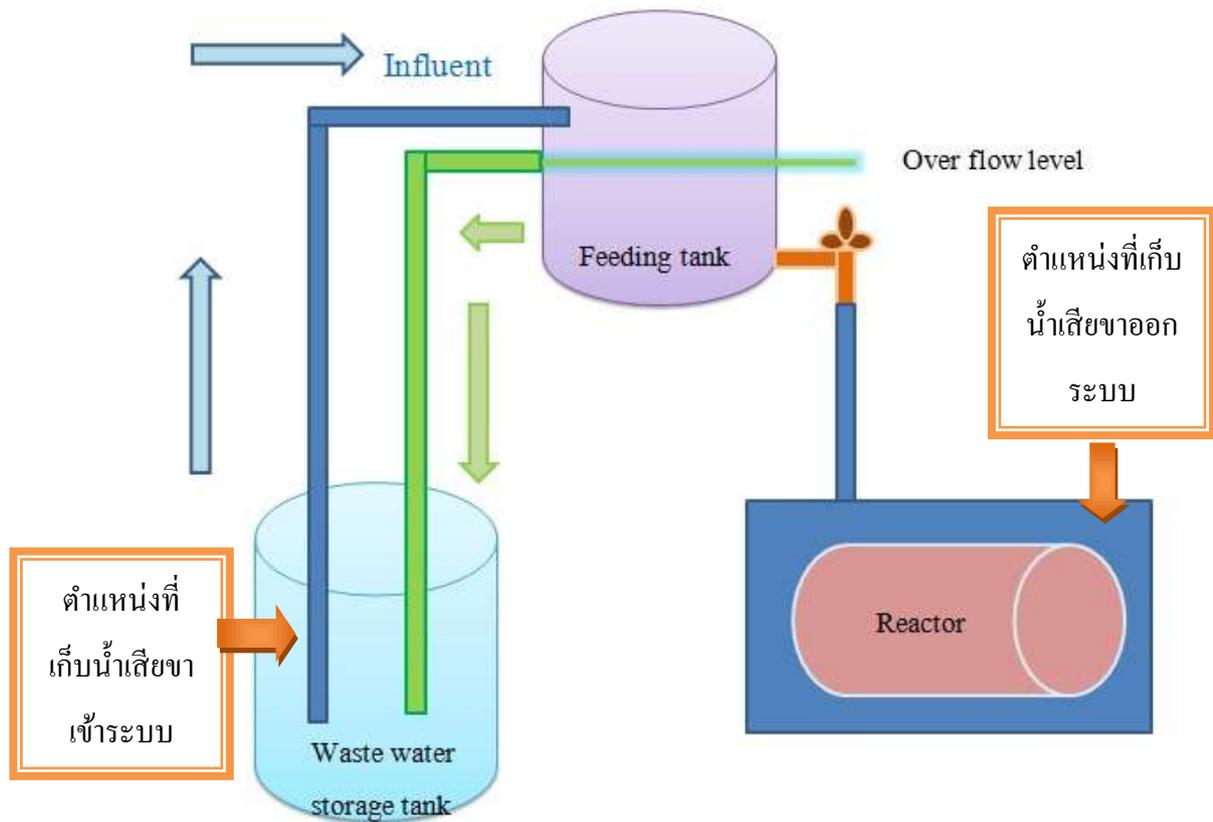
การทดลองชุดที่ 2 ให้น้ำเสียเข้ามีค่า บีโอดีไม่รวมน้ำมันประมาณ 800 มิลลิกรัม/ลิตร และเติมน้ำมันปาล์มที่ความเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้น้ำเสียเข้ามีค่า บีโอดีรวมโดยประมาณคือ 1,427.06 มิลลิกรัม/ลิตร โดยแปรผันระยะเวลาเก็บกักน้ำเป็น 6, 9 และ 12 ชั่วโมง

การทดลองชุดที่ 3 ให้น้ำเสียเข้ามีค่า บีโอดีไม่รวมน้ำมันประมาณ 800 มิลลิกรัม/ลิตร และเติมน้ำมันปาล์มที่ความเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้น้ำเสียเข้ามีค่า บีโอดีรวมโดยประมาณคือ 2,003.37 มิลลิกรัม/ลิตร โดยแปรผันระยะเวลาเก็บกักน้ำเป็น 6, 9 และ 12 ชั่วโมง

3.4 การเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์

ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ ดังรูปที่ 3.3 ได้แก่

- 1) น้ำเสียเข้าระบบ (Influent)
- 2) น้ำเสียผ่านการบำบัดออกจากระบบ (Effluent)



รูปที่ 3.3 ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างน้ำเสียเข้าและออกระบบ

3.5 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์

ในการทดลองนี้ได้วิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้คือ ค่าซีโอดี ค่าบีโอดี ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ค่าของแข็งแขวนลอย ค่าออกซิเจนละลายน้ำ ความเป็นกรด -ด่าง ค่าทีเคเอ็น ไนไตรท์ ไนเตรท แอมโมเนีย โดยวิธีการวิเคราะห์และความถี่ในการเก็บตัวอย่างดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์	วิธีการวิเคราะห์	วันที่เก็บตัวอย่าง
COD	Dichromate Close Reflux Method	ทุกวัน
BOD ₅	Azide Modification of Iodometric Method	วันเว้นวัน
SS	Filtration (GF/C drying at 103°C)	วันเว้นวัน
DO	DO meter	วันเว้นวัน
pH	pH meter	วันเว้นวัน
TKN	Total Kjeldahl Method	ทุกสามวัน
NH ₃	Nesslerization Method	ทุกสามวัน
NO ₂ ⁻	Ion Chromatography	ทุกสามวัน
NO ₃ ⁻	Ion Chromatography	ทุกสามวัน
Grease & Oil	Partition Gravimetric Method	ทุกสามวัน

ตารางที่ 3.5 ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ ภาวะบรรทุกไขมัน ระยะเวลาเก็บกักและอัตราการไหลที่วิเคราะห์

พารามิเตอร์	การทดลองชุดที่ 1			การทดลองชุดที่ 2			การทดลองชุดที่ 3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1. ค่า BOD (มก./ล.)	1,116	1,116	1,116	1,427	1,427	1,427	2,003	2,003	2,003
2. ปริมาณไขมัน (มก./ล.)	200	200	200	400	400	400	600	600	600
3. ระยะเวลาเก็บกัก (ชม.)	6	9	12	6	9	12	6	9	12
4. อัตราการไหล (ลิตร/วัน)	172	114	86	172	114	86	172	114	86
5. ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ (กรัมบีโอดี/วัน)	191.95	127.22	95.98	245.44	162.68	122.72	344.52	228.34	172.26
6. ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ (กรัมบีโอดี/ลิตร-วัน)	4.46	2.96	2.23	5.71	3.78	2.85	8.01	5.31	4.01
7. ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ (กรัมบีโอดี/ตร.ม-วัน)	15.12	10.03	7.56	19.36	12.81	9.66	27.15	18.00	13.59
8. ภาวะบรรทุกไขมัน (กรัมไขมัน/วัน)	34.40	22.8	17.20	68.80	45.60	34.40	103.20	68.40	51.60
9. ภาวะบรรทุกไขมัน (กรัมไขมัน/ลิตร-วัน)	0.8	0.53	0.4	1.6	1.06	0.8	2.4	1.59	1.2
10. ภาวะบรรทุกไขมัน (กรัมไขมัน/ตร.ม-วัน)	2.71	1.8	1.36	5.42	3.59	2.71	8.14	5.39	4.07

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองชุดที่ 1

การทดลองชุดที่ 1 น้ำเสียสังเคราะห์ที่เข้าระบบ Packed Cage RBC มีค่าบีโอดีไม่รวมน้ำมันประมาณ 800 มิลลิกรัม/ลิตร เติมน้ำมันปาล์มที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้ค่าน้ำเสียเข้ามีค่าบีโอดีรวมเฉลี่ยประมาณ 1,116.31 มิลลิกรัม/ลิตร และแปรผันระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง

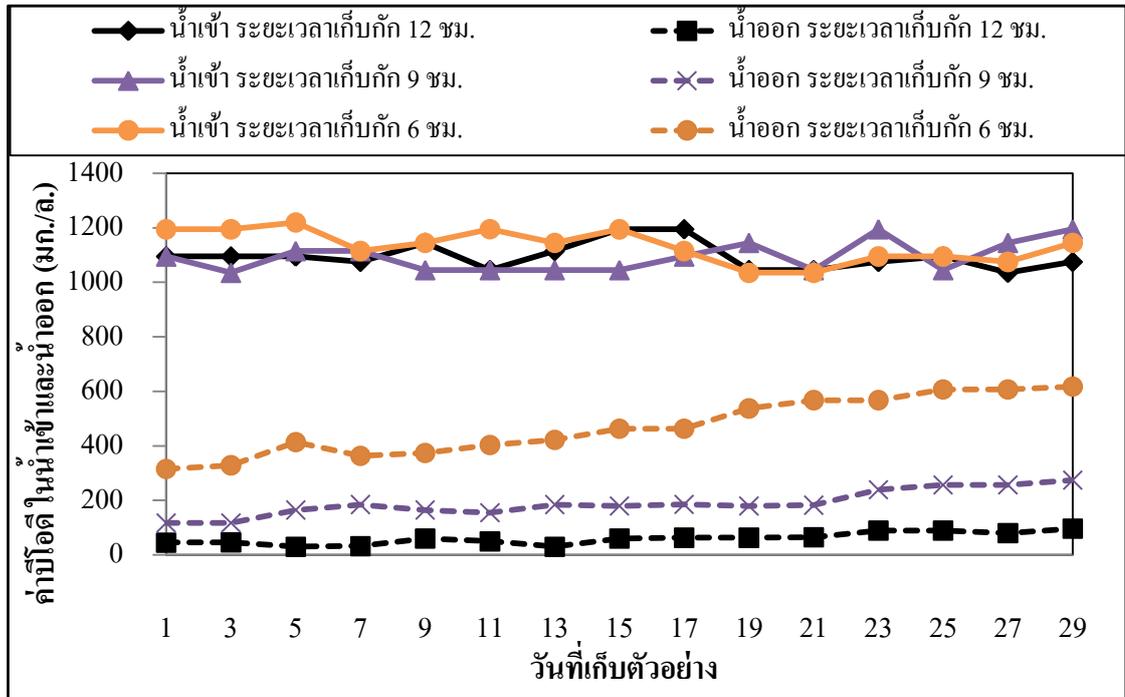
4.1.1 ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี (Biological Oxygen Demand: BOD)

จากการวิเคราะห์ค่าบีโอดีที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 200 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์ที่เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่าบีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 1,094.53±49.89 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่าบีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 59.77±21.72 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการลดคิดเป็นร้อยละ 94.52±2.06 ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง สามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง ซึ่งพิจารณาจากค่า บีโอดี ของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า บีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 1084.56±50.36 และ 1127.70±75.99 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า บีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 170.69±32.48 และ 262.02±10.05 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 84.30±2.62 และ 76.72±1.11 ตามลำดับ และที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า บีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 1168.13±39.06 และ 1079.61±41.62 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า บีโอดี คิดเป็นค่าเฉลี่ย 393.64±53.11 และ 538.69±31.35 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 66.24±4.88 และ 45.94±1.90 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง ค่า บีโอดี ของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2 และประสิทธิภาพการบำบัดของช่วงที่ 1 จะสูงกว่าช่วงที่ 2 ด้วย

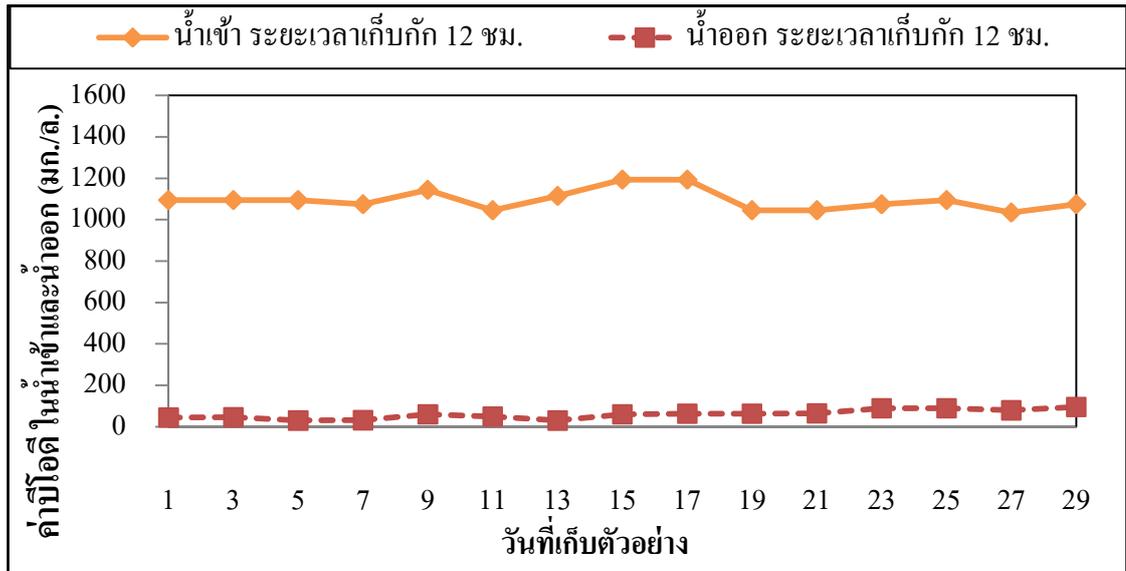
จากการทดลองนี้พบว่าประสิทธิภาพการบำบัด บีโอดี จะแปรผันตามระยะเวลาเก็บกัก กล่าวคือยิ่งระยะเวลาเก็บกักมากขึ้นประสิทธิภาพในการบำบัดจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มระยะเวลาเก็บกักเป็นการลดภาระบรรทุกสารอินทรีย์ในระบบจึงทำให้ระบบรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์น้อยลง ระบบจึงมีประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดีมากขึ้น อีกทั้งปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่มีจำกัดจึงเป็นตัวกำหนดการย่อยสลายสารอินทรีย์เพราะออกซิเจนเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ในน้ำ ถ้าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ในระบบมากเกินไปออกซิเจนละลายน้ำของระบบจะไม่เพียงพอต่อการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบลดลง และการลดภาระบรรทุกสารอินทรีย์นี้จะไม่ทำให้ฟิล์มชีวะที่เจริญอยู่บนตัวกลางเติบโตจนหนาและหลุดลอกเร็วเกินไปทำให้ระบบสามารถคงประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดีได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sirianuntapiboon [7] ได้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียที่มีคลอรีนปนเปื้อน ด้วยระบบบำบัด Packed Cage RBC ที่ระยะเวลาเก็บกัก 16, 12 และ 8 ชั่วโมงพบว่าที่ระยะเวลาเก็บกักมากที่สุดเท่ากับ 16 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำสุดคือ 2.04 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน ระบบจะมีประสิทธิภาพการบำบัดค่อนข้างคงที่และกำจัดบีโอดีสูงสุดได้ถึง 2.01 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน คิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 92.5 ± 1.2 แต่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้อยที่สุดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งมีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดคือ 4.07 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน ระบบจะมีประสิทธิภาพการบำบัดไม่คงที่และมีประสิทธิภาพการบำบัดต่ำกว่า โดยสามารถกำจัดบีโอดีได้ 2.5 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน คิดเป็นร้อยละ 90.0 ± 2.0

นอกจากนี้จากการทดลอง พบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง ควรแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วง เพราะประสิทธิภาพในช่วงที่สองลดลงต่ำกว่าช่วงแรกอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากฟิล์มชีวะที่ยึดเกาะตัวกลางเริ่มมีการหลุดลอกอันเป็นผลมาจากเชื้อจุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตมากขึ้นทำให้ฟิล์มชีวะหนาขึ้นจนชั้นในสุดออกซิเจนไม่สามารถแพร่ผ่านเข้าไปได้ ทำให้ฟิล์มชีวะด้านในเกิดสภาวะไร้อากาศเชื้อจุลินทรีย์จึงเริ่มตายและหลุดลอก ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดลดลง โดยที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมงเชื้อจุลินทรีย์จะเกิดการหลุดลอกออกจากตัวกลางเร็วกว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง เนื่องจากที่ระยะเวลาเก็บกักต่ำระบบต้องรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์มากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sirianuntapiboon และ Chuamkaew [10] ได้ศึกษาการใช้ระบบ Packed Cage RBC ในการบำบัดน้ำเสียที่มีไซยาไนด์ปนเปื้อน ที่ระยะเวลาเก็บกัก 16, 12 และ 8 ชั่วโมงพบว่าที่ความเข้มข้นของไซยาไนด์ 40 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกักมากที่สุดเท่ากับ 16 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำสุดเท่ากับ 2.04 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน มีประสิทธิภาพการบำบัด บีโอดี สูงสุดคิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 92.8 ± 0.7 แต่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้อยที่สุดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงสุดคือ 4.07 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน จะมีประสิทธิภาพการบำบัดต่ำกว่า คิดเป็นร้อยละ 89.5 ± 0.5

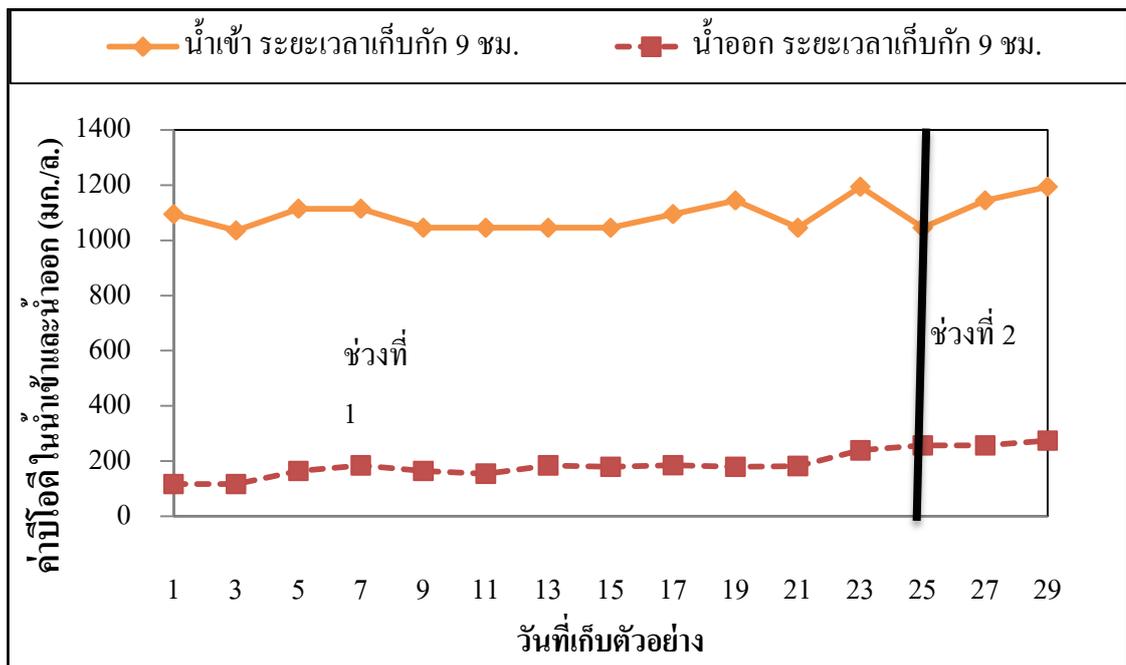
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า บีโอดีของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.1 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.2-4.4 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่า บีโอดี ของทั้งสองช่วงที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.5



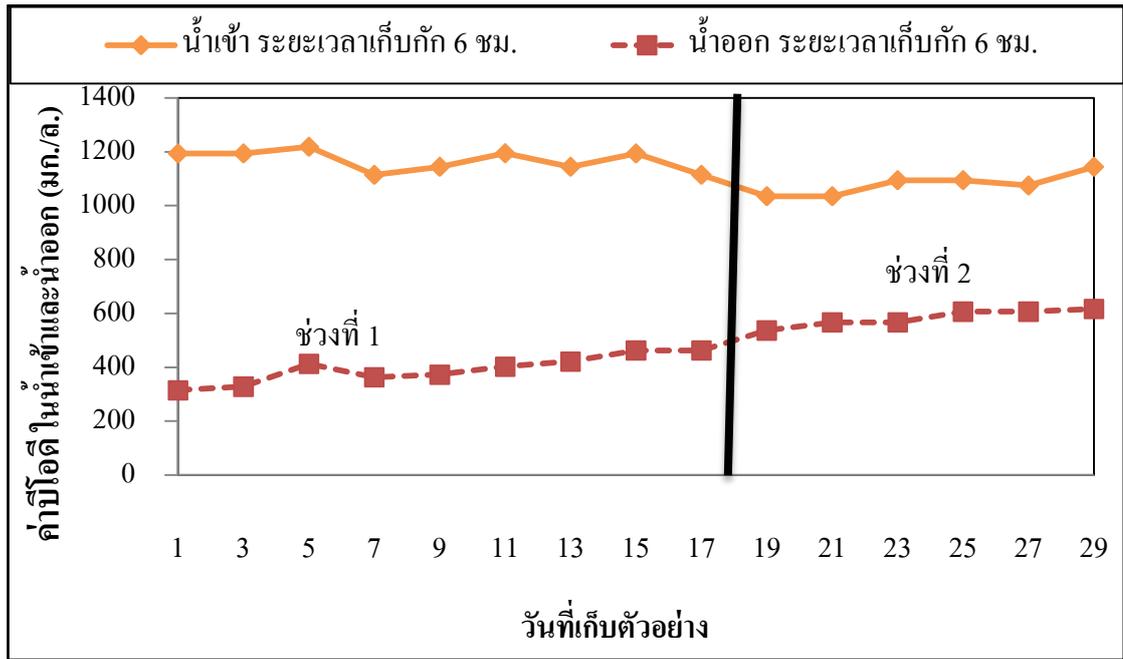
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่าบีโอดีของน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันปาล์มเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (การระบรทุกสารอินทรีย์ 7.56, 10.03 และ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



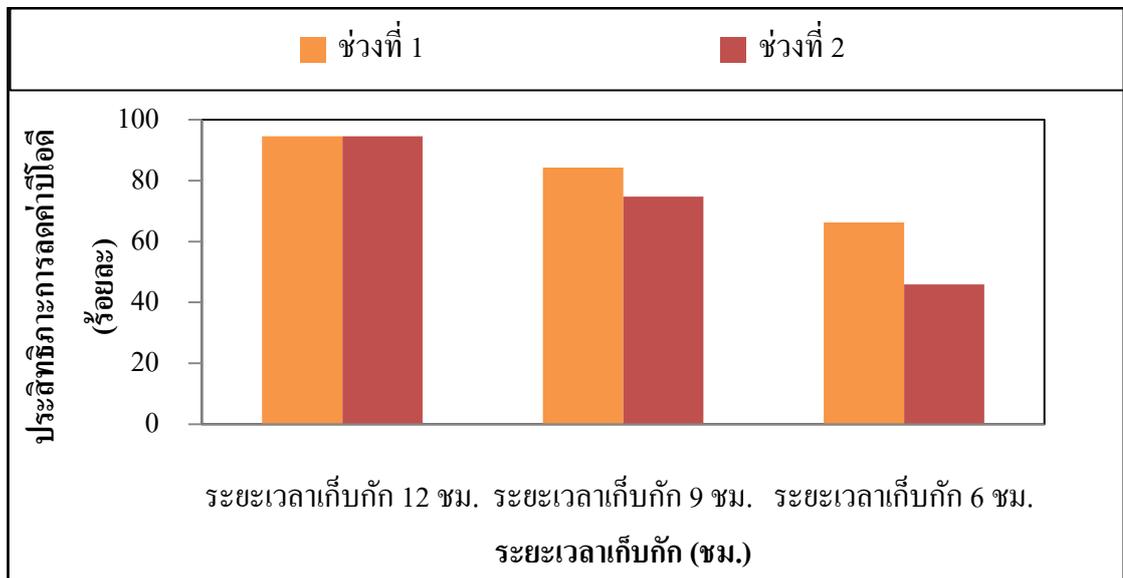
รูปที่ 4.2 ค่าบีโอดีในน้ำเข้าและออกกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การระบรทุกสารอินทรีย์ 7.56 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.3 ค่าบีโอดีช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การระบรทุกสารอินทรีย์ 10.03 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.4 ค่าบีโอดีช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การบรรทุกสารอินทรีย์ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.5 ประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดีช่วงที่ 1 และ 2 ของระบบ ที่มีน้ำมันปาล์มเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (การบรรทุกสารอินทรีย์ 7.56, 10.03 และ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

4.1.2 ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดี (Chemical Oxygen Demand: COD)

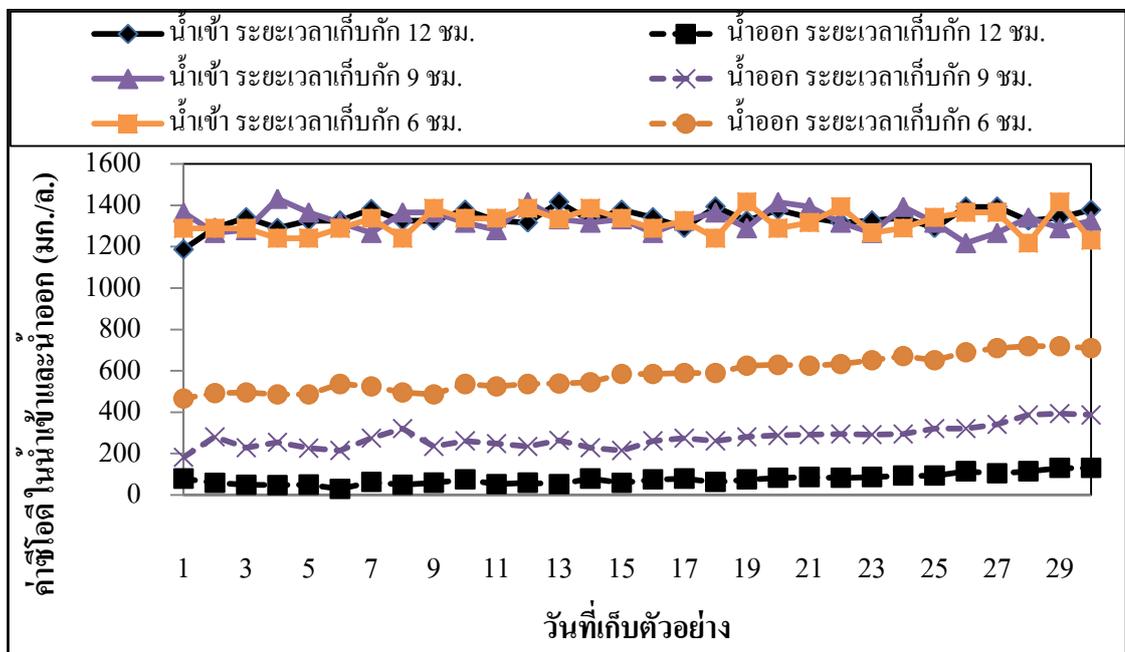
จากการวิเคราะห์ค่าซีโอดีที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 200 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียส่งเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่าซีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 1337.03 ± 44.61 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่าซีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 76.13 ± 25.19 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 94.31 ± 1.86 ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง สามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่าซีโอดีของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ซีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 1333.36 ± 51.52 และ 1307.50 ± 56.17 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ซีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 257.06 ± 32.59 และ 349.05 ± 39.73 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 80.68 ± 2.61 และ 73.26 ± 3.21 ตามลำดับ และที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าซีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 1313.66 ± 48.09 และ 1319.35 ± 69.30 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ซีโอดี คิดเป็นค่าเฉลี่ย 524.07 ± 38.02 และ 663.67 ± 43.04 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 60.10 ± 2.67 และ 49.57 ± 4.29 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าซีโอดีของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2 และประสิทธิภาพการบำบัดของช่วงที่ 1 จะสูงกว่าช่วงที่ 2 ด้วย

จากการทดลองพบว่าระบบบำบัด Packed Cage RBC มีประสิทธิภาพในการบำบัด ซีโอดี และถ้าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ลดลง หรือเพิ่มระยะเวลาเก็บกักจะทำให้ประสิทธิภาพการบำบัด ซีโอดีเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Malandra และคณะ. [11] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ RBC ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตไวน์ จากการศึกษพบว่า ค่าซีโอดีของน้ำเสียเข้าระบบมีค่าสูงถึง $6,090 \pm 3,382$ มิลลิกรัม/ลิตร และเมื่อผ่านการบำบัดแล้วน้ำเสียออกจากระบบมีค่า ซีโอดี ลดลงเหลือ 3478 ± 1715 มิลลิกรัม/ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 43 และพบว่าถ้าลดค่าซีโอดีในน้ำเข้าระบบ จะเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดของ ระบบได้

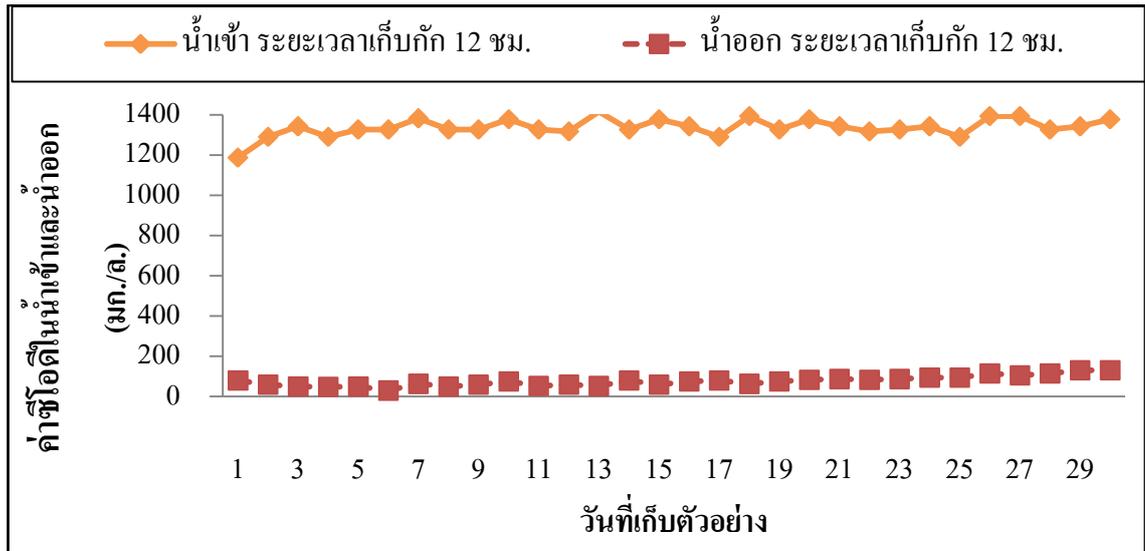
นอกจากนี้จากการทดลอง พบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมงสามารถแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วง โดยช่วงที่สองจะมีประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีที่ลดลง เนื่องจากจุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตมากขึ้นทำให้ฟิล์มชีวะเริ่มหนาจนชั้นในสุดของฟิล์มเริ่มเกิดสภาวะไร้อากาศทำให้ฟิล์มชีวะหลุดลอก โดยที่ระยะเวลาเก็บกักนานกว่า เชื่อจะหลุดลอกออกจากตัวกลางช้ากว่าระยะเวลาเก็บกักต่ำ เพราะที่ระยะเวลาเก็บกักต่ำ ระบบจะต้องรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่สูงกว่าทำให้เชื้อจุลินทรีย์เข้าสู่ Stationary Phase และ Death Phase เร็วขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhiqiang และคณะ. [21] ได้

ใช้ระบบ RBC บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ปนเปื้อนสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจน พบว่าถ้าเพิ่มระยะเวลาเก็บกักจาก 5 เป็น 9 ชั่วโมง หรือลดภาระบรรทุกสารอินทรีย์จาก 40 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน เป็น 16 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน ประสิทธิภาพการบำบัดจะเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 47.4 เป็นร้อยละ 66.0

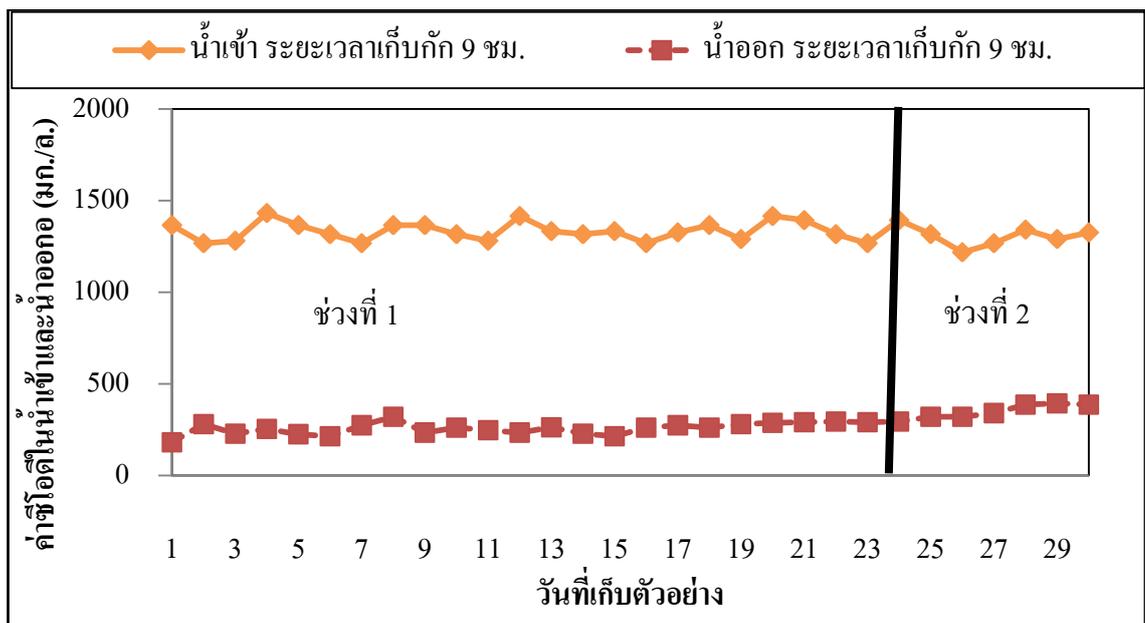
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า ซีโอดีของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.6 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.7-4.9 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่า ซีโอดีของทั้งสองช่วงที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.10



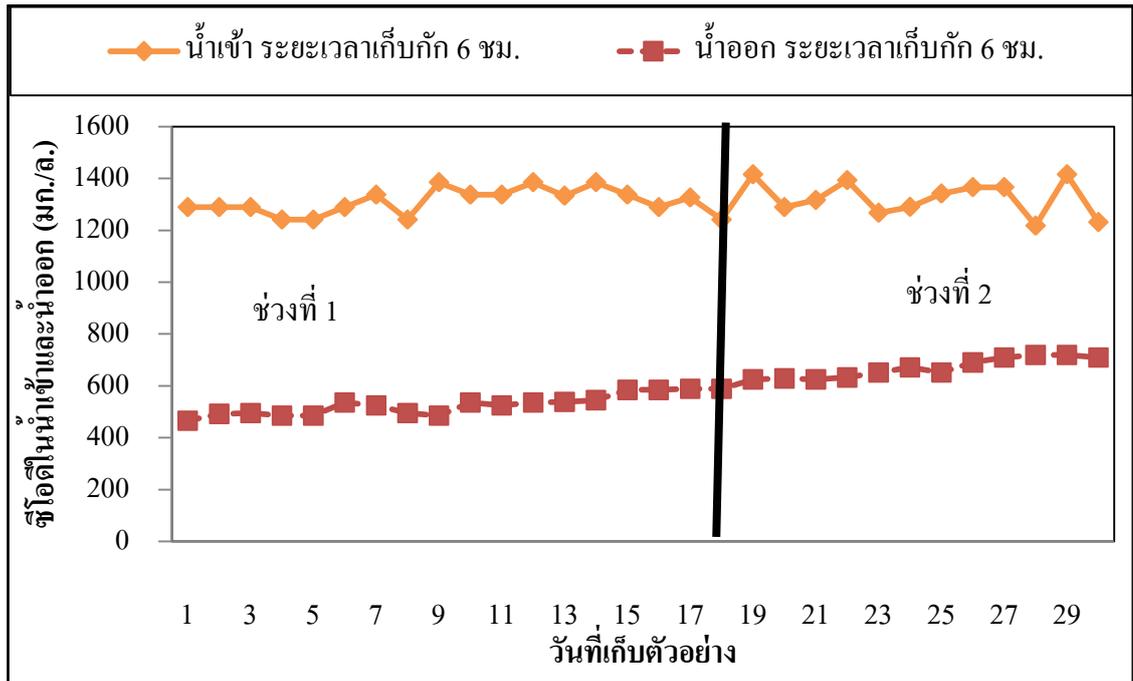
รูปที่ 4.6 ค่าซีโอดีในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 7.56, 10.03 และ 15.12 กรัม บีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



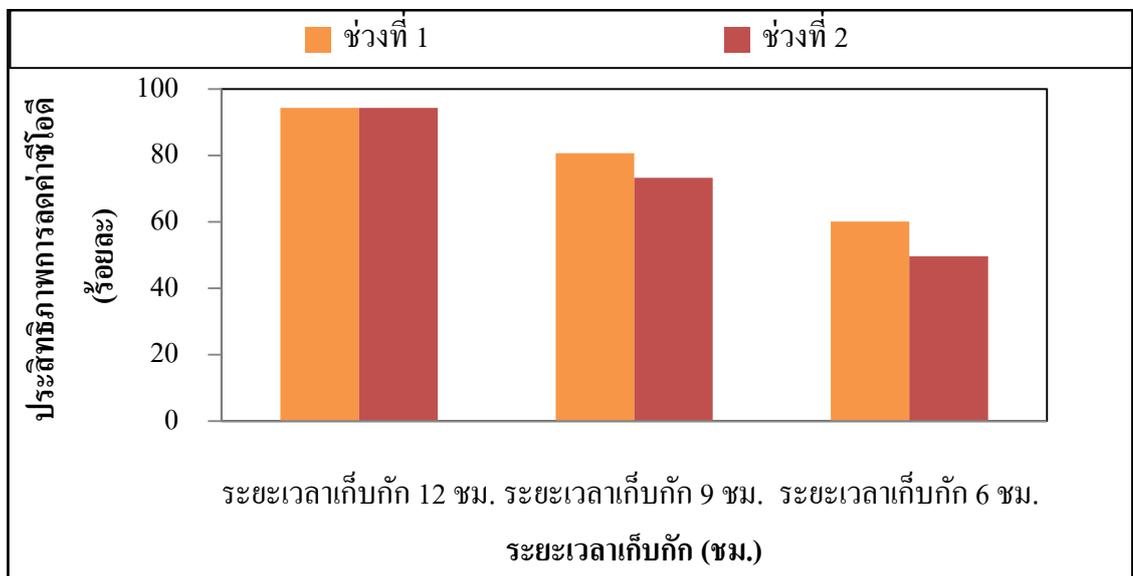
รูปที่ 4.7 ค่าซีไอดีในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การระบรทุกสารอินทรีย์ 7.56 กรัมบีไอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.8 ค่าซีไอดีช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การระบรทุกสารอินทรีย์ 10.03 กรัมบีไอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.9 ค่าซีโอดีช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.10 ประสิทธิภาพการลดค่าซีโอดีช่วงที่ 1 และ 2 ของระบบที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 7.56, 10.03 และ 15.12 กรัม บีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

4.1.3 ปริมาณสารแขวนลอยในน้ำเสียออกระบบ (Suspended Solid: SS)

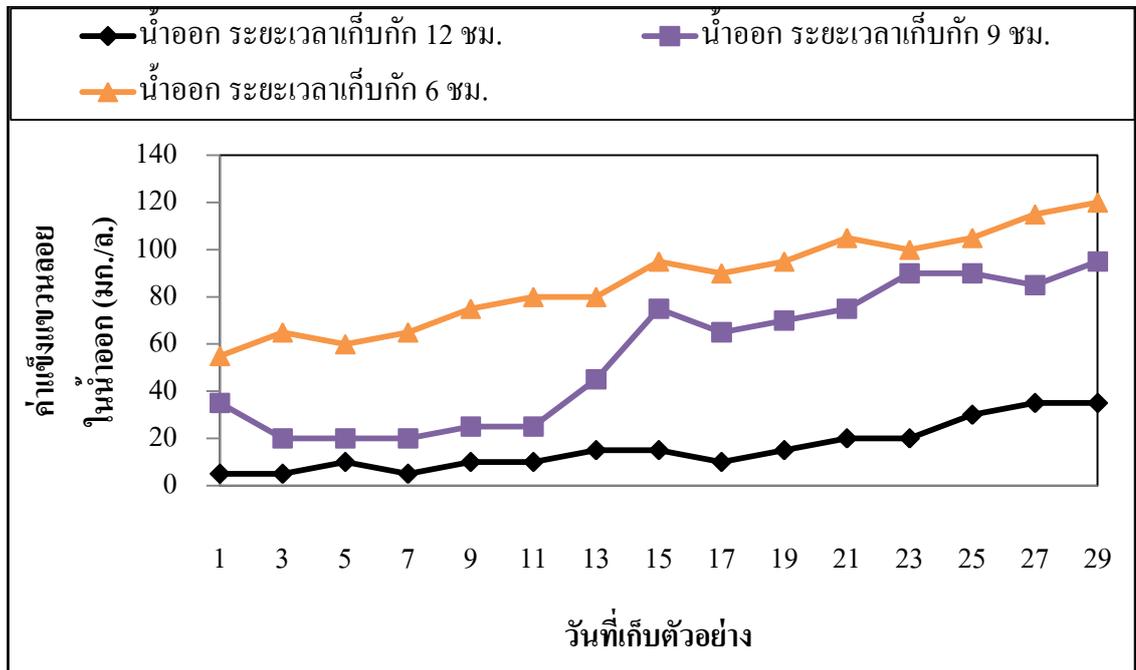
จากการวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอย ที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 200 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียดังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมงน้ำเสียออกระบบมีค่าของแข็งแขวนลอยคิดเป็นค่าเฉลี่ย 16 ± 10.21 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง สามารถแบ่งช่วงการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่าของแข็งแขวนลอยของ น้ำเสียออกระบบที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียออกระบบมีค่าของแข็งแขวนลอย คิดเป็นค่าเฉลี่ย 47.08 ± 26.24 และ 90.00 ± 5.00 มิลลิกรัม/ลิตร และที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียออกระบบมีค่าของแข็งแขวนลอย คิดเป็นค่าเฉลี่ย 73.89 ± 13.64 และ 106.67 ± 9.31 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าของแข็งแขวนลอย ของน้ำเสียออกระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2

จากการศึกษาพบว่าค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำออกจะแปรผกผันกับกับระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียหรือแปรผันตามภาระบรรทุกสารอินทรีย์ กล่าวคือภาระบรรทุกสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าของแข็งแขวนลอย ในน้ำออกจะเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่สูงขึ้นทำให้ออกซิเจนเกิดกระบวนการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ในน้ำเสียมาใช้ในการเติบโตและแบ่งเซลล์เพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของระบบมีจำกัดทำให้ออกซิเจนไม่เพียงพอต่อจุลินทรีย์ อีกทั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทำให้ฟิล์มชีวะหนาขึ้นจนออกซิเจนไม่สามารถแพร่ผ่านได้ทำให้ชั้นในสุดของฟิล์มชีวะเกิดสภาวะไร้อากาศส่งผลให้จุลินทรีย์ด้านในตายลงทำให้เกิดการหลุดลอกของฟิล์มชีวะที่ยึดเกาะกับตัวกลาง จึงทำให้ค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียเพิ่มสูงขึ้นมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sirianuntapiboon [7] ได้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียที่มีคลอรีนปนเปื้อน ด้วยระบบบำบัด Packed Cage RBC ที่ระยะเวลาเก็บกัก 16, 12 และ 8 ชั่วโมงพบว่าที่ระยะเวลาเก็บกักมากที่สุดเท่ากับ 16 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำสุดคือ 2.04 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน จะมีค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียออกระบบต่ำสุดเท่ากับ 15 ± 4 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้อยที่สุดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบำบัดสูงสุดคือ 4.07 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน จะมีค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียออกระบบสูงสุดเท่ากับ 20 ± 4 มิลลิกรัม/ลิตร

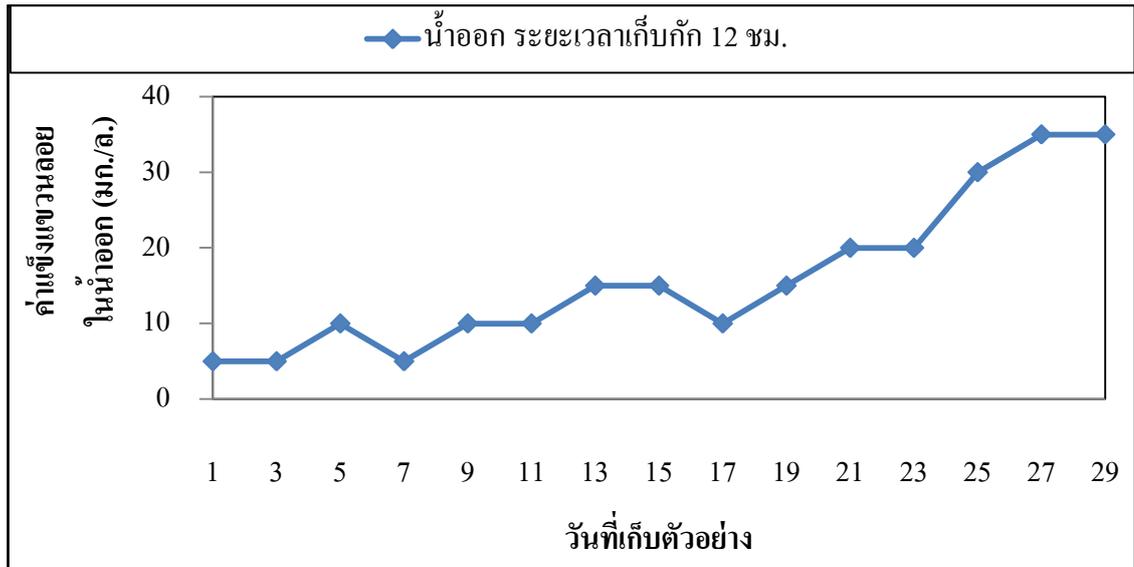
นอกจากนี้ยังพบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง สามารถแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วง เนื่องจากค่าของแข็งแขวนลอยที่แตกต่างกันอันเป็นผลมาจากการเติบโตของฟิล์มชีวะทำให้ฟิล์มชีวะหนาขึ้นเรื่อยๆ จนเกิดสภาวะไร้อากาศของชั้นในสุดของฟิล์มชีวะทำให้ฟิล์มชีวะหลุดลอก กในช่วงที่

สองของการเดินระบบ ส่งผลให้ค่าของแข็งแขวนลอยในช่วงที่สองเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งฟิล์มชีวะของระบบ ที่ใช้ระยะเวลาเก็บกักต่ำกว่าจะเกิดการหลุดลอกเร็วกว่าระบบที่ใช้ระยะเวลาเก็บกักนานกว่า เนื่องจากระยะเวลาเก็บกักที่ต่ำทำให้ระบบต้องรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่สูงกว่าทำให้เชื้อตายเร็วกว่าและหลุดลอกออก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sirianuntapiboon และ Chuamkaew [10] ได้ศึกษาการใช้ระบบ Packed Cage RBC ในการบำบัดน้ำเสียที่มีไซยาไนด์ปนเปื้อน ที่ระยะเวลาเก็บกัก 16, 12 และ 8 ชั่วโมงพบว่าที่ความเข้มข้นของไซยาไนด์ 40 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกักมากที่สุดเท่ากับ 16 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำสุดเท่ากับ 2.04 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน น้ำเสียออกจากระบบจะมีค่าของแข็งแขวนลอย ต่ำสุดเท่ากับ 18±2 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้อยที่สุดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงสุดคือ 4.07 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน จะมีค่าของแข็งแขวนลอย ในน้ำออกมากที่สุดคือ 25±2 มิลลิกรัม/ลิตร

เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่าของแข็งแขวนลอย ของเสียออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.11 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.12-4.14



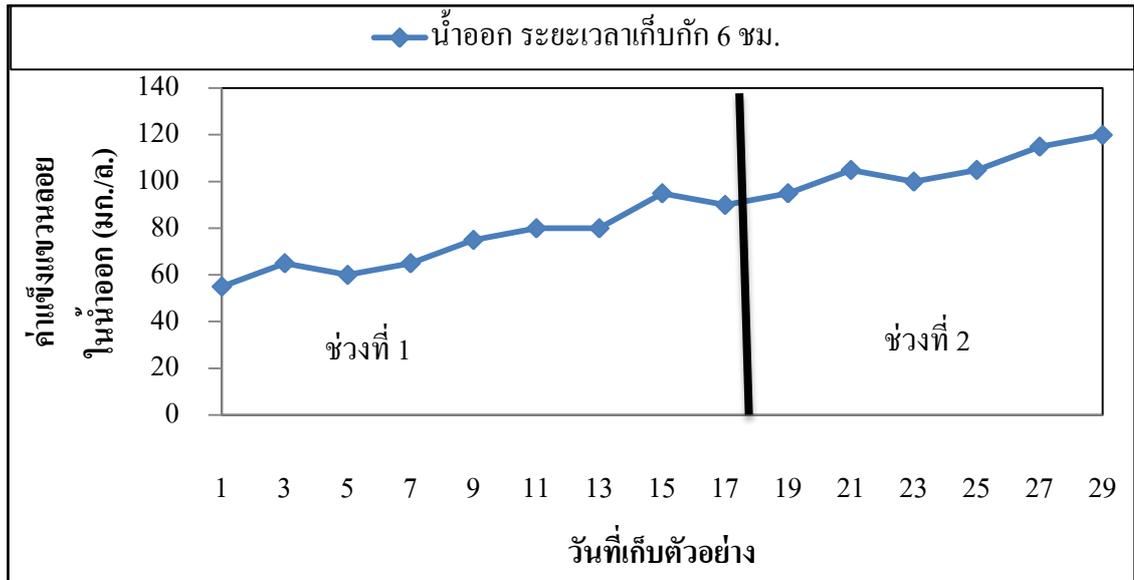
รูปที่ 4.11 ค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำออกจากระบบ ที่มีน้ำมัน 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 7.56, 10.03 และ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



รูปที่ 4.12 ค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การระบรทุกสารอินทรีย์ 7.56 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.13 ค่าของแข็งแขวนลอยช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การระบรทุกสารอินทรีย์ 10.03 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.14 ค่าของแข็งแขวนลอยช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

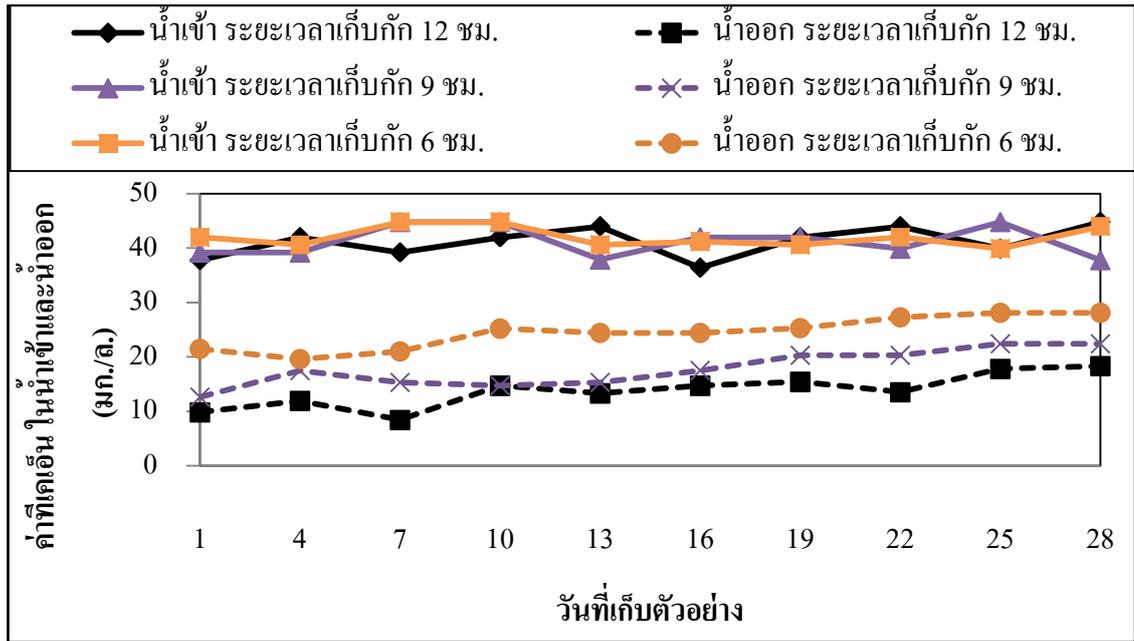
4.1.4 ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนในรูปที่เคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen: TKN)

จากการวิเคราะห์ค่าที่เคเอ็นที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 200 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียที่เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมงน้ำเสียเข้าระบบมีค่าที่เคเอ็นคิดเป็นค่าเฉลี่ย 41.21 ± 2.81 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่าที่เคเอ็นคิดเป็นค่าเฉลี่ย 13.78 ± 3.15 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 66.59 ± 7.34 ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง สามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่า ที่เคเอ็น ของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าที่เคเอ็น คิดเป็นค่าเฉลี่ย 41.23 ± 2.61 และ 41.30 ± 4.95 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ที่เคเอ็น คิดเป็นค่าเฉลี่ย 16.69 ± 2.72 และ 22.40 ± 0.00 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 59.38 ± 7.14 และ 45.37 ± 6.55 ตามลำดับ และที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบ มีค่าที่เคเอ็น คิดเป็นค่าเฉลี่ย 42.33 ± 1.98 และ 41.63 ± 1.81 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่าที่เคเอ็น คิดเป็นค่าเฉลี่ย 22.68 ± 2.28 และ 27.20 ± 1.32 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 46.36 ± 5.67 และ 34.60 ± 3.53 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง ค่า ที่เคเอ็นของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2 และ ประสิทธิภาพการบำบัดของช่วงที่ 1 จะสูงกว่าช่วงที่ 2 ด้วย

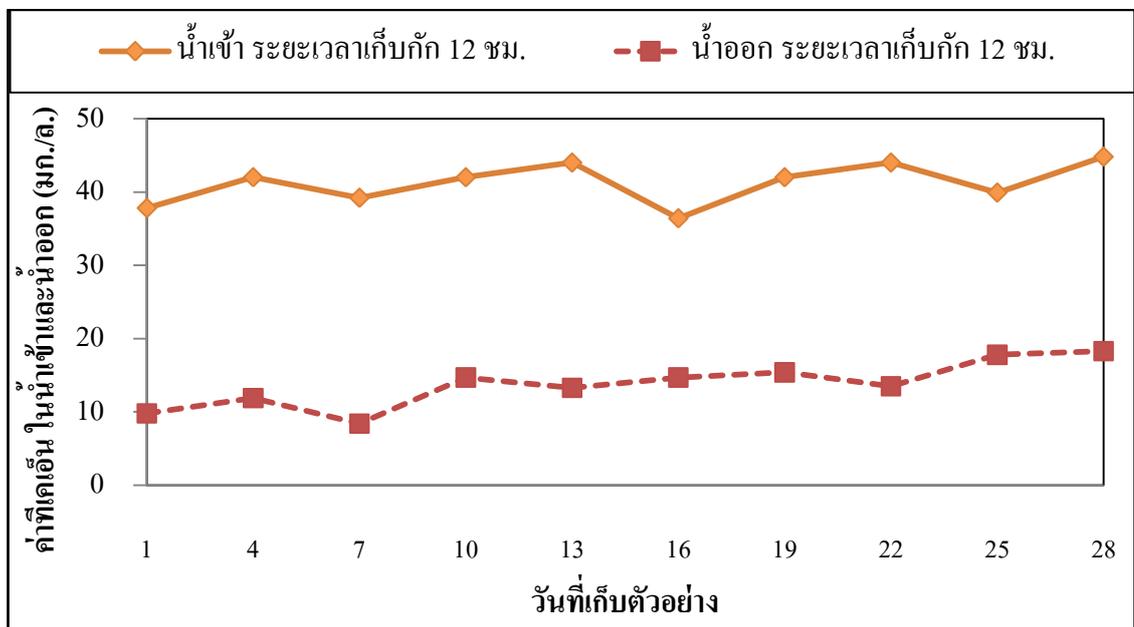
จากการศึกษาพบว่า ระบบ Packed Cage RBC มีประสิทธิภาพในการบำบัด ทีเคเอ็นและประสิทธิภาพการบำบัดทีเคเอ็นจะแปรผันตามระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย หรือแปรผกผันกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ โดยระบบที่มีระยะเวลาเก็บกักนาน หรือมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำ จะมีประสิทธิภาพการบำบัดที่ดีกว่า เนื่องจากที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำระบบจะรับภาระในการบำบัดทีเคเอ็นน้อยลงด้วย ทำให้ระบบสามารถกำจัดทีเคเอ็นได้มีประสิทธิภาพดีขึ้น อีกทั้งปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่มีจำกัด ทำให้เมื่อระบบต้องรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์มากๆ ออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการนำมาเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์และบำบัดทีเคเอ็น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Najafpour และคณะ [6] ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของภาระบรรทุกสารอินทรีย์ในน้ำเสียของอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม ต่อประสิทธิภาพระบบ RBC พบว่าเมื่อใช้ *Saccharomyces cerevisiae* เป็นจุลินทรีย์หลักในระบบ RBC เพื่อย่อยสลาย POME มีชีโอดีในน้ำเสียเข้าระบบสูงถึง 16,000 มิลลิกรัม/ลิตร และ ทีเคเอ็น 453 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่าถ้าเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์จะมีผลให้ประสิทธิภาพการบำบัดทีเคเอ็นลดลง และประสิทธิภาพการบำบัดทีเคเอ็น จะสูงสุดเท่ากับร้อยละ 80 เมื่อเวลาผ่านไป 55 ชั่วโมง

นอกจากนี้ยังพบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมงสามารถแบ่งช่วงการบำบัดได้สองช่วง และช่วงที่ 2 ระบบจะมีประสิทธิภาพการบำบัดลดลง เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ยึดเกาะตัวกลางเป็นฟิล์มชีวะเริ่มหนาเกินไปทำให้ชั้นในของฟิล์มชีวะเกิดสภาวะไร้อากาศ เชื้อจะเริ่มตายและหลุดลอกออกจากตัวกลาง โดยที่ระยะเวลาเก็บกักต่ำ ฟิล์มชีวะจะเกิดการหลุดลอกเร็วกว่า เนื่องจากระบบต้องรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่มากกว่า จึงทำให้ฟิล์มชีวะเติบโตรวดเร็วและตายหลุดลอกออกเร็วกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sirianuntapiboon และ Chuamkaew [10] ได้ศึกษาการใช้ระบบ Packed Cage RBC ในการบำบัดน้ำเสียที่มีไซยาไนด์ปนเปื้อน ที่ระยะเวลาเก็บกัก 16, 12 และ 8 ชั่วโมงพบว่าที่ความเข้มข้นของไซยาไนด์ 40 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกักมากที่สุดเท่ากับ 16 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำสุดเท่ากับ 2.04 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน มีประสิทธิภาพการบำบัดทีเคเอ็น สูงสุดคิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 61.6 ± 3.7 แต่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้อยที่สุดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงสุดคือ 4.07 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน จะมีประสิทธิภาพการบำบัดลดลง คิดเป็นร้อยละ 40.2 ± 1.2

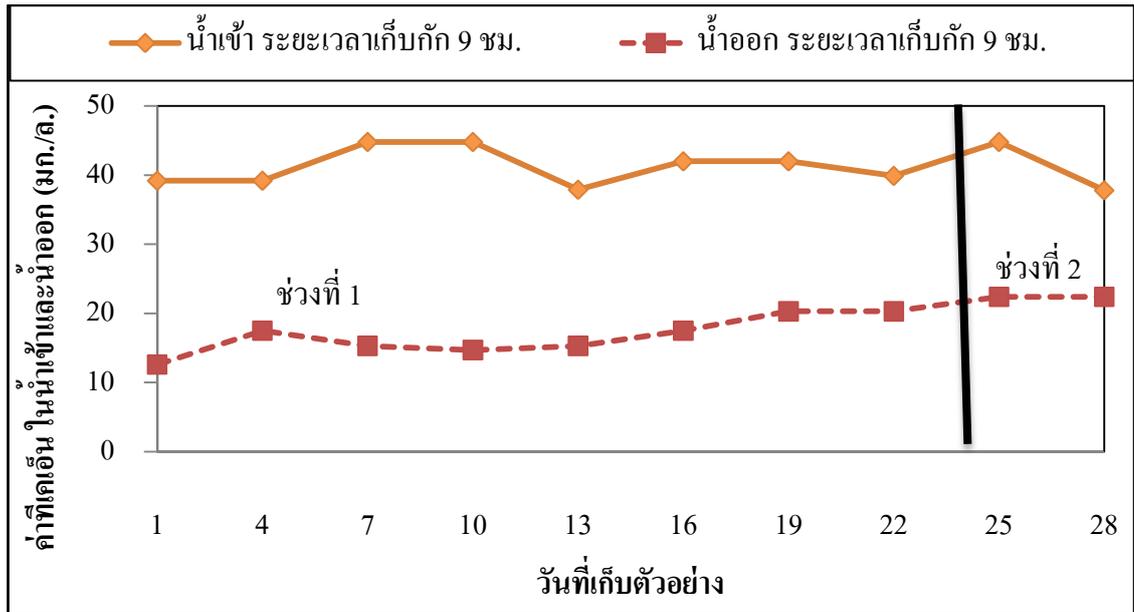
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่าทีเคเอ็น ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.15 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.16-4.18 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่า ทีเคเอ็น ของทั้งสองช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.19



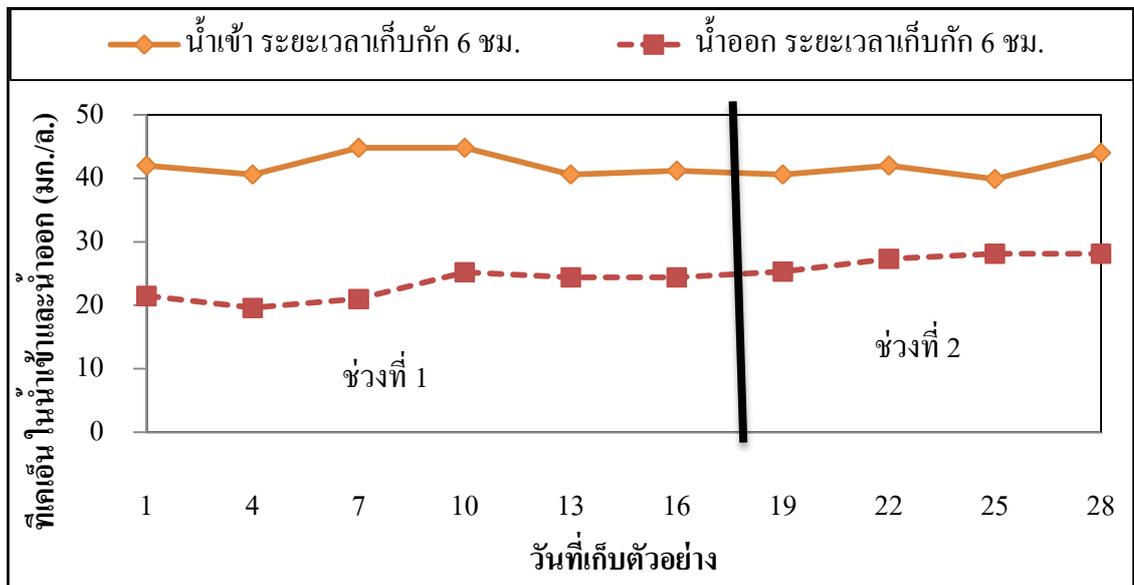
รูปที่ 4.15 ค่าที่เคเอ็นในน้ำเข้าและออกของระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 7.56, 10.03 และ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน



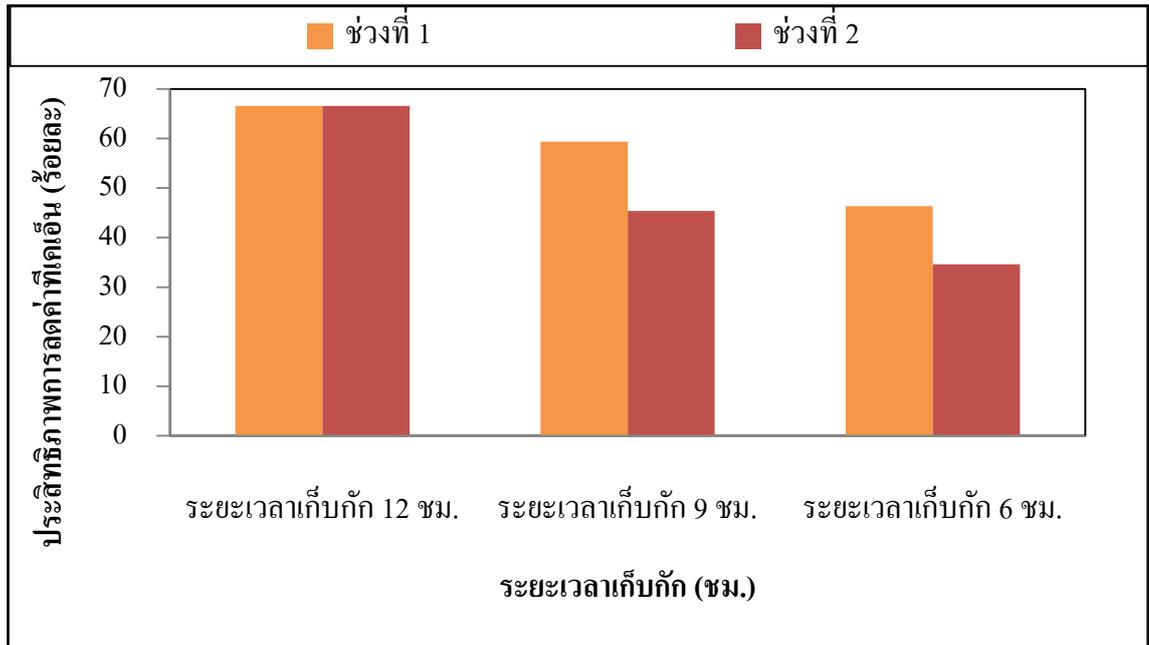
รูปที่ 4.16 ค่าที่เคเอ็นในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 7.56 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.17 ค่าที่เคเอ็นช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 10.03 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.18 ค่าที่เคเอ็นช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.19 ประสิทธิภาพการลดค่าที่เคเอ็นในช่วงที่ 1 และ 2 ของระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 7.56, 10.03 และ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

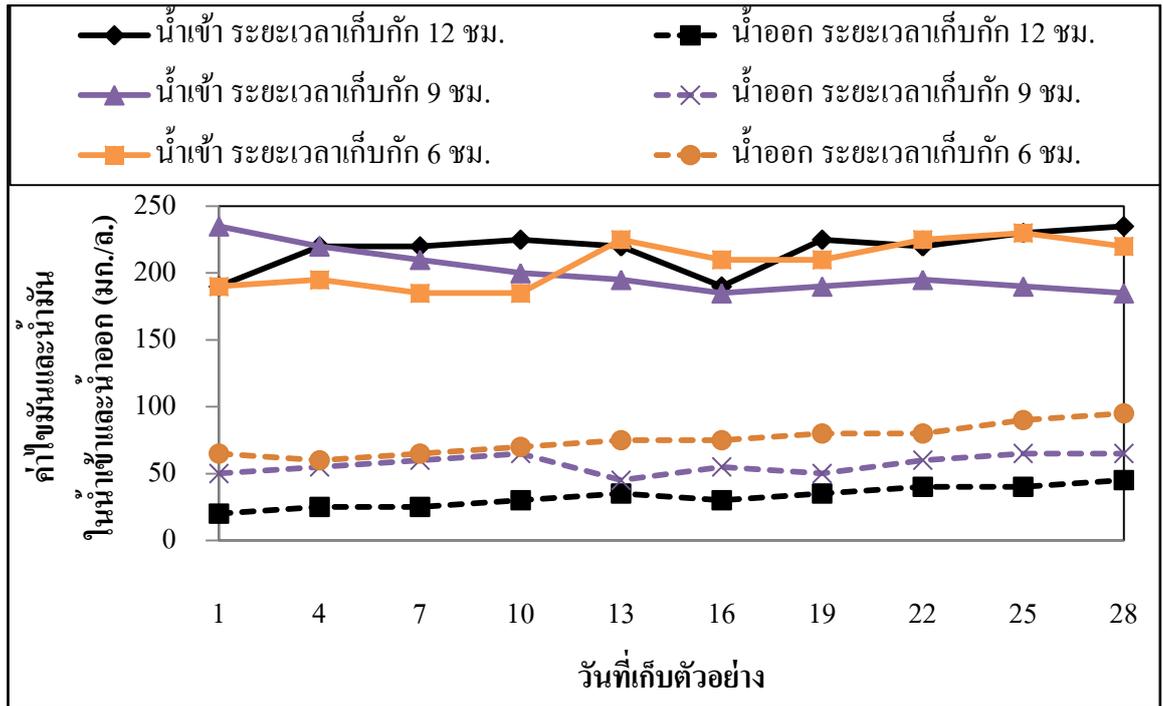
4.1.5 ประสิทธิภาพการบำบัดไขมันและน้ำมัน (Grease & Oil)

จากการวิเคราะห์ค่า ไขมันและน้ำมัน ที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 200 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมงน้ำเสียเข้าระบบมีค่าปริมาณ ไขมันและน้ำมัน คิดเป็นค่าเฉลี่ย 217.50 ± 15.32 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่าปริมาณ ไขมันและน้ำมัน คิดเป็นค่าเฉลี่ย 32.50 ± 7.19 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 85.14 ± 3.05 ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง สามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่าปริมาณไขมันและน้ำมันของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ไขมันและน้ำมัน คิดเป็นค่าเฉลี่ย 203.75 ± 16.85 และ 187.50 ± 3.54 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่าไขมันและน้ำมัน คิดเป็นค่าเฉลี่ย 55.00 ± 6.55 และ 65.00 ± 0.00 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 72.85 ± 3.91 และ 65.33 ± 0.65 ตามลำดับ และที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ไขมันและน้ำมัน คิดเป็นค่าเฉลี่ย 198.33 ± 16.02 และ 221.25 ± 8.54 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ไขมันและน้ำมัน คิดเป็นค่าเฉลี่ย 68.33 ± 6.06 และ 86.25 ± 7.50 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็น

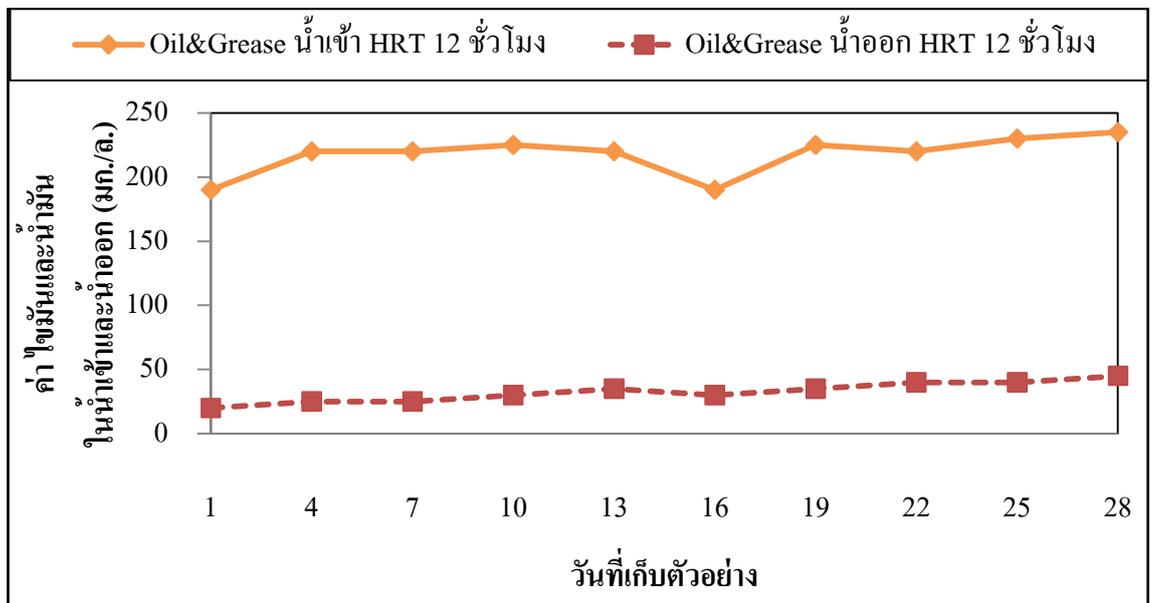
ร้อยละ 65.50 ± 2.38 และ 61.01 ± 3.17 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าไขมันและน้ำมัน ของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2 และ ประสิทธิภาพการบำบัดของช่วงที่ 1 จะสูงกว่าช่วงที่ 2 ด้วย

จากการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพของการบำบัดค่าปริมาณ ไขมันและน้ำมัน จะแปรผันตามระยะเวลา เก็บกัก หรือแปรผกผันกับภาระบรรทุสารอินทรีย์ กล่าวคือถ้าเพิ่มระยะเวลาเก็บกัก หรือลดภาระ บรรทุสารอินทรีย์ จะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพการบำบัด ไขมันและน้ำมัน ดีขึ้น และที่ระยะเวลา เก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง ยังสามารถแบ่งช่วงการบำบัด ไขมันและน้ำมัน ได้เป็น 2 ช่วง โดยช่วงที่ 2 ประสิทธิภาพการบำบัดจะลดลง เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์เริ่มตายและหลุดออกจากตัวกลาง และ ที่ระยะเวลาเก็บกักมากกว่า เชื้อจะหลุดออกจากตัวกลางช้ากว่า เนื่องจากภาระบรรทุของน้ำเสียเข้า ระบบจะต่ำกว่า เป็นผลให้เชื้อเติบโตและตายช้ากว่าระบบที่รับภาระบรรทุสูงๆ ซึ่งสอดคล้องกับ งานวิจัยของ Najafpour และคณะ [6] ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของภาระบรรทุสารอินทรีย์ในน้ำเสียของ อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม ต่อประสิทธิภาพระบบ RBC พบว่าเมื่อใช้ *Saccharomyces cerevisiae* เป็น จุลินทรีย์หลักในระบบ RBC เพื่อย่อยสลายน้ำเสียของโรงงานน้ำมันปาล์ม ที่มีน้ำมันปนเปื้อนสูง ส่งผลให้ มีชีโอดีในน้ำเสียเข้าระบบสูงถึง 16,000 มิลลิกรัม/ลิตร ที่อัตราการไหล 1.1, 2.3, 3.6, 4.8 และ 6 ลิตร/ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่า เมื่อใช้อัตราการไหลต่ำที่สุดเท่ากับ 1.1 ลิตร/ชั่วโมง ระบบจะมี ประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดเท่ากับร้อยละ 88 แต่เมื่อเพิ่มอัตราการไหลเป็น 3.6 ลิตร/ชั่วโมง ระบบ จะมีประสิทธิภาพลดลงเหลือร้อยละ 57 นั่นคือประสิทธิภาพการบำบัดจะเพิ่มขึ้นเมื่อภาระบรรทุ สารอินทรีย์ลดลง

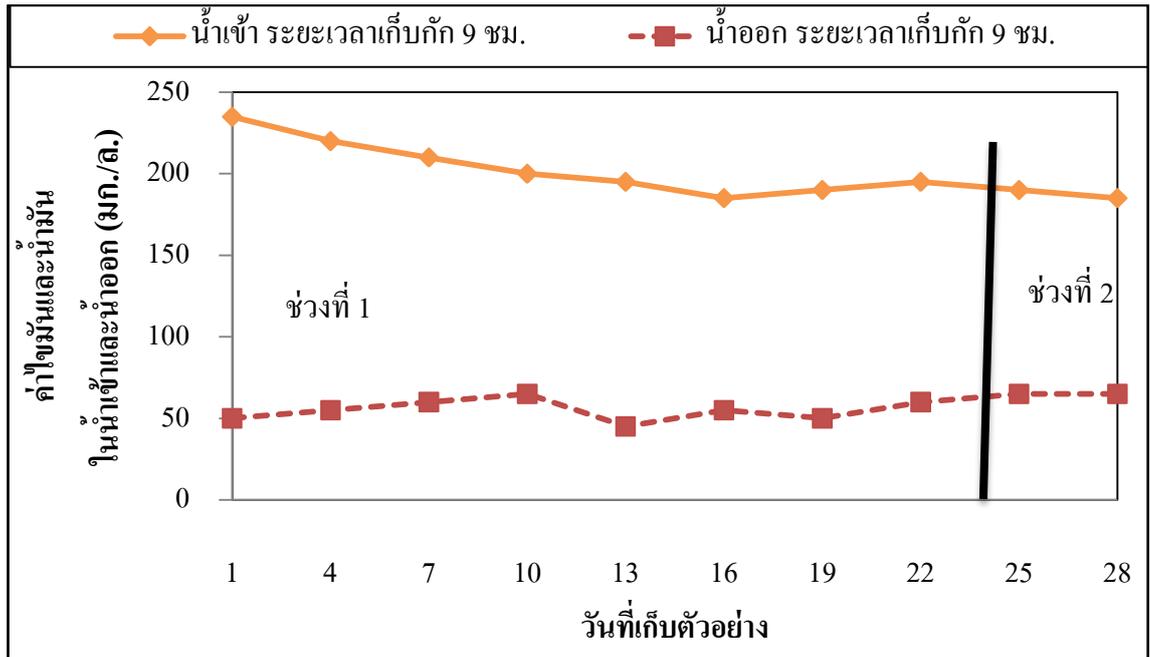
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณ ไขมันและน้ำมัน ของน้ำเสียเข้า และออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.20 และแบ่งช่วงการบำบัด เป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.21-4.23 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลด ค่าปริมาณ ไขมันและน้ำมัน ของทั้งสองช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.24



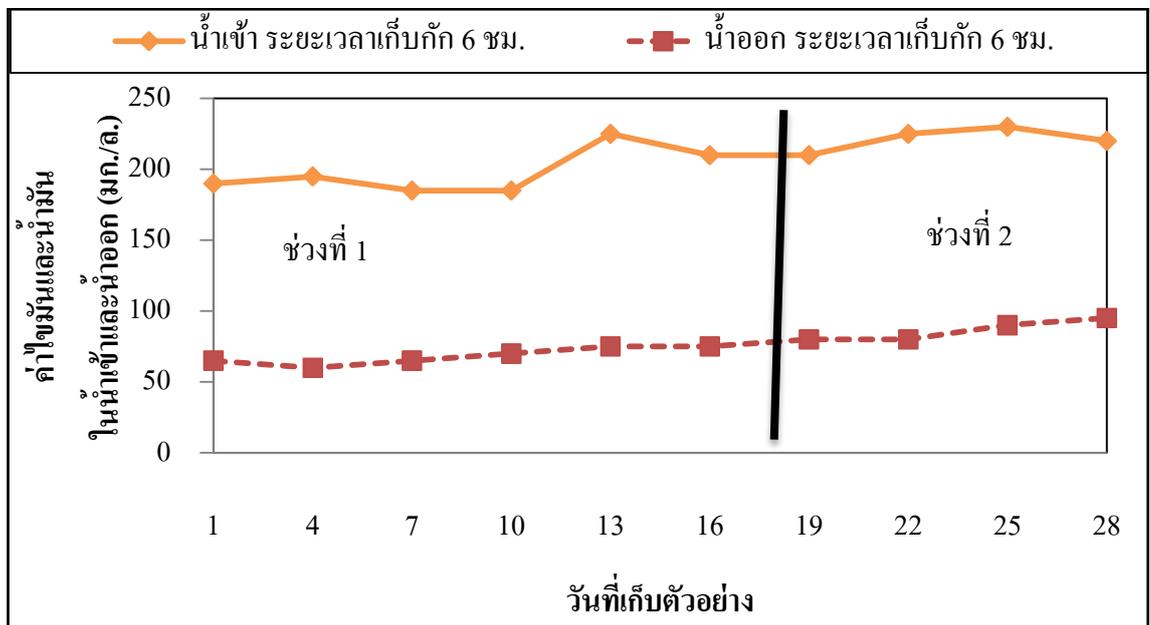
รูปที่ 4.20 ค่าไขมันและน้ำมันในน้ำเสียเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (การระบรทุกสารอินทรีย์ 7.56, 10.03 และ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



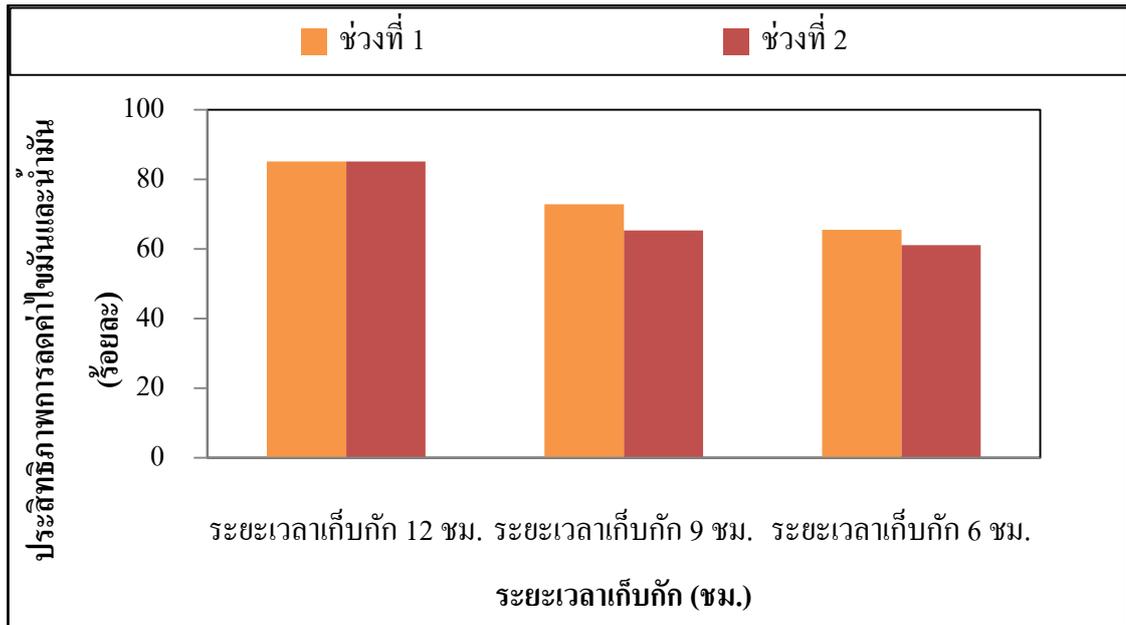
รูปที่ 4.21 ค่าไขมันและน้ำมันในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การระบรทุกสารอินทรีย์ 7.56 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.22 ค่าไขมันและน้ำมันช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 10.03 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.23 ค่าไขมันและน้ำมันช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



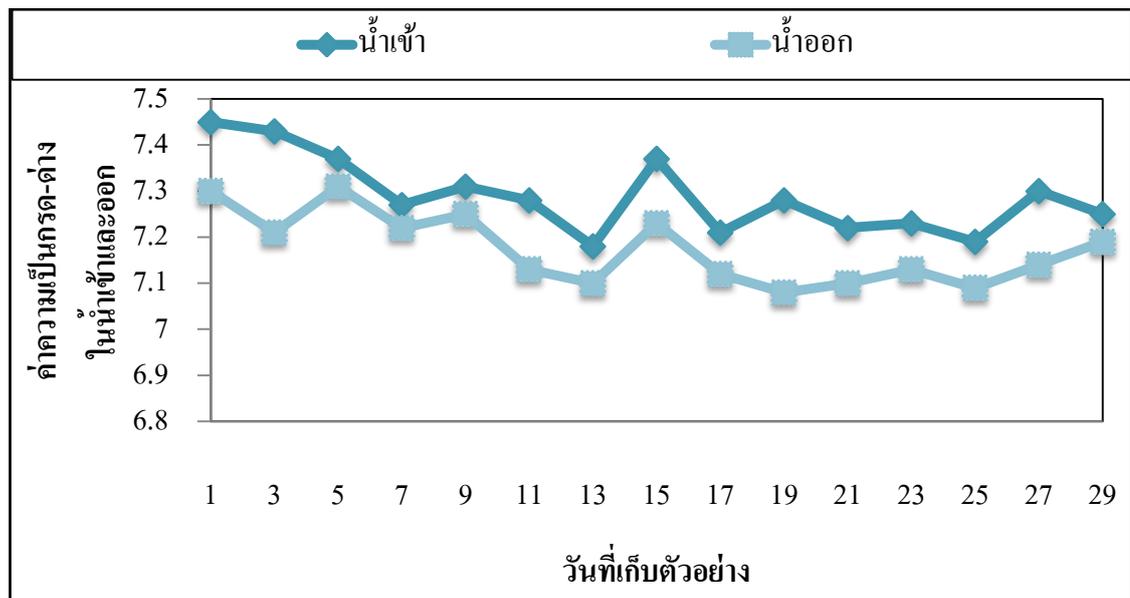
รูปที่ 4.24 ประสิทธิภาพการลดค่าไขมันและน้ำมันช่วงที่ 1 และ 2 ของระบบที่มีน้ำมันปาล์มเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (การะบบรตุกสารอินทรีย์ 7.56, 10.03 และ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

4.1.6 ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียเข้าและออกระบบ (pH)

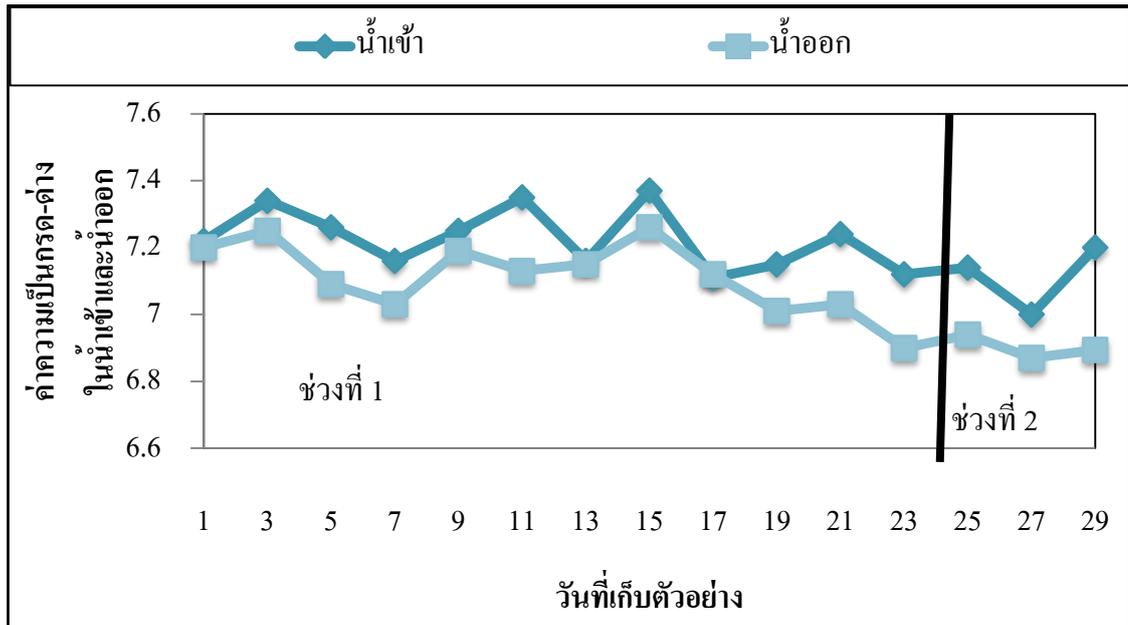
จากการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 200 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมงน้ำเสียเข้าระบบมีค่าความเป็นกรด-ด่างคิดเป็นค่าเฉลี่ย 7.29 ± 0.08 น้ำเสียออกระบบมีค่าความเป็นกรด-ด่าง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 7.09 ± 0.15 ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง สามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำเสียออกระบบที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าความเป็นกรด-ด่าง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 7.23 ± 0.09 และ 7.11 ± 0.21 น้ำเสียออกระบบมีค่าความเป็นกรด-ด่างคิดเป็นค่าเฉลี่ย 7.11 ± 0.11 และ 6.90 ± 0.07 ตามลำดับ และที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าความเป็นกรด-ด่าง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 7.31 ± 0.08 และ 7.17 ± 0.08 น้ำเสียออกระบบมีค่าความเป็นกรด-ด่าง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 7.20 ± 0.05 และ 6.97 ± 0.11 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำเสียออกระบบของช่วงที่ 2 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 1 เล็กน้อย

จากการศึกษาพบว่า ค่า ความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำออกจะต่ำกว่าน้ำเข้าเล็กน้อย เนื่องจากภาวะบรรทุกลสารอินทรีย์เข้าระบบค่อนข้างสูงทำให้ออกซิเจนในระบบไม่เพียงพอ จึงเกิดกระบวนการย่อยสลายแบบ Facultative และ Anaerobic ในบางบริเวณของระบบ ค่าความเป็นกรด -ด่างในน้ำออกจึงต่ำกว่าน้ำเข้า แต่ยังคงอยู่ในช่วงค่อนข้างเป็นกลาง เหมาะแก่การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ คือ ประมาณ 6.8-7.2 [22] และที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมงสามารถแบ่งช่วงการบำบัดได้ 2 ช่วง เนื่องจากช่วงที่ 2 ค่าความเป็นกรด-ด่างจะลดลงเล็กน้อย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhiqiang และคณะ [21] ได้ใช้ระบบ RBC บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ปนเปื้อนสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจน ที่ระยะเวลาเก็บ 5-9 ชั่วโมงและภาวะบรรทุกลสารอินทรีย์เท่ากับ 16-40 กรัมซีไอดี/ตารางเมตร-วัน พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของระบบอยู่ในช่วงที่ค่อนข้างเป็นกลางคือ 7.3-7.8 เหมาะแก่การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

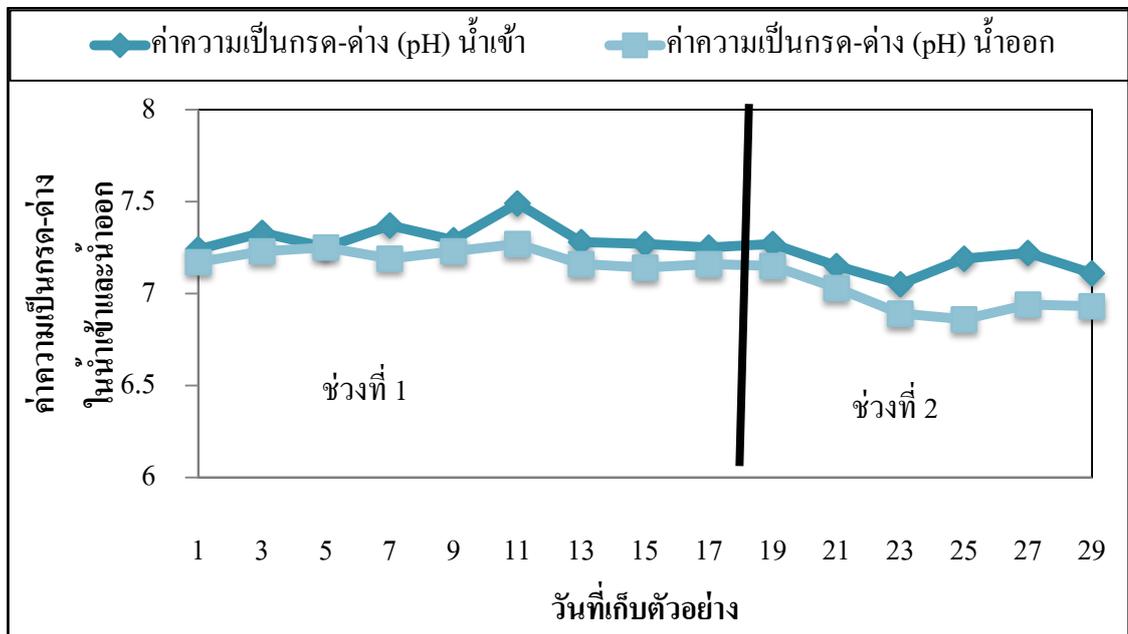
เมื่อนำมาแสดงในรูปกราฟเพื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรดด่างของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.25-4.27



รูปที่ 4.25 ค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (ภาวะบรรทุกลสารอินทรีย์ 7.56 กรัมบีไอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.26 ค่าความเป็นกรด-ด่างช่วงที่ 1 และ 2 ของน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 10.03 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



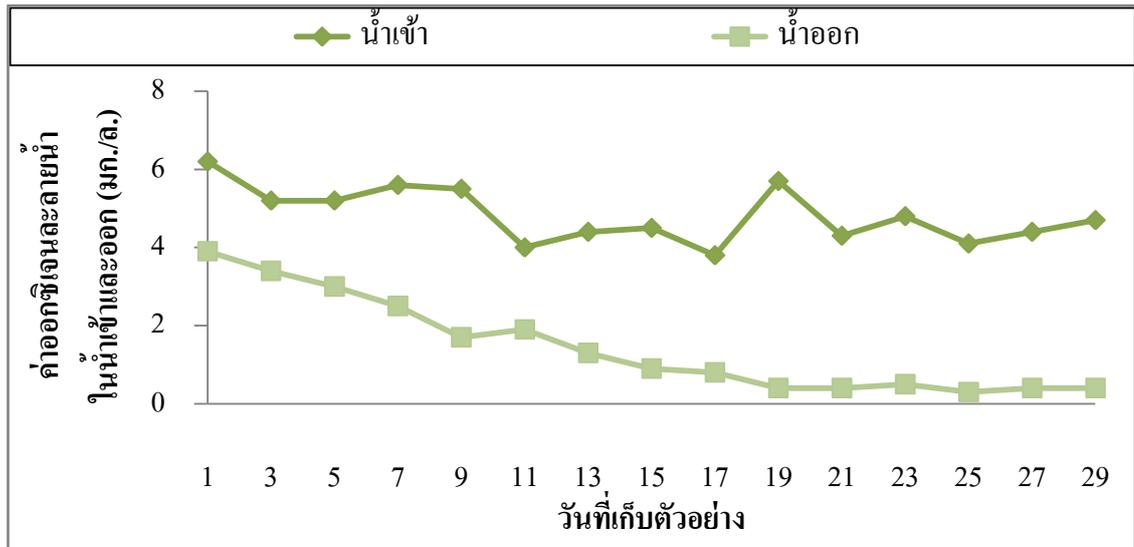
รูปที่ 4.27 ค่าความเป็นกรด-ด่างช่วงที่ 1 และ 2 ของน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)

4.1.7 ค่าออกซิเจนละลายน้ำของน้ำเสียเข้าและออกระบบ (Dissolved Oxygen: DO)

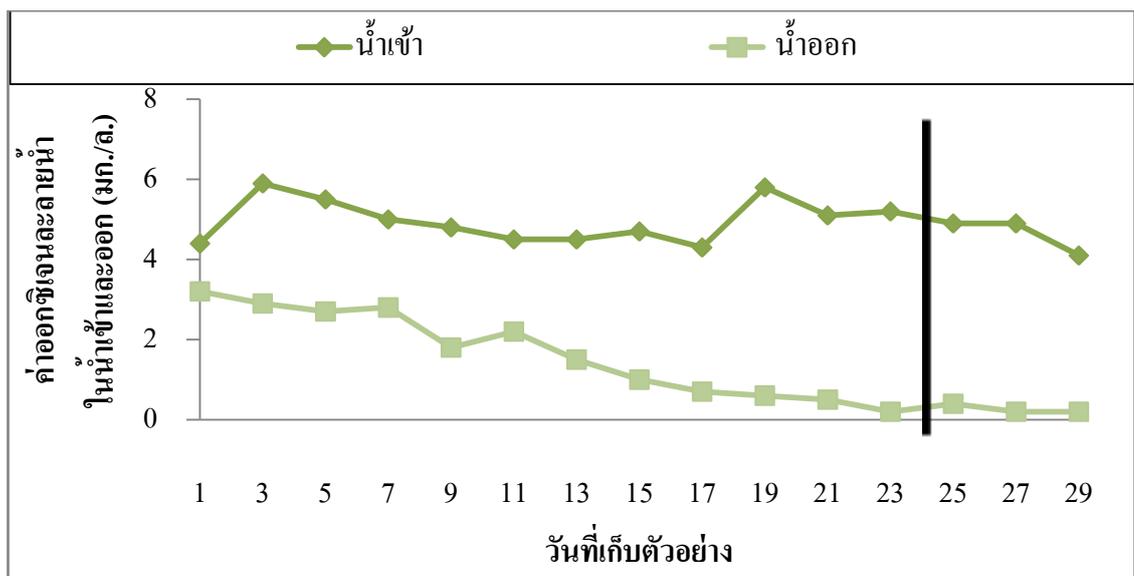
จากการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 200 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมงน้ำเสียเข้าระบบมีค่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.83 ± 1.42 น้ำเสียออกจากระบบมีค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 1.45 ± 2.45 ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง สามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ของน้ำเสียออกจากระบบที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.98 ± 1.08 และ 4.63 ± 0.46 น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 1.71 ± 1.04 และ 0.27 ± 0.12 ตามลำดับ และที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 3.39 ± 0.41 และ 3.30 ± 0.35 น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 1.97 ± 0.55 และ 0.37 ± 0.22 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 2 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 1 เล็กน้อย

จากการศึกษาพบว่าจากการศึกษาพบว่า ค่า ออกซิเจนละลายน้ำ ในน้ำออกจะต่ำกว่าน้ำเข้า เนื่องจากภาวะบรรทุกสารอินทรีย์เข้าระบบค่อนข้างสูงทำให้เชื้อจุลินทรีย์ต้องใช้ออกซิเจนในการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ และที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมงสามารถแบ่งช่วงการบำบัดได้ 2 ช่วง เนื่องจากช่วงที่ 2 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ จะลดลงเล็กน้อย เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์เริ่มตายและหลุดออกจากตัวกลางทำให้สารอินทรีย์ในระบบเพิ่มขึ้นอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ก็จะเพิ่มขึ้น ทำให้ความต้องการออกซิเจนเพิ่มขึ้นด้วย ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ในน้ำออกจึงลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhiqiang และคณะ [21] ได้ใช้ระบบ RBC บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ปนเปื้อนสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจน ที่ระยะเวลาเก็บ 5-9 ชั่วโมง และภาวะบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 16-40 กรัมซีไอดี/ตารางเมตร-วัน พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของของน้ำเข้าระบบเท่ากับ 8.1 มิลลิกรัม/ลิตร และเมื่อผ่านไป 5 วัน ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำออกลดลงเหลือ 3.9 มิลลิกรัม/ลิตร

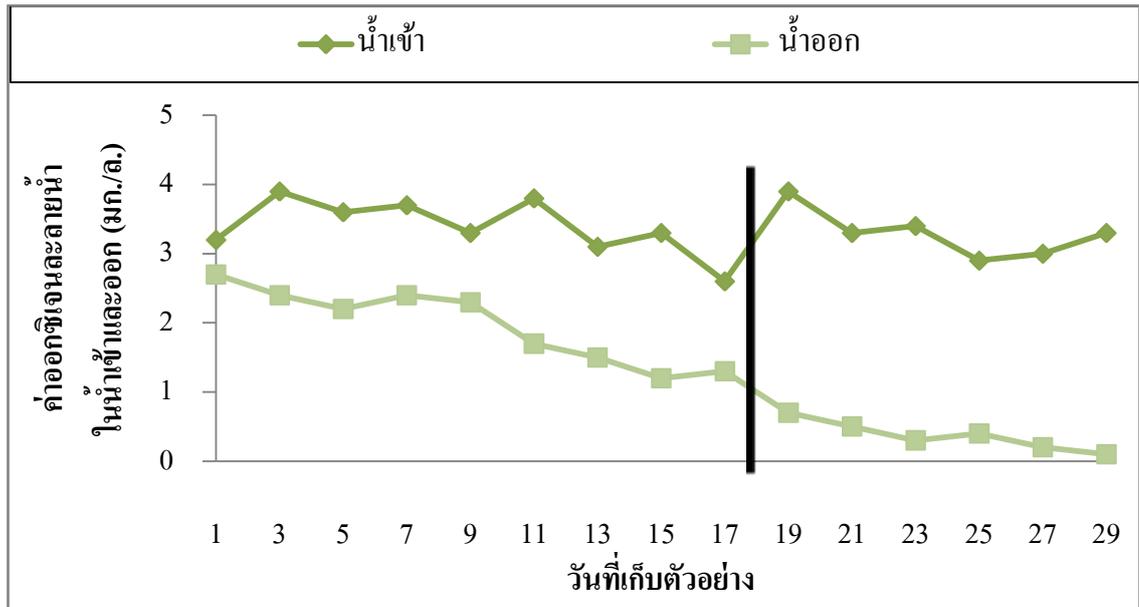
เมื่อนำมาแสดงในรูปกราฟเพื่อเปรียบเทียบค่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ของน้ำเสียเข้าและออกระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.28-4.30



รูปที่ 4.28 ค่าออกซิเจนละลายน้ำในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 7.56 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.29 ค่าออกซิเจนละลายน้ำช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 10.03 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



รูปที่ 4.30 ค่าออกซิเจนละลายน้ำช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)

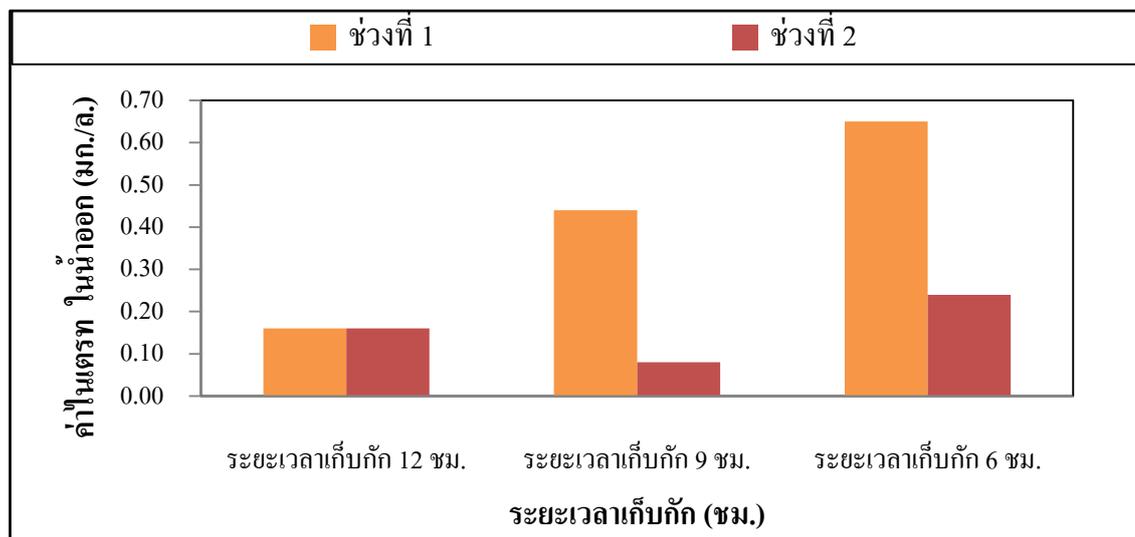
4.1.8 ปริมาณไนเตรทของน้ำเสียในระบบ (Nitrate)

จากการวิเคราะห์ค่า ไนเตรทที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 200 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 สามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่า ไนเตรทของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วงอย่างเห็นได้ชัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ไนเตรทน้อยมากหรือเท่ากับ 0 น้ำเสียออกจากระบบ มีค่าไนเตรทคิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.16 ± 0.17 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ไนเตรทน้อยมากหรือเท่ากับ 0 น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ไนเตรทช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.44 ± 0.21 และ 0.08 ± 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ไนเตรทน้อยมากหรือเท่ากับ 0 น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ไนเตรทช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.65 ± 0.18 และ 0.24 ± 0.10 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าไนเตรทของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2

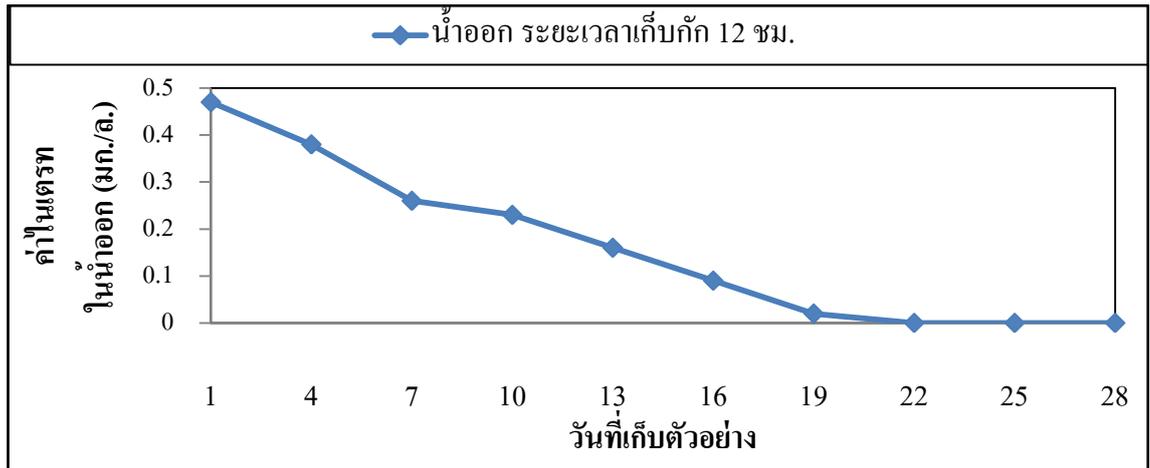
จากการศึกษาพบว่าในน้ำเข้าพบว่ามีความไนเตรทน้อยมากหรือเท่ากับ 0 ในขณะที่น้ำออกสามารถตรวจพบค่าไนเตรท โดยค่าไนเตรทในน้ำออกมีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัด และที่ระยะเวลาเก็บกัก 9

และ 6 ชั่วโมงสามารถแบ่งช่วงการบำบัดเป็น 2 ช่วงเนื่องจากช่วงที่ 2 จะมีอัตราการเกิดของไนเตรทลดลงอย่างเห็นได้ชัดเป็นผลมาจากค่าการบริโภคนิวโตรเจนที่ค่อนข้างสูงที่ส่งผลให้อัตราการใช้ ออกซิเจนเพื่อเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์สูงขึ้น จึงทำให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำต่ำลง จนสามารถเกิดกระบวนการ Denitrification ได้ กล่าวคือ Denitrification เป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากจุลินทรีย์ประเภท Facultative Organisms ซึ่งจะใช้ออกซิเจนในรูปออกซิเจนละลายน้ำหรือออกซิเจนที่อยู่ในรูปสารประกอบเพื่อนำมาใช้ในกระบวนการ Metabolism สารอินทรีย์ต่างๆ ในน้ำเสีย โดยถ้าออกซิเจนละลายน้ำไม่เพียงพอจุลินทรีย์ประเภทนี้จะเริ่มดึงออกซิเจนที่อยู่ในรูปสารประกอบ รวมทั้งไนเตรทมาใช้ [23] จึงทำให้ค่าไนเตรทในน้ำมีแนวโน้มลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhiqiang และคณะ [21] ได้ใช้ระบบ RBC บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ปนเปื้อนสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจน พบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 ชั่วโมง การบริโภคนิวโตรเจนจาก 40 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน พบ ไนเตรทในน้ำเสียออกระบบ 8.8 ± 0.3 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ถ้าเพิ่มระยะเวลาเก็บกักเป็น 9 ชั่วโมง การบริโภคนิวโตรเจนเท่ากับ 16 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน ค่าไนเตรทในน้ำเสียออกระบบจะลดลงเป็น 8.3 ± 0.6 มิลลิกรัม/ลิตร และสอดคล้องกับงานวิจัยของ

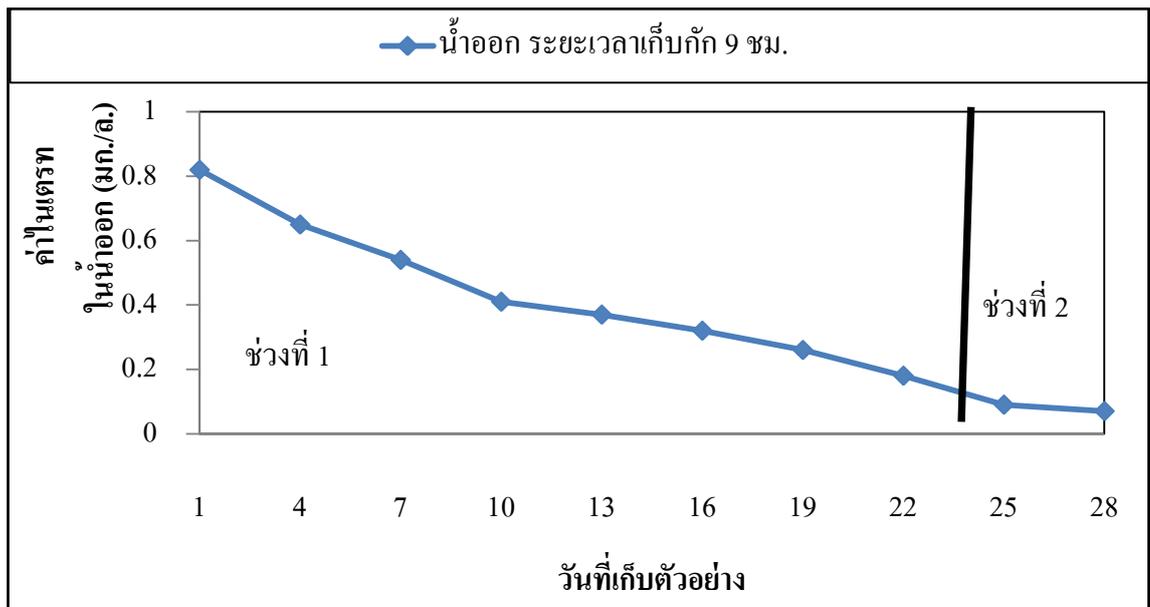
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า ไนเตรทออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.31 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.32-4.34



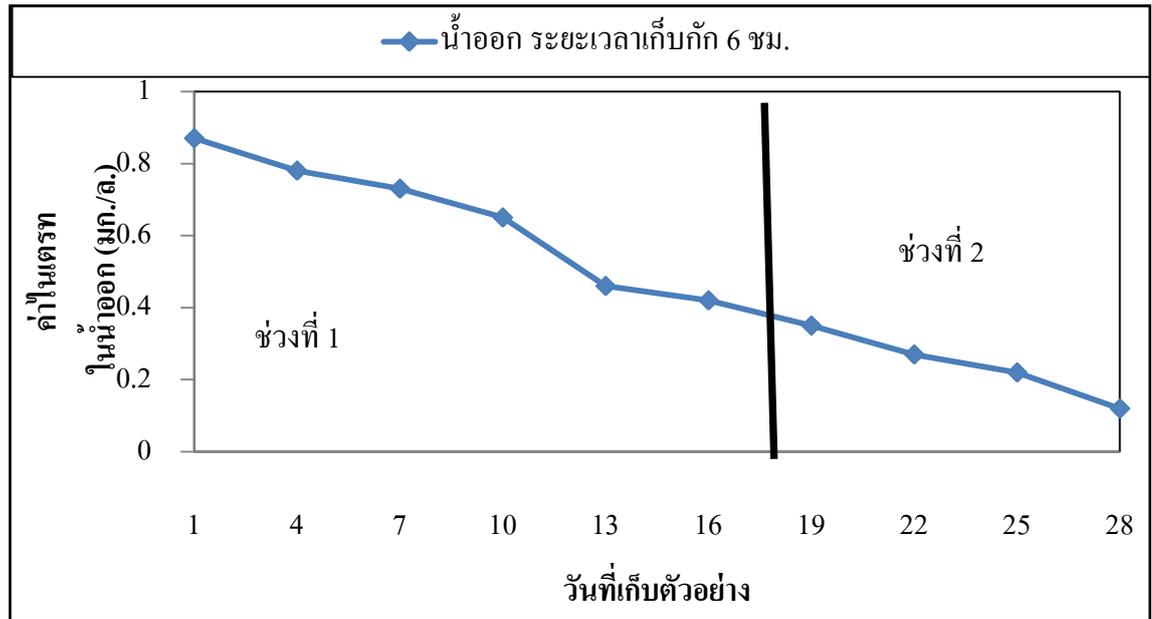
รูปที่ 4.31 ค่าไนเตรทช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออกของระบบที่มีน้ำมัน 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (การบริโภคนิวโตรเจน 7.56, 10.03 และ 15.12 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.32 ค่าไนเตรทช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออกของระบบที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การระบรทุกสารอินทรีย์ 7.56 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.33 ค่าไนเตรทช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออกของระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การระบรทุกสารอินทรีย์ 10.03 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.34 ค่าไนเตรทในน้ำออกช่วงที่ 1 และ 2 ของระบบที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

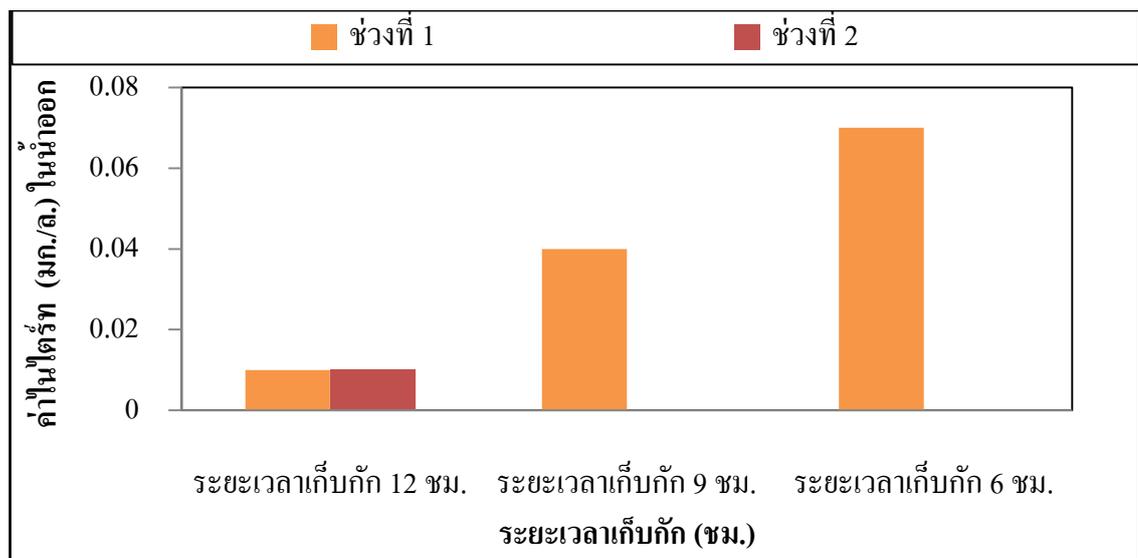
4.1.9 ปริมาณไนไตรท์ของน้ำเสียในระบบ (Nitrite)

จากการวิเคราะห์ค่าไนไตรท์ที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 200 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมงสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่าไนไตรท์ของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วงอย่างเห็นได้ชัด โดยที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่าไนไตรท์น้อยมากหรือเท่ากับ 0 น้ำเสียออกจากระบบ มีค่าไนไตรท์คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.01 ± 0.03 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่าไนไตรท์น้อยมากหรือเท่ากับ 0 น้ำเสียออกจากระบบมีค่าไนไตรท์ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.04 ± 0.05 และ 0.00 ± 0.00 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่าไนไตรท์น้อยมากหรือเท่ากับ 0 น้ำเสียออกจากระบบมีค่าไนไตรท์ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.07 ± 0.07 และ 0.00 ± 0.00 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าไนไตรท์ของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2

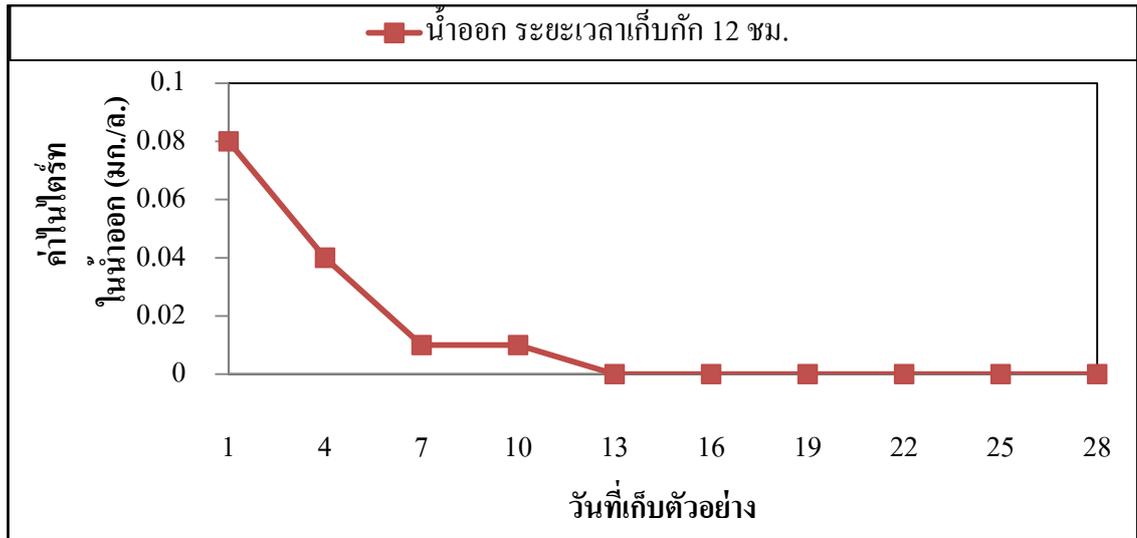
จากการศึกษาพบว่า ในน้ำเข้าพบว่ามีค่าไนไตรท์น้อยมากหรือเท่ากับ 0 ในขณะที่น้ำออกสามารถตรวจพบค่าไนไตรท์ปริมาณไนไตรท์ในน้ำเสียน้อยมาก เนื่องจากไนไตรท์เป็นสารตัวกลางในการ

เปลี่ยนรูปของไนเตรทของกระบวนการ Denitrification และที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง สามารถแบ่งช่วงการบำบัดเป็น 2 ช่วงไนเตรทมีแนวโน้มลดลงจากการบวนการ Denitrification ที่ Facultative Organism จะเปลี่ยนรูปไนเตรทเป็นไนไตรท์ซึ่งเป็นสารตัวกลางเพื่อนำออกซิเจนที่อยู่ในรูปสารประกอบมาใช้ และสิ้นสุดที่ก๊าซไนโตรเจน [23] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhiqiang และคณะ [21] ได้ใช้ระบบ RBC บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ปนเปื้อนสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจน พบว่าถ้าที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 ชั่วโมง ภาระบรรทุกสารอินทรีย์จาก 40 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน พบไนเตรทในน้ำเสียออกจากระบบ 1.5 ± 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ถ้าเพิ่มระยะเวลาเก็บกักเป็น 9 ชั่วโมง ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 16 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน ค่าไนเตรทในน้ำเสียออกจากระบบจะลดลงเป็น 3.6 ± 0.6 มิลลิกรัม/ลิตร

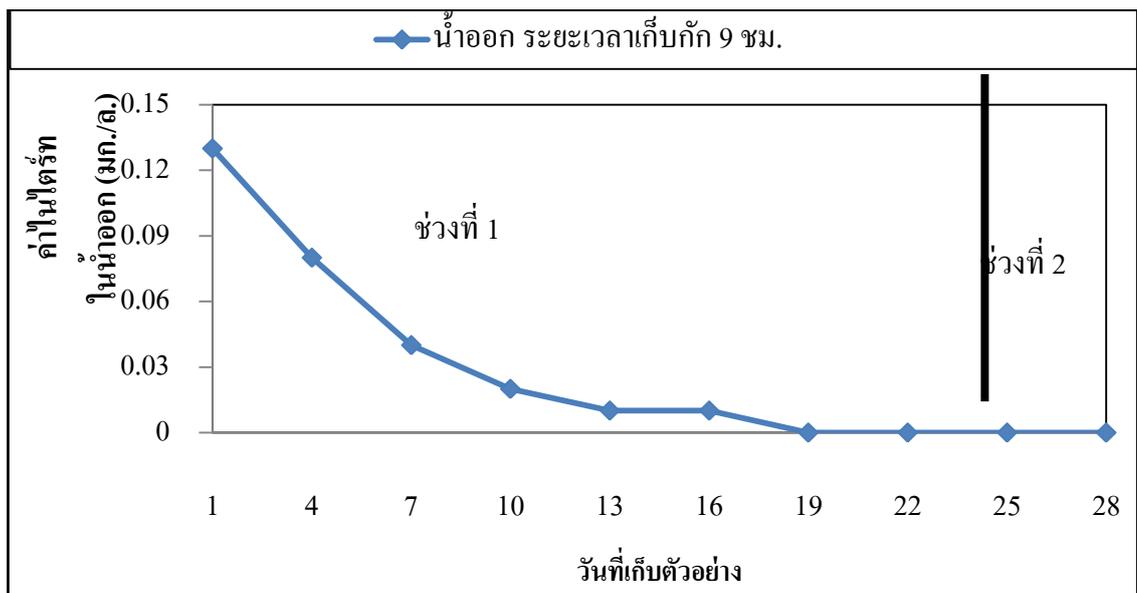
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า ไนเตรทในน้ำเสียออกจากระบบบำบัดที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.35 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.36-4.38



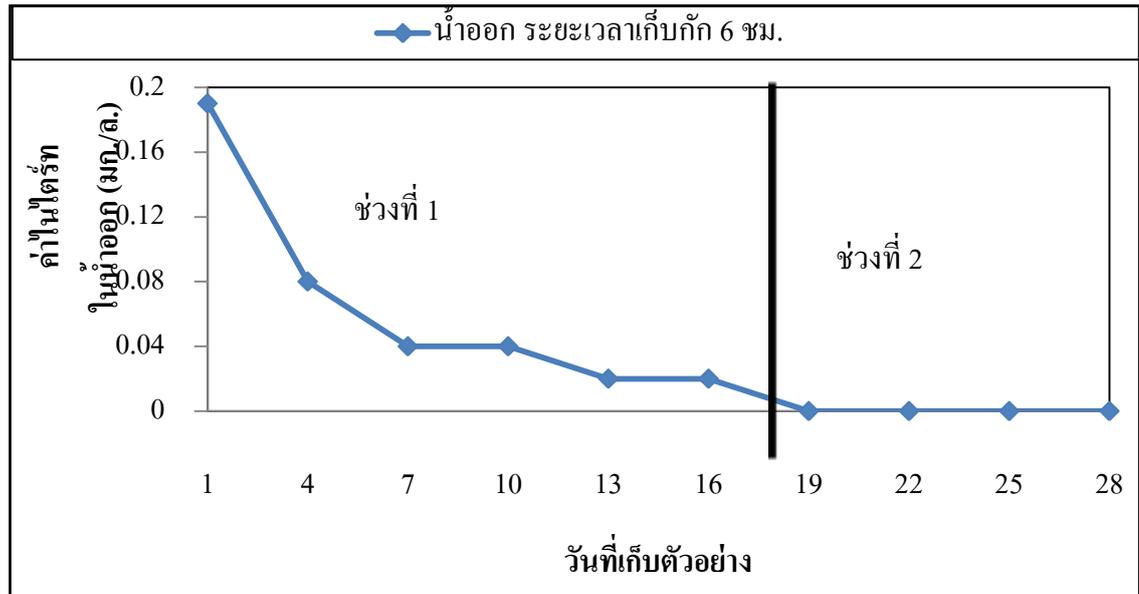
รูปที่ 4.35 ค่าไนเตรทช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออกของระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 7.56, 10.03 และ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.36 ค่าไนเตรทช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออกของระบบที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 7.56 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.37 ค่าไนเตรทช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออกของระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10.03 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



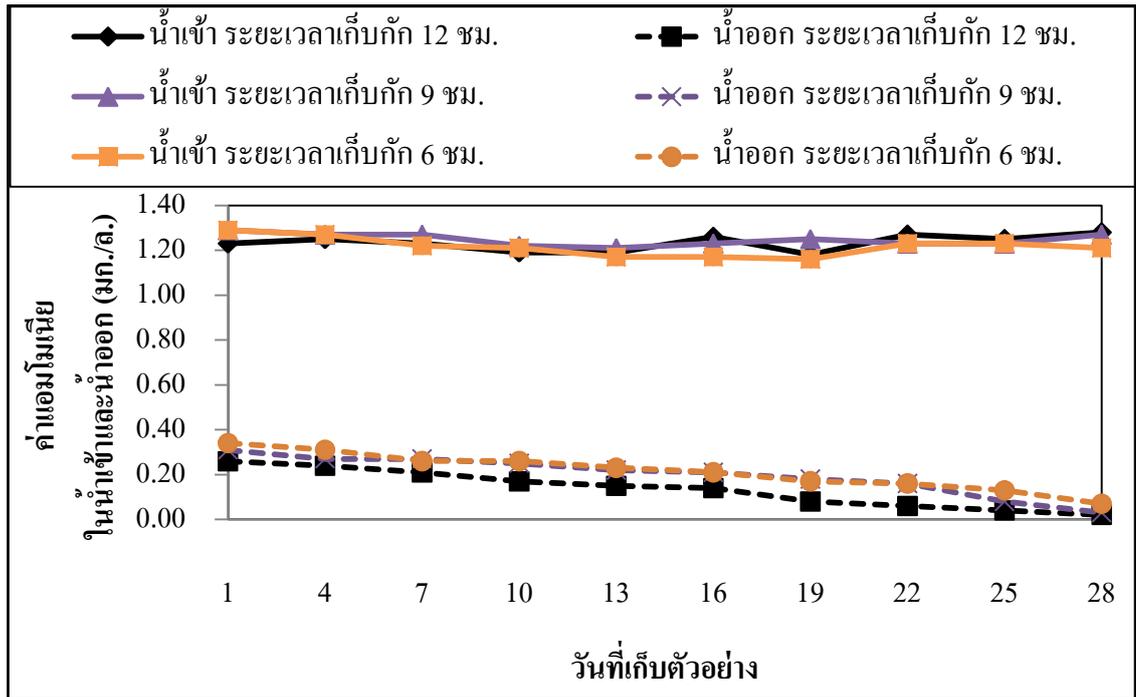
รูปที่ 4.38 ค่าไนเตรทช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออกของระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

4.1.10 ปริมาณแอมโมเนียของน้ำเสียในระบบ (Ammonia)

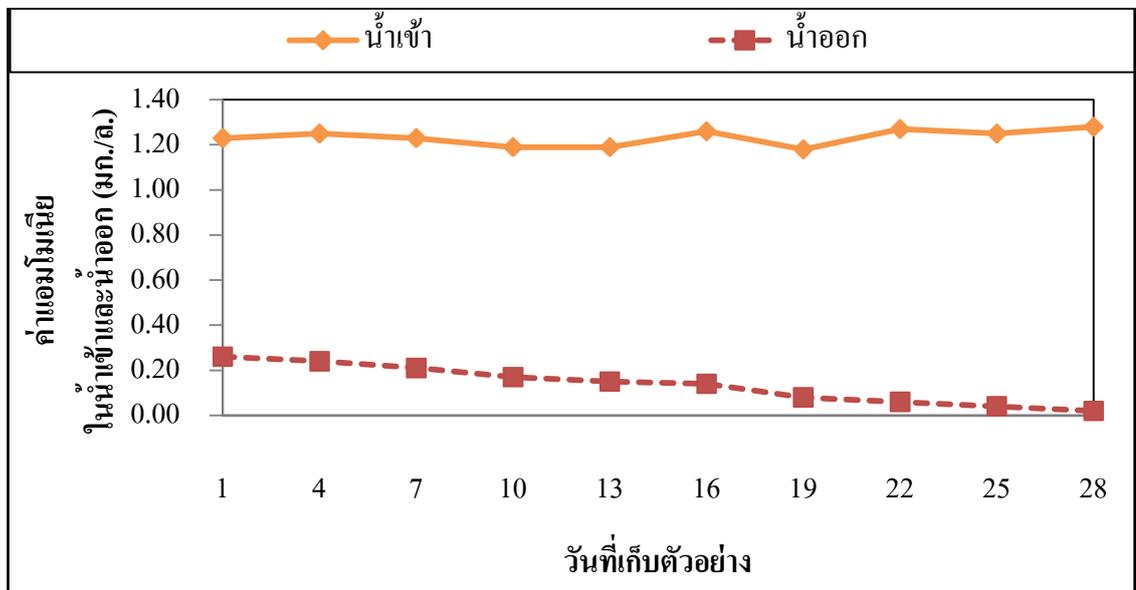
จากการวิเคราะห์ค่า แอมโมเนีย ที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 200 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 สามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่าแอมโมเนียของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วงอย่างเห็นได้ชัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่า แอมโมเนียคิดเป็นค่าเฉลี่ย 1.23 ± 0.04 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่าแอมโมเนียคิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.14 ± 0.08 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 88.83 ± 6.89 ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าแอมโมเนีย คิดเป็นค่าเฉลี่ย 1.25 ± 0.03 และ 1.25 ± 0.03 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่าแอมโมเนียคิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.23 ± 0.05 และ 0.06 ± 0.04 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ $81.29.13 \pm 3.75$ และ 95.57 ± 2.93 ตามลำดับ และที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าแอมโมเนียคิดเป็นค่าเฉลี่ย 1.22 ± 0.05 และ 1.21 ± 0.03 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า แอมโมเนีย คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.27 ± 0.05 และ 0.13 ± 0.05 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 78.14 ± 3.08 และ 89.00 ± 3.86 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าแอมโมเนียของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 2 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 1 และประสิทธิภาพการบำบัดของช่วงที่ 2 จะสูงกว่าช่วงที่ 1 ด้วย

จากการศึกษาพบว่าระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าแอมโมเนีย โดยน้ำออกจะมีค่าแอมโมเนียลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเข้า และอัตราการบำบัดแอมโมเนียมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อเวลาผ่านไปฟิล์มชีวะที่หนาขึ้นทำให้ชั้นในสุดของฟิล์มชีวะเกิดสภาวะไร้อากาศและหลุดลอกออกในที่สุด ทำให้เกิดการย่อยสลายฟิล์มที่หลุดลอกหรืออาจกล่าวได้ว่าเกิดการย่อยสลายเซลล์จุลินทรีย์ที่ตายแล้วเพิ่มขึ้น จึงทำให้เกิดการย่อยสลายแอมโมเนียเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhiqiang และคณะ [21] ได้ใช้ระบบ RBC บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ปนเปื้อนสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจน พบว่าถ้าที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 ชั่วโมง ภาระบรรทุกสารอินทรีย์จาก 40 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน พบแอมโมเนียในน้ำเสียออกระบบ 19.4 ± 1.3 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ถ้าเพิ่มระยะเวลาเก็บกักเป็น 9 ชั่วโมง ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 16 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน ค่าแอมโมเนียในน้ำเสียออกระบบจะลดลงเป็น 10.1 ± 1.3 มิลลิกรัม/ลิตร และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sirianuntapiboon และ Chuamkaew [10] ได้ศึกษาการใช้ระบบ Packed Cage RBC ในการบำบัดน้ำเสียที่มีไซยาไนด์ปนเปื้อนที่ระยะเวลาเก็บกัก 16, 12 และ 8 ชั่วโมงพบว่าที่ความเข้มข้นของไซยาไนด์ 40 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกักมากที่สุดเท่ากับ 16 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำสุดเท่ากับ 2.04 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน น้ำเสียออกจากระบบจะมีค่าแอมโมเนียต่ำสุดเท่ากับ 7.9 ± 1.8 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้อยที่สุดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงสุดคือ 4.07 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน จะมีค่าแอมโมเนียในน้ำออกมากที่สุดคือ 9.2 ± 1.6 มิลลิกรัม/ลิตร

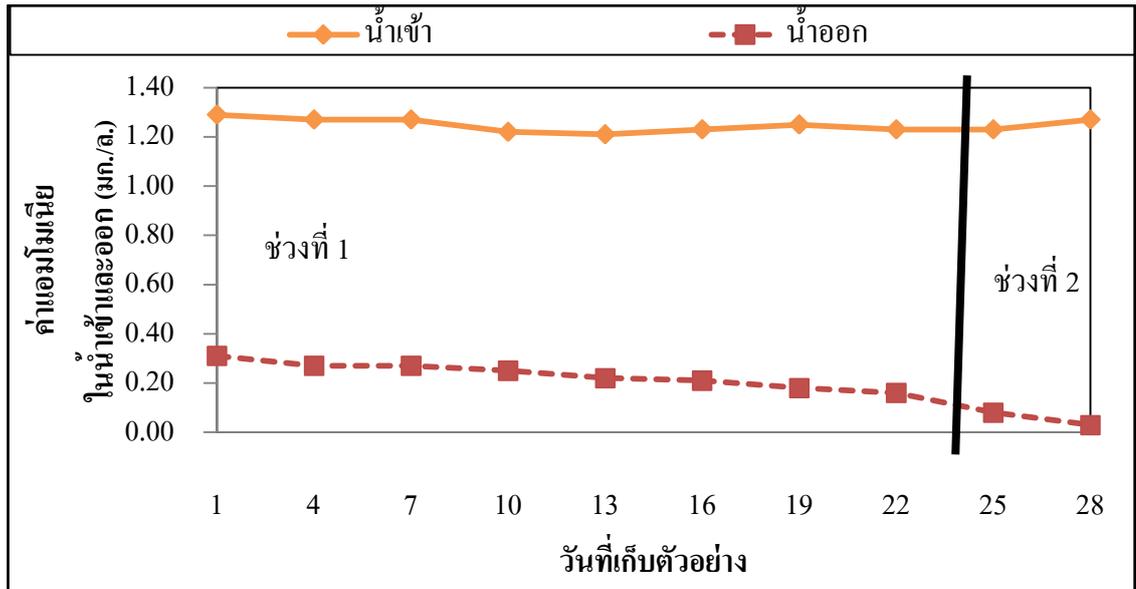
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่าแอมโมเนียของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.39 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.40-4.42 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่าแอมโมเนียของทั้งสองช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.43



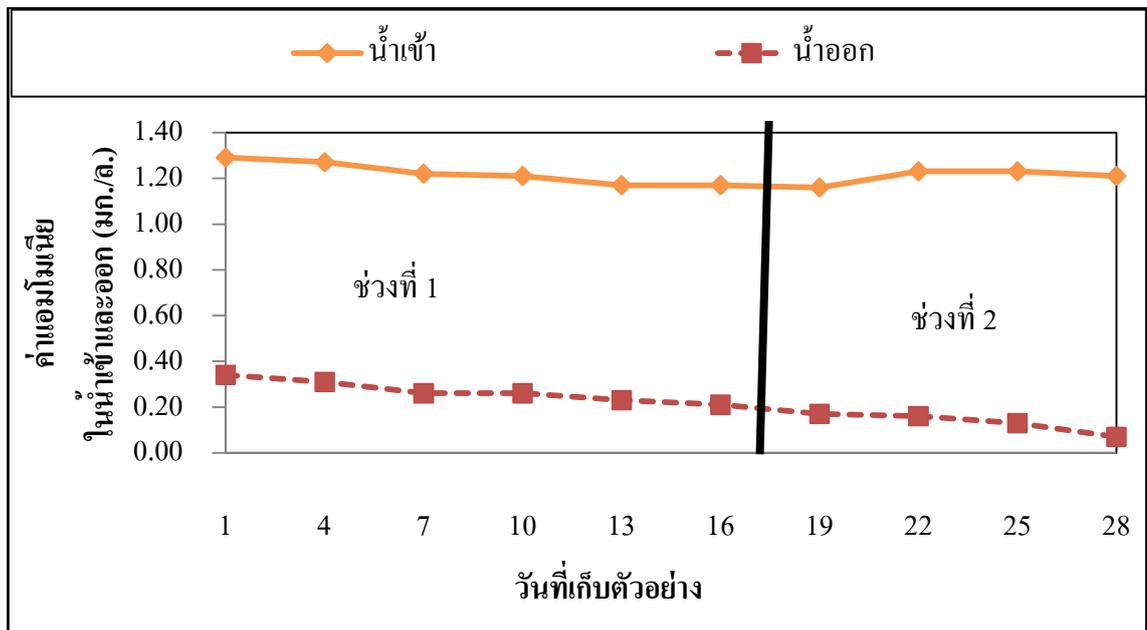
รูปที่ 4.39 ค่าแอมโมเนียในน้ำเข้าและออก ของระบบที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 7.56, 10.03 และ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



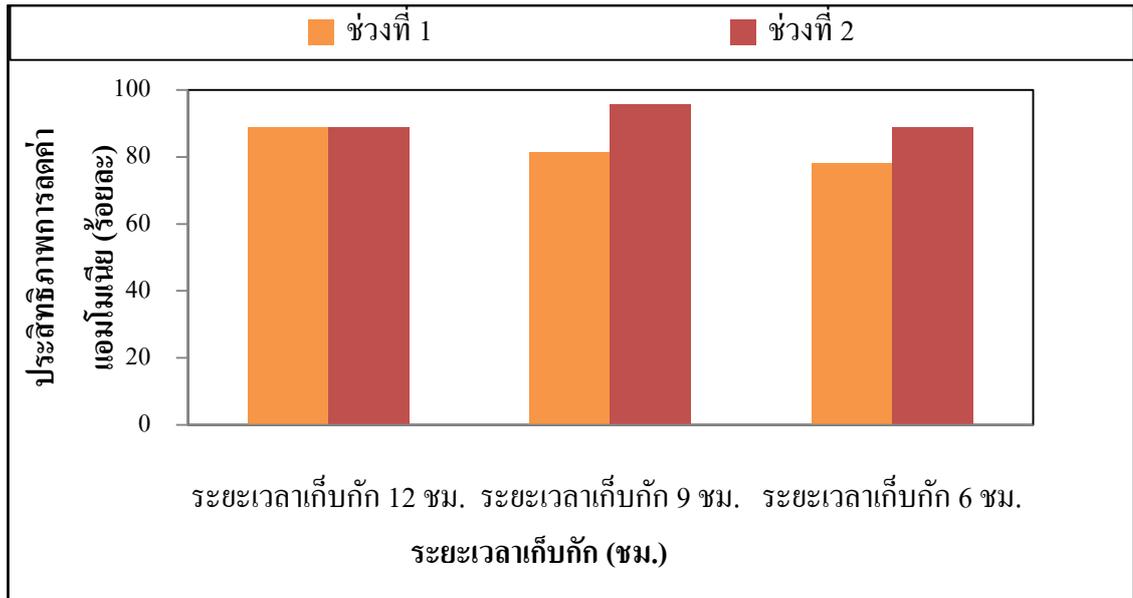
รูปที่ 4.40 ค่าแอมโมเนียในน้ำเข้าและออกของระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 200มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 7.56 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.41 ค่าแอมโมเนียช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การระบรทุกสารอินทรีย์ 10.03 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.42 ค่าแอมโมเนียช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การระบรทุกสารอินทรีย์ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.43 ประสิทธิภาพการลดค่าแอมโมเนียในช่วงที่ 1 และ 2 ที่ความเข้มข้นของน้ำมัน 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาวะบรรทุกลูกสารอินทรีย์ 7.56, 10.03 และ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

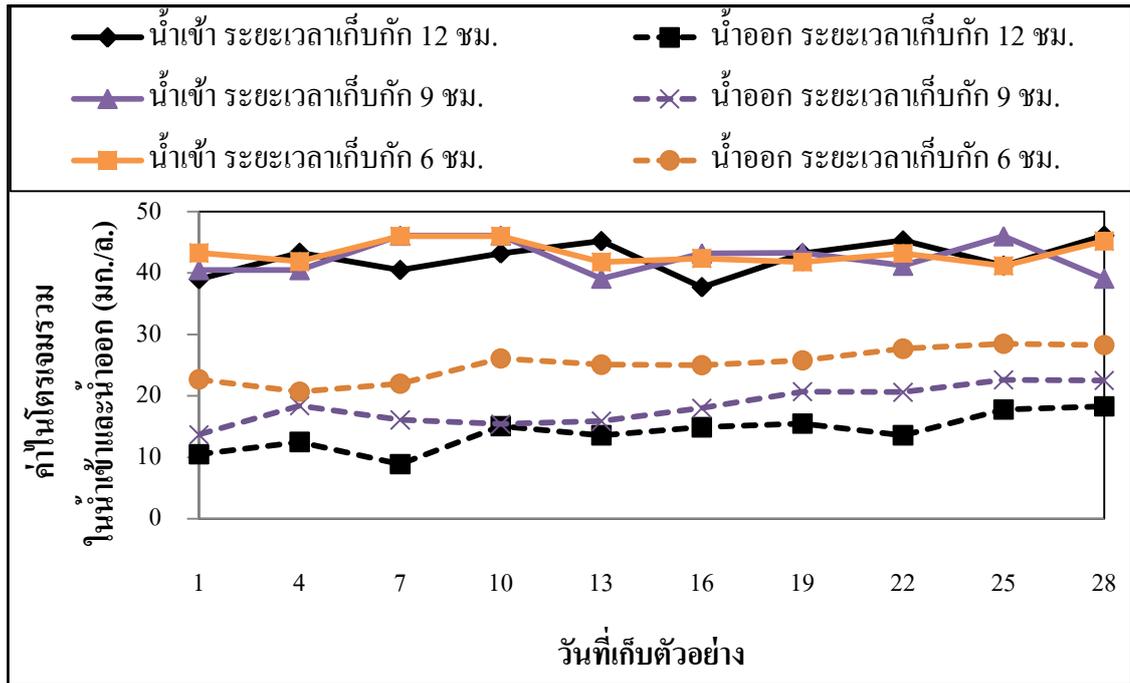
4.1.11 ประสิทธิภาพการลดค่าผลรวมไนโตรเจนของระบบ (Total Nitrogen)

จากการวิเคราะห์ผลรวมไนโตรเจนที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 200 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ที่ ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง สามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาผลรวมไนโตรเจนของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วงอย่างเห็นได้ชัด โดยที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีผลรวมไนโตรเจนคิดเป็นค่าเฉลี่ย 42.50 ± 2.81 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่าผลรวมไนโตรเจนคิดเป็นค่าเฉลี่ย 14.10 ± 2.95 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 66.89 ± 6.64 ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าผลรวมไนโตรเจนคิดเป็นค่าเฉลี่ย 42.50 ± 2.63 และ 42.55 ± 4.88 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีผลรวมไนโตรเจนคิดเป็นค่าเฉลี่ย 17.35 ± 2.51 และ 22.55 ± 0.07 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 59.03 ± 6.48 และ 46.66 ± 5.95 ตามลำดับ ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีผลรวมไนโตรเจนคิดเป็นค่าเฉลี่ย 43.57 ± 1.96 และ 42.85 ± 1.78 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่าผลรวมไนโตรเจนคิดเป็นค่าเฉลี่ย 23.60 ± 2.11 และ 27.58 ± 1.23 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 45.77 ± 5.10 และ 35.59 ± 3.33 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง ผลรวมไนโตรเจนของ

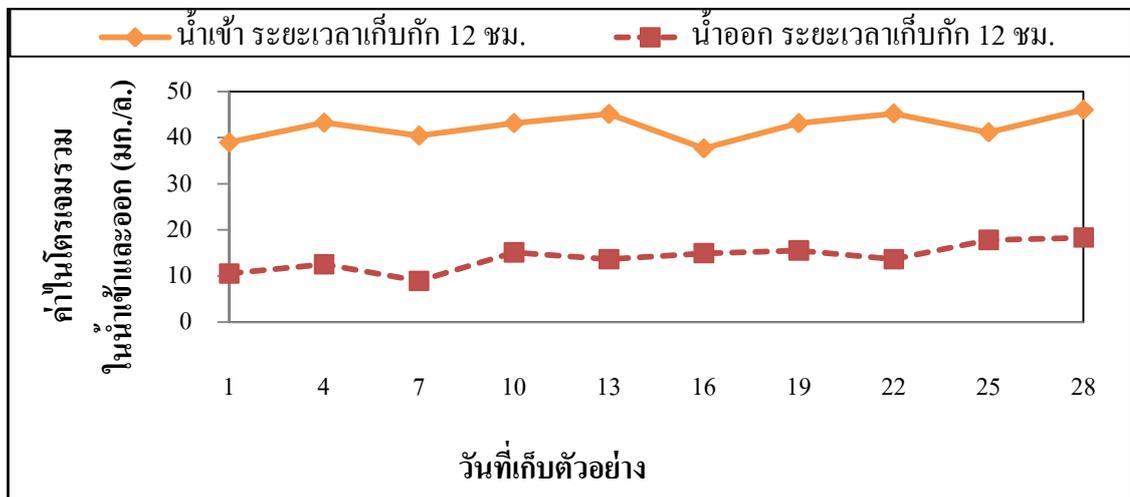
น้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2 และประสิทธิภาพการบำบัดของช่วงที่ 1 จะสูงกว่าช่วงที่ 2 ด้วย

จากการศึกษาพบว่า ระบบ Packed Cage RBC มีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าผลรวมไนโตรเจนและประสิทธิภาพการบำบัดค่าผลรวมไนโตรเจนจะแปรผันตามระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย หรือแปรผกผันกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ โดยระบบที่มีระยะเวลาเก็บกักนาน หรือมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำ จะมีประสิทธิภาพการบำบัดที่ดีกว่า เนื่องจากจุลินทรีย์ที่เติบโตในระบบที่รับภาระบรรทุกต่ำจะมีอัตราการเจริญเติบโตและตายช้ากว่าระบบที่รับภาระบรรทุกสูง และ พบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง สามารถแบ่งช่วงการบำบัดเป็น 2 ช่วงเนื่องจากช่วงที่ 2 จะมีประสิทธิภาพการบำบัดลดลง เนื่องจากฟิล์มชีวภาพที่เริ่มหนาเกินไปจะเริ่มหลุดลอกออกจากตัวกลาง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhiqiang และคณะ [21] ได้ใช้ระบบ RBC บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ปนเปื้อนสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจน พบว่าถ้าที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 ชั่วโมง ภาระบรรทุกสารอินทรีย์จาก 40 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน พบว่าประสิทธิภาพการบำบัด ค่าผลรวมไนโตรเจนคิดเป็นร้อยละ 40.2 แต่ถ้าเพิ่มระยะเวลาเก็บกักเป็น 9 ชั่วโมง ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 16 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน ประสิทธิภาพการบำบัดค่าผลรวมไนโตรเจนจะเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 61.4

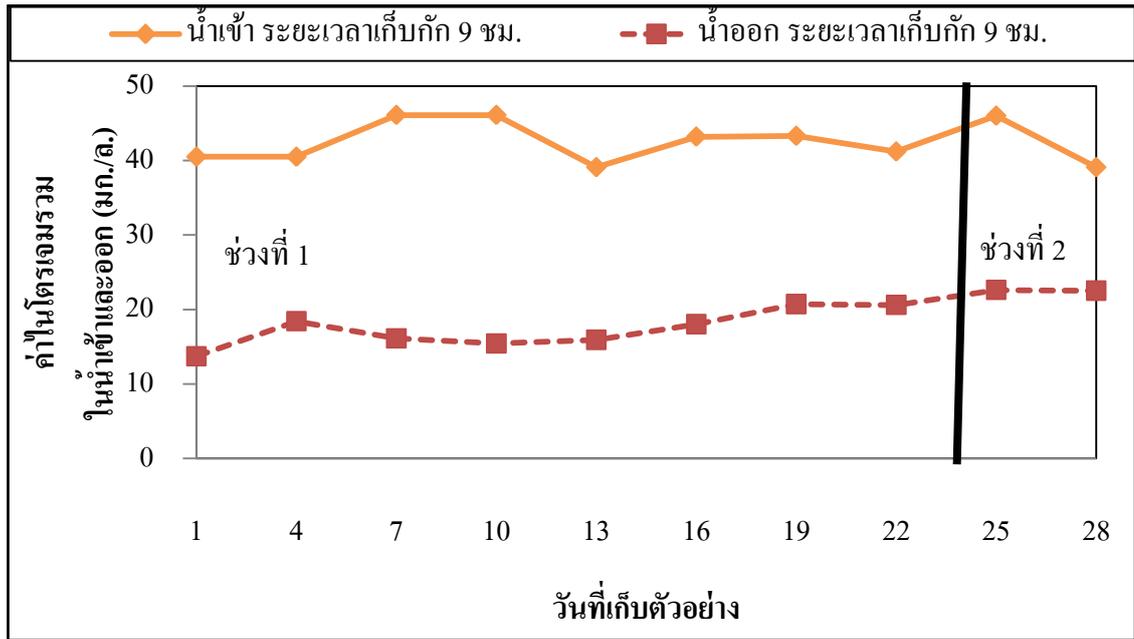
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า ค่าผลรวมไนโตรเจน ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.44 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.45-4.47 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่าผลรวมไนโตรเจนของทั้งสองช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.48



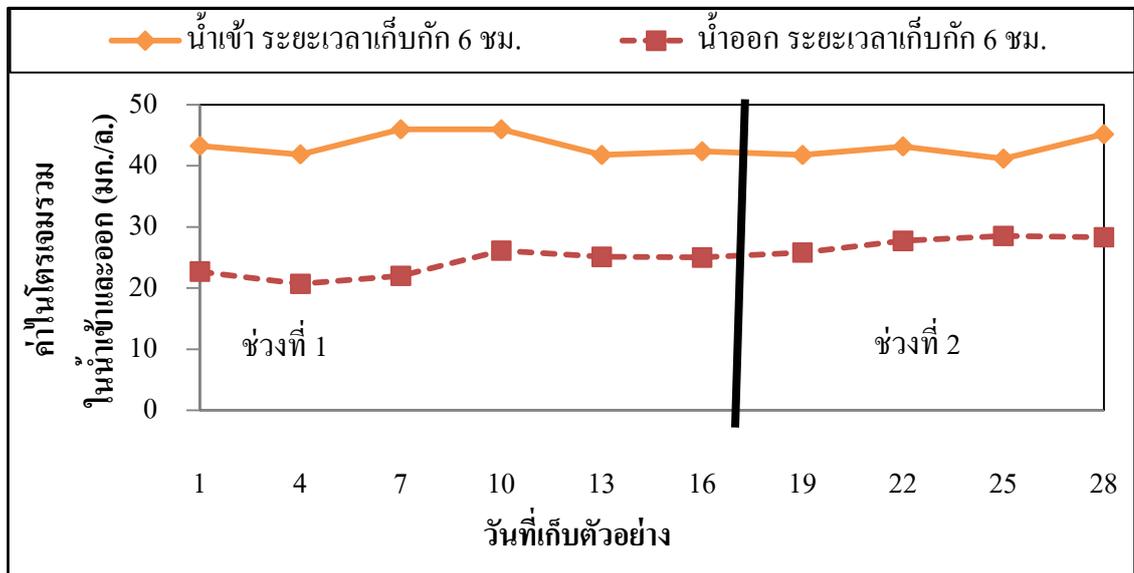
รูปที่ 4.44 ค่าผลรวมไนโตรเจนของระบบที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 7.56, 10.03 และ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



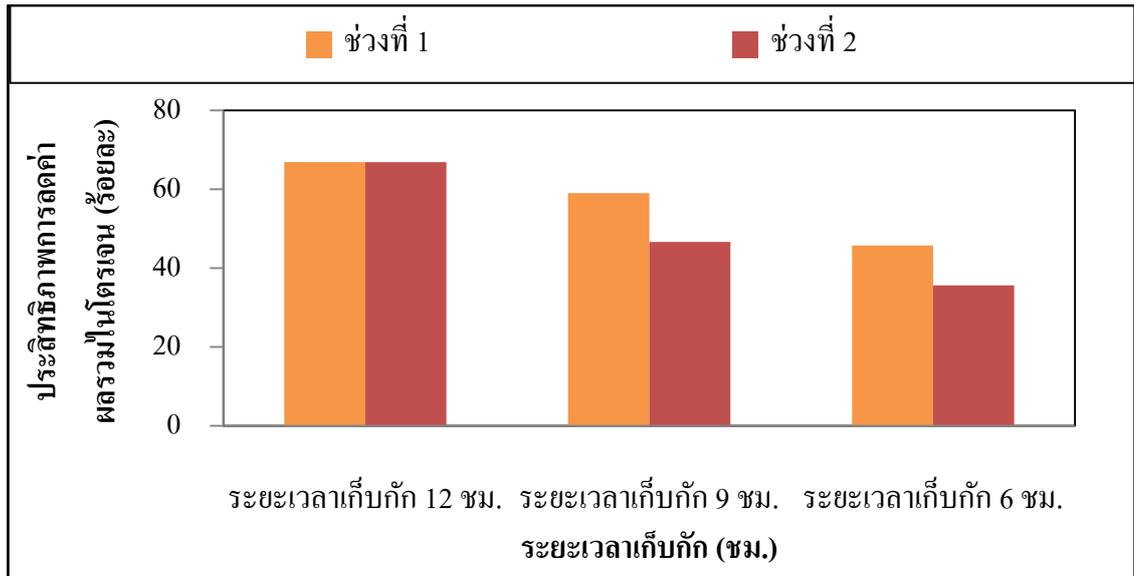
รูปที่ 4.45 ค่าผลรวมไนโตรเจนในน้ำเข้าและออก ของระบบที่มีน้ำมันปาล์มเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 7.56 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



รูปที่ 4.46 ค่าผลรวมไนโตรเจนในช่วงที่ 1 และ 2 ของระบบที่มีน้ำมันปาล์มเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ 10.03 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



รูปที่ 4.47 ค่าผลรวมไนโตรเจนในช่วงที่ 1 และ 2 ของระบบที่มีน้ำมันปาล์มเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ 15.12 และ กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



รูปที่ 4.48 ประสิทธิภาพการลดค่าผลรวมไนโตรเจนในช่วงที่ 1 และ 2 ของระบบที่มีน้ำมัน 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ 7.56, 10.03 และ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

4.2 ผลการทดลองชุดที่ 2

การทดลองชุดที่ 2 นำเสียดังเคราะห์ที่เข้าระบบ Packed Cage RBC มีค่าบีโอดี ไม่รวมน้ำมันประมาณ 800 มิลลิกรัม/ลิตร เติมน้ำมันปาล์มที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้ค่าน้ำเสียดังเข้ามีค่าบีโอดี รวมเฉลี่ยประมาณ 1,427.06 มิลลิกรัม/ลิตร และแปรผันระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง

4.2.1 ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี Biological Oxygen Demand: BOD)

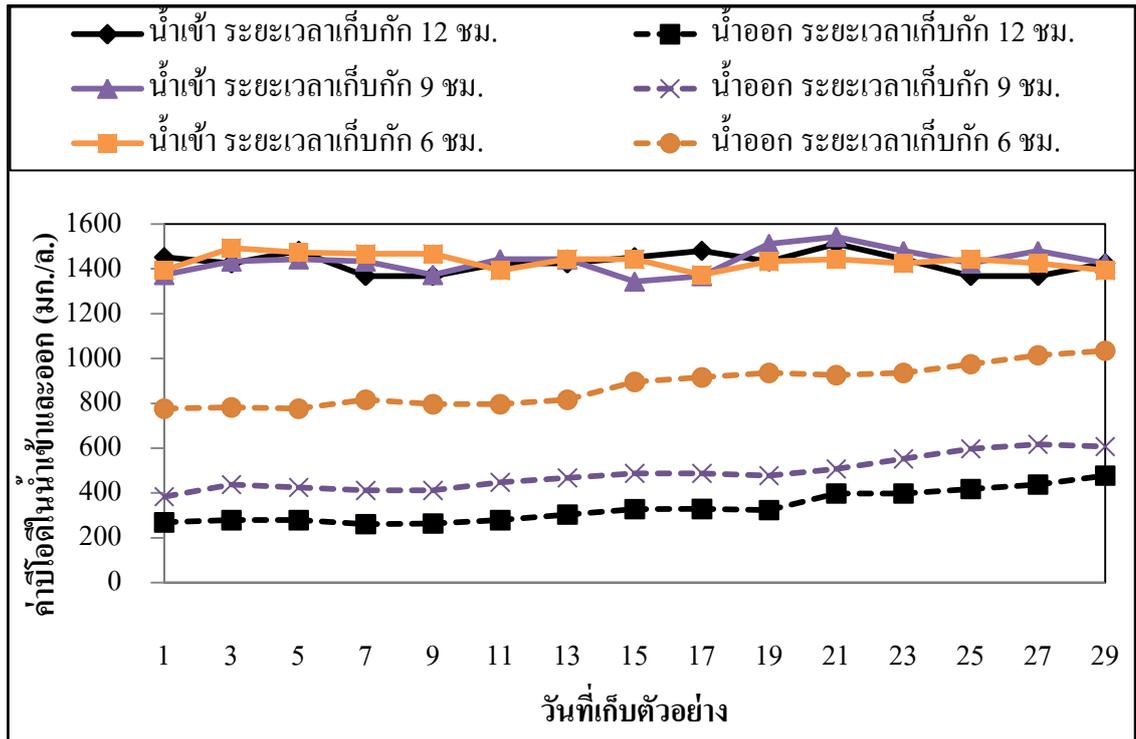
จากการวิเคราะห์ค่า บีโอดีที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 400 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียดังเคราะห์ที่เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่า บีโอดีของน้ำเสียดังออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วง โดยที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียดังเข้าระบบมีค่าบีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 1438.36±42.25 และ 1386.80±32.29 และ มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียดังออกจากระบบมีค่าบีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 309.09±48.21 และ 444.44±30.40 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 78.55±2.98 และ 67.97±1.50 ตามลำดับ ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียดังเข้าระบบมีค่าบีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 1427.75±61.20 และ 1452.05±32.29 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียดังออกจากระบบมีค่า บีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 449.43±39.30 และ 593.29±28.55 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 68.51±2.67 และ 59.11±2.41 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง ค่า บีโอดีของน้ำเสียดังออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2 และประสิทธิภาพการบำบัดของช่วงที่ 1 จะสูงกว่าช่วงที่ 2 ด้วยและที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียดังเข้าระบบมีค่า บีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 1446.52±36.73 และ 1418.97±26.31 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียดังออกจากระบบมีค่า บีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 806.68±39.24 และ 962.33±46.93 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 44.20±3.06 และ 32.16±3.64 ตามลำดับ

จากการทดลองนี้พบว่าประสิทธิภาพการบำบัด บีโอดีจะแปรผันตามระยะเวลาเก็บกัก กล่าวคือยิ่งระยะเวลาเก็บกักมากขึ้นประสิทธิภาพในการบำบัดจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มระยะเวลาเก็บกักเป็นการลดภาระบรรทุกสารอินทรีย์ในระบบจึงทำให้ระบบรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์น้อยลง ระบบจึงมีประสิทธิผลการลดค่า บีโอดีมากขึ้น อีกทั้งปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่มีจำกัดจึงเป็นตัวกำหนดการย่อยสลายสารอินทรีย์เพราะออกซิเจนเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ในน้ำ ถ้าภาระ

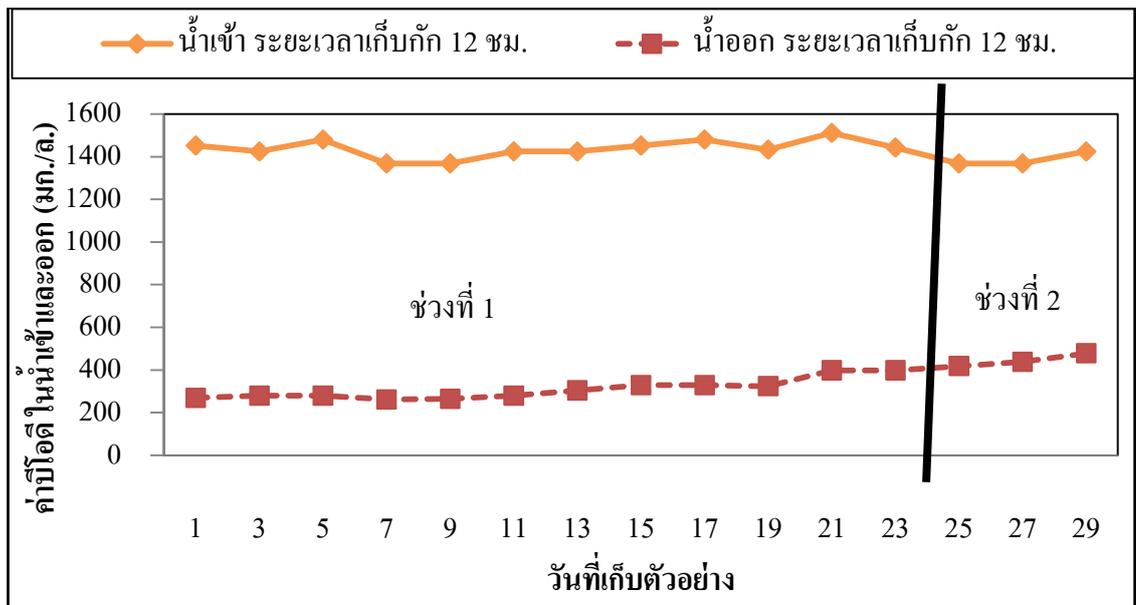
บรรทุกสารอินทรีย์ในระบบมากเกินไปออกซิเจนละลายน้ำของระบบจะไม่เพียงพอต่อการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบลดลง และการลดภาระบรรทุกสารอินทรีย์นี้จะไม่ทำให้ฟิล์มชีวะที่เจริญอยู่บนตัวกลางเฉิบ โดจนหนาและหลุดลอกเร็วเกินไปทำให้ระบบสามารถงประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดีได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sirianuntapiboon [7] ได้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียที่มีคลอรีนปนเปื้อน ด้วยระบบบำบัด Packed Cage RBC ที่ระยะเวลาเก็บกัก 16, 12 และ 8 ชั่วโมงพบว่าที่ระยะเวลาเก็บกักมากที่สุดเท่ากับ 16 ชั่วโมง ซึ่งมีการบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำสุดคือ 2.04 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน ระบบจะมีประสิทธิภาพการบำบัดค่อนข้างคงที่และกำจัด บีโอดีสูงสุดได้ถึง 2.01 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน คิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 92.5 ± 1.2 แต่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้อยที่สุดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งมีการบำบัดสูงสุดคือ 4.07 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน ระบบจะมีประสิทธิภาพการบำบัดไม่คงที่และมีประสิทธิภาพการบำบัดต่ำกว่า โดยสามารถกำจัด บีโอดีได้ 2.5 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน คิดเป็นร้อยละ 90.0 ± 2.0

นอกจากนี้จากการทดลอง พบว่า ควรแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วง เพราะประสิทธิภาพในช่วงที่สองลดลงต่ำกว่าช่วงแรกอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากฟิล์มชีวะที่ยึดเกาะตัวกลางเริ่มมีการหลุดลอกอันเป็นผลมาจากเชื้อจุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตมากขึ้นทำให้ฟิล์มชีวะหนาขึ้นจนชั้นในสุดออกซิเจนไม่สามารถแพร่ผ่านเข้าไปได้ ทำให้ฟิล์มชีวะด้านในเกิดสภาวะไร้อากาศเชื้อจุลินทรีย์จึงเริ่มตายและหลุดลอก ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดลดลง โดยที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมงเชื้อจุลินทรีย์จะเกิดการหลุดลอกออกจากตัวกลางเร็วกว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง เนื่องจากที่ระยะเวลาเก็บกักต่ำระบบต้องรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์มากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sirianuntapiboon และ Chuamkaew [10] ได้ศึกษาการใช้ระบบ Packed Cage RBC ในการบำบัดน้ำเสียที่มีไซยาไนด์ปนเปื้อน ที่ระยะเวลาเก็บกัก 16, 12 และ 8 ชั่วโมงพบว่าที่ความเข้มข้นของไซยาไนด์ 40 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกักมากที่สุดเท่ากับ 16 ชั่วโมง ซึ่งมีการบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำสุดเท่ากับ 2.04 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน มีประสิทธิภาพการบำบัด บีโอดี สูงสุดคิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 92.8 ± 0.7 แต่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้อยที่สุดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งมีการบรรทุกสารอินทรีย์สูงสุดคือ 4.07 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน จะมีประสิทธิภาพการบำบัดต่ำกว่า คิดเป็นร้อยละ 89.5 ± 0.5

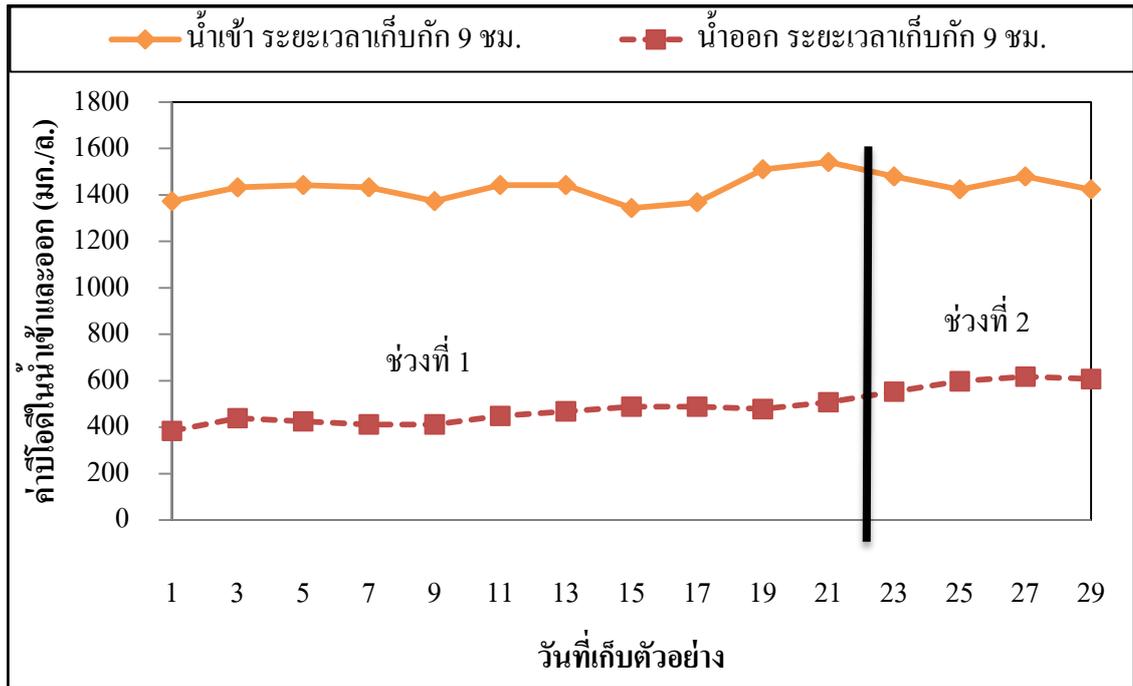
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า บีโอดีของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.49 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.50-4.52 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่า บีโอดีของทั้งสองช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.53



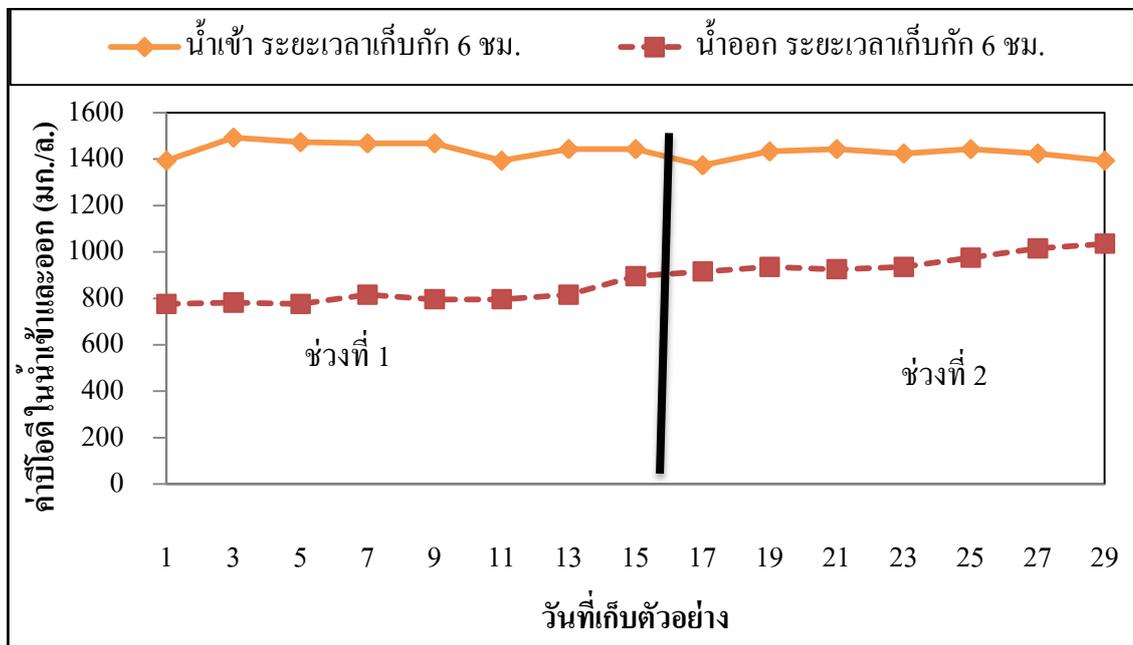
รูปที่ 4.49 ค่าบีโอดีในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันปาล์มเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (การระบรทุกสารอินทรีย์ 9.66, 12.81 และ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



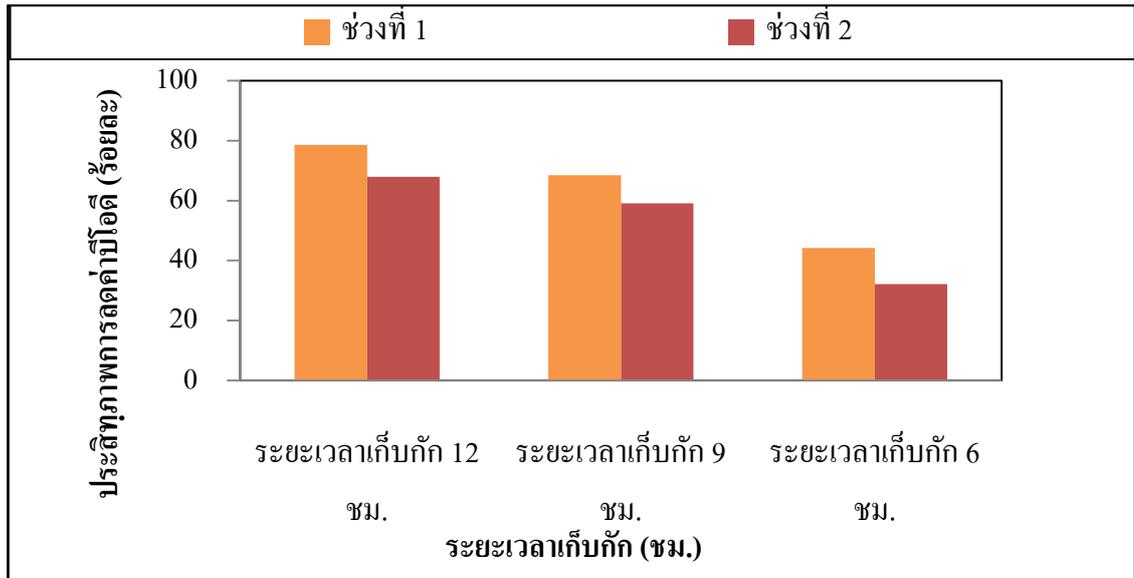
รูปที่ 4.50 ค่าบีโอดีช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การระบรทุกสารอินทรีย์ 9.66 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.51 ค่าบีโอดีช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 12.81 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.52 ค่าบีโอดีช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.53 ประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดีช่วงที่ 1 และ 2 ของระบบที่มีน้ำมันปาล์มเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 9.66, 12.81 และ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

4.2.2 ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดี (Chemical Oxygen Demand: COD)

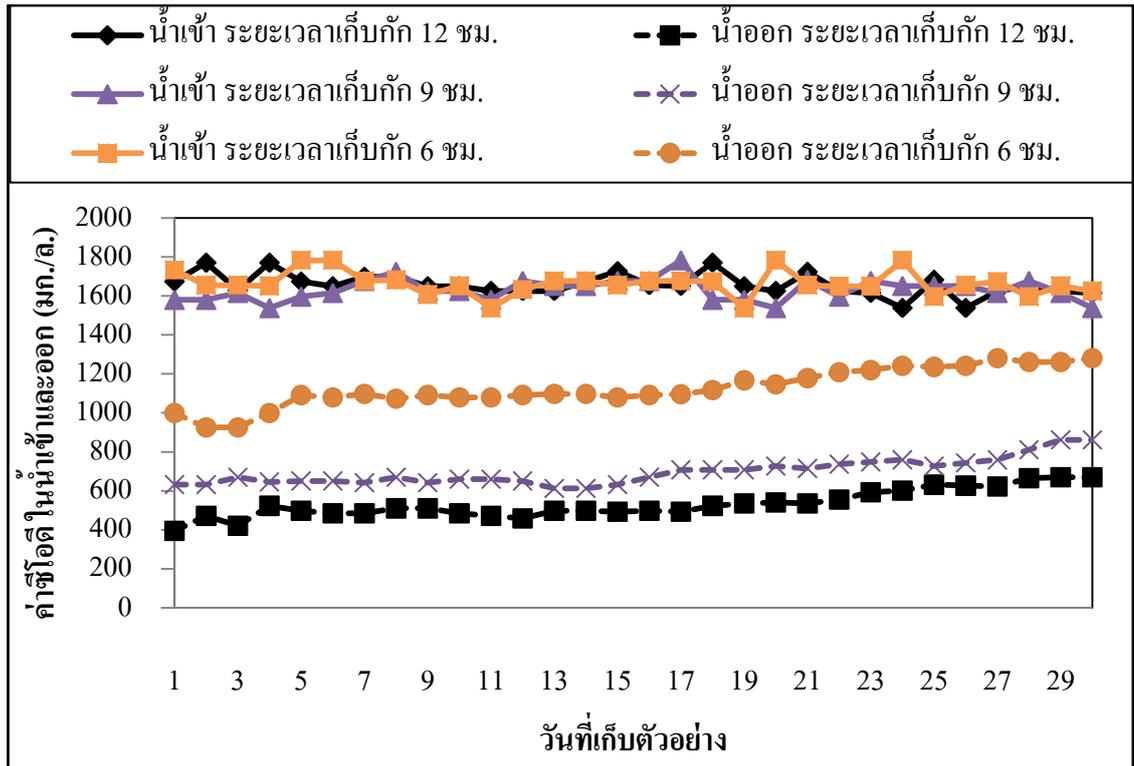
จากการวิเคราะห์ค่าซีโอดีที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 400 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียส่งเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วงโดยพิจารณาค่า ซีโอดี ของน้ำเสียออกจากระบบและ ประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าซีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 1672.84 ± 49.91 และ 1611.66 ± 54.58 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ซีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 499.69 ± 41.94 และ 641.59 ± 27.47 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 70.10 ± 2.70 และ 60.18 ± 1.52 ตามลำดับ ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ซีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 1631.88 ± 61.51 และ 1631.15 ± 44.46 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ซีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 662.46 ± 33.79 และ 779.35 ± 52.47 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 59.35 ± 2.61 และ 52.15 ± 4.14 ตามลำดับ และที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าซีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 1671.35 ± 61.96 และ 1659.79 ± 63.01 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ซีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 1054.16 ± 60.78 และ 1202.42 ± 65.35 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 37.34 ± 11.79 และ 27.43 ± 5.17 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ชัดว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง

ค่าซีโอดีของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2 และประสิทธิภาพการบำบัดของช่วงที่ 1 จะสูงกว่าช่วงที่ 2 ด้วย

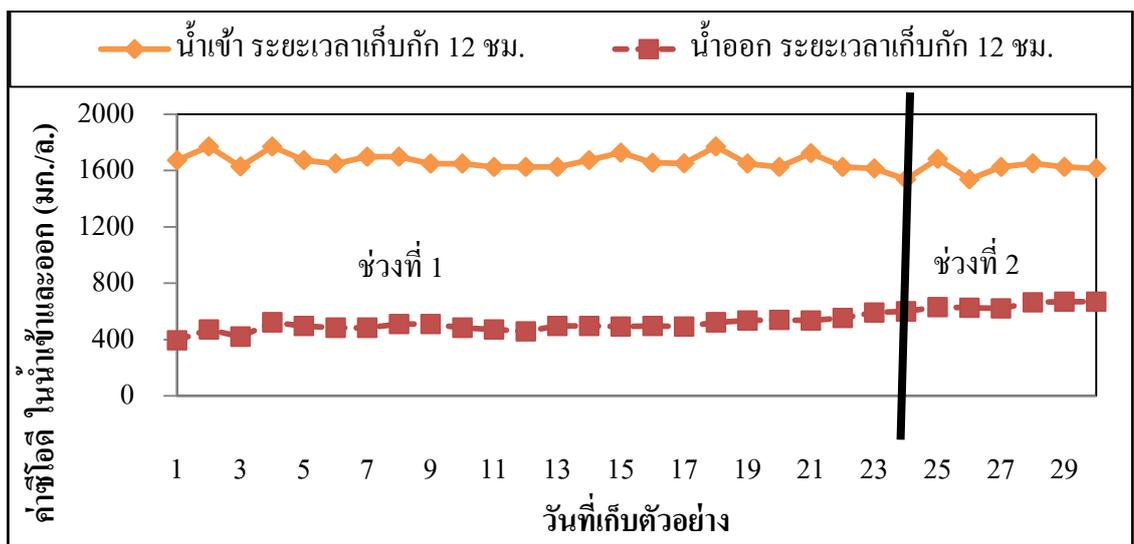
จากการทดลองพบว่าระบบบำบัด Packed Cage RBC มีประสิทธิภาพในการบำบัด ซีโอดี และถ้าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ลดลง หรือเพิ่มระยะเวลาเก็บกักจะทำให้ประสิทธิภาพการบำบัด ซีโอดีเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Malandra และคณะ [11] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ RBC ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตไวน์ จากการศึกษาพบว่าค่า ซีโอดี ของน้ำเสียเข้าระบบมีค่าสูงถึง 6090 ± 3382 มิลลิกรัม/ลิตร และเมื่อผ่านการบำบัดแล้วน้ำเสียออกจากระบบมีค่า ซีโอดี ลดลงเหลือ 3478 ± 1715 มิลลิกรัม/ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 43 และพบว่าถ้าลดค่าซีโอดีในน้ำเข้าระบบ จะเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดของ ระบบได้

นอกจากนี้จากการทดลอง พบว่าสามารถแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วง โดยช่วงที่สองจะมีประสิทธิภาพการบำบัด ซีโอดีที่ลดลง เนื่องจากจุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตมากขึ้นทำให้ฟิล์มชีวะเริ่มหนาจนชั้นในสุดของฟิล์มเริ่มเกิดสภาวะไร้อากาศทำให้ฟิล์มชีวะหลุดลอก โดยที่ระยะเวลาเก็บกักนานกว่า เชื้อจะหลุดลอกออกจากตัวกลางช้ากว่าระยะเวลาเก็บกักต่ำ เพราะที่ระยะเวลาเก็บกักต่ำ ระบบจะต้องรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่สูงกว่าทำให้เชื้อจุลินทรีย์เข้าสู่ Stationary Phase และ Death Phase เร็วขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhiqiang และคณะ [21] ได้ใช้ระบบ RBC บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ปนเปื้อนสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจน พบว่าถ้าเพิ่มระยะเวลาเก็บกักจาก 5 เป็น 9 ชั่วโมง หรือ ลดภาระบรรทุกสารอินทรีย์จาก 40 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน เป็น 16 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน ประสิทธิภาพการบำบัดจะเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 47.4 เป็นร้อยละ 66.0

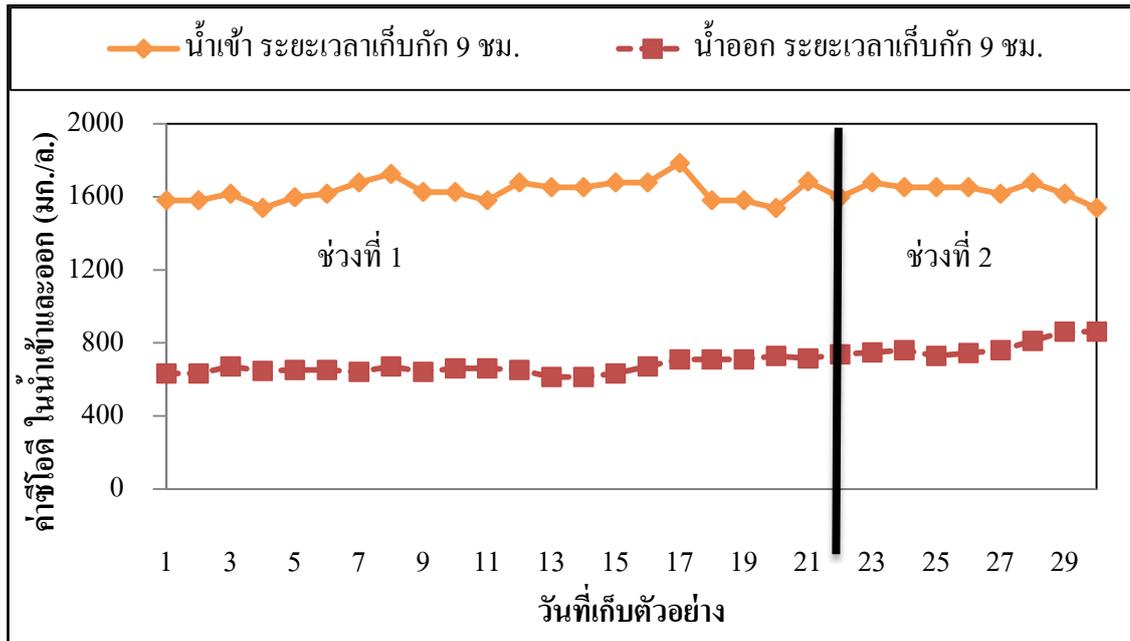
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า ซีโอดีของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.54 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.55-4.57 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่า ซีโอดีของทั้งสองช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.58



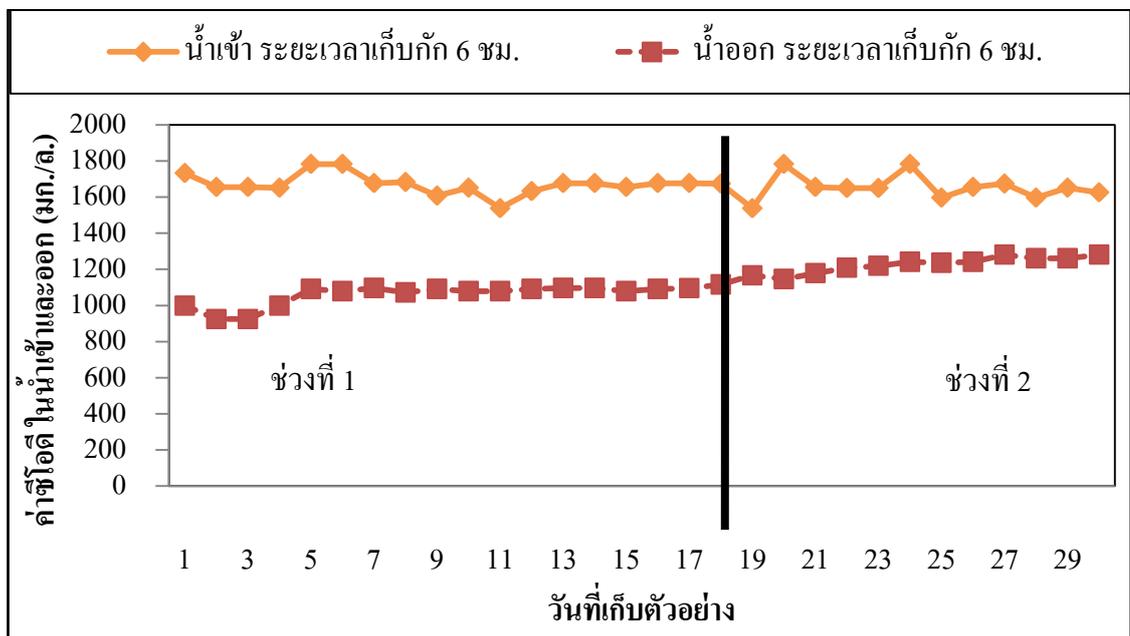
รูปที่ 4.54 ค่าซีไอดีในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 9.66, 12.81 และ 19.36 กรัมบีไอดี/ตารางเมตร -วัน)



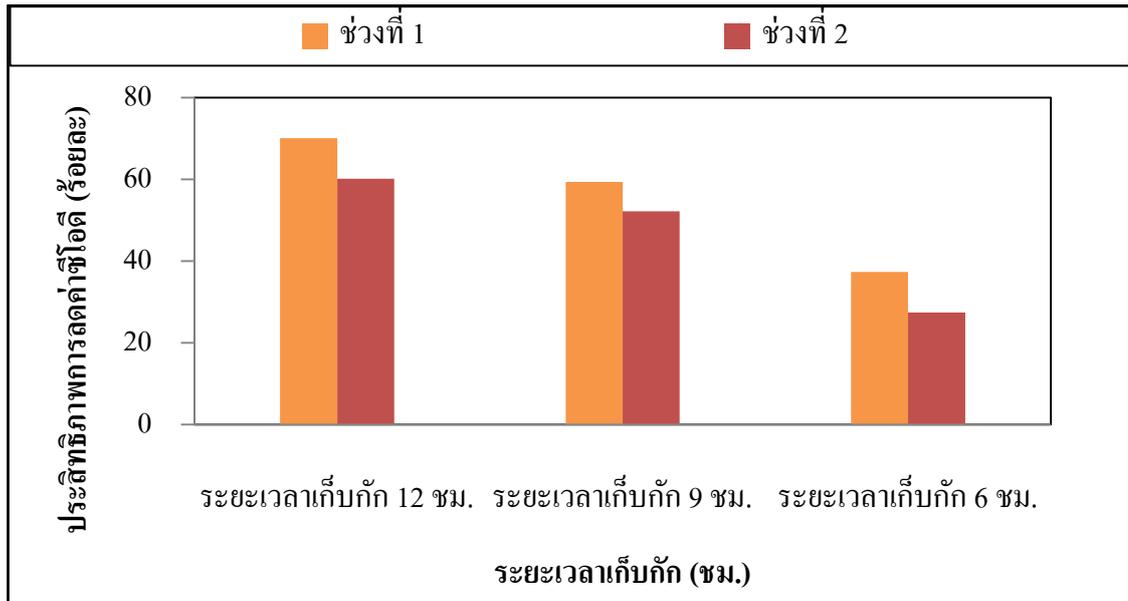
รูปที่ 4.55 ค่าซีไอดีช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 9.66 กรัมบีไอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.56 ค่าซีไอดีช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 12.81 กรัมบีไอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.57 ค่าซีไอดีช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 19.36 กรัมบีไอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.58 กราฟแสดงประสิทธิภาพการลดค่าซีไอเอสช่วงที่ 1 และ 2 ของระบบที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 9.66, 12.81 และ 19.36 กรัมบีไอเอส/ตารางเมตร-วัน)

4.2.3 ปริมาณสารแขวนลอยในน้ำเสียออกระบบ (Suspended Solid: SS)

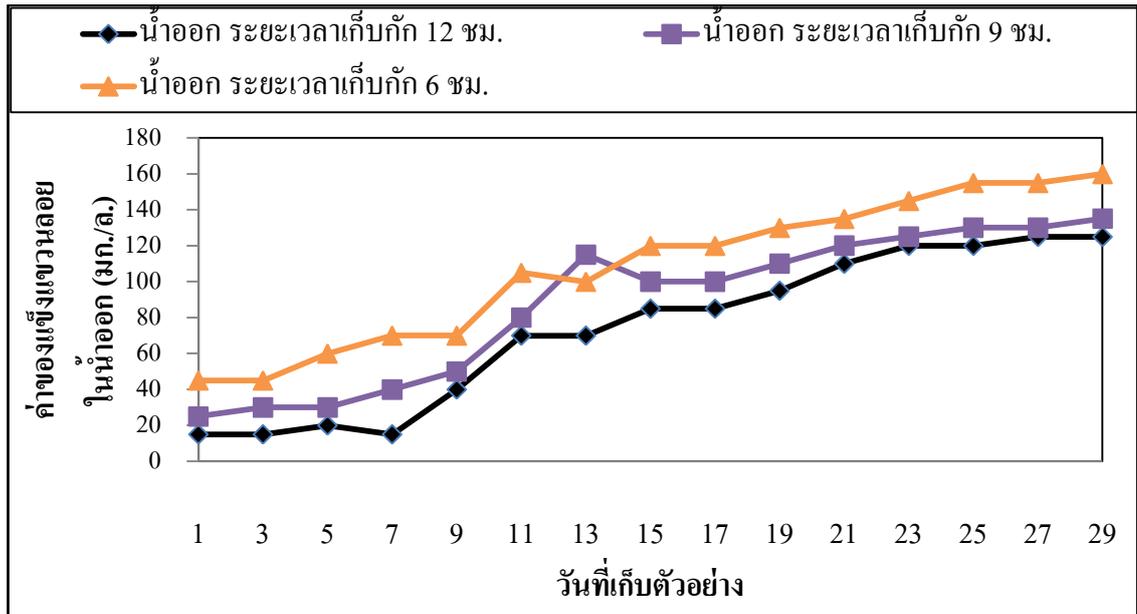
จากการวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอยที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 400 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียดังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 พบว่าสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียออกจากระบบที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วง โดยที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียออกจากระบบมีค่าของแข็งแขวนลอย คิดเป็นค่าเฉลี่ย 56.36 ± 36.20 และ 122.50 ± 2.89 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียออกจากระบบมีค่าของแข็งแขวนลอย คิดเป็นค่าเฉลี่ย 63.33 ± 35.44 และ 125.00 ± 8.94 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียออกจากระบบมีค่าของแข็งแขวนลอย คิดเป็นค่าเฉลี่ย 76.88 ± 28.28 และ 142.86 ± 14.96 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2

จากการศึกษาพบว่าค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำออกจะแปรผกผันกับกับระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียหรือแปรผันตามการะบรทุกสารอินทรีย์ กล่าวคือการะบรทุกสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าของแข็งแขวนลอย ในน้ำออกจะเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากการะบรทุกสารอินทรีย์ที่สูงขึ้นทำให้อินทรีย์เกิดกระบวนการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ในน้ำเสียมาใช้ในการเติบโตและแบ่งเซลล์เพิ่มขึ้นในขณะ

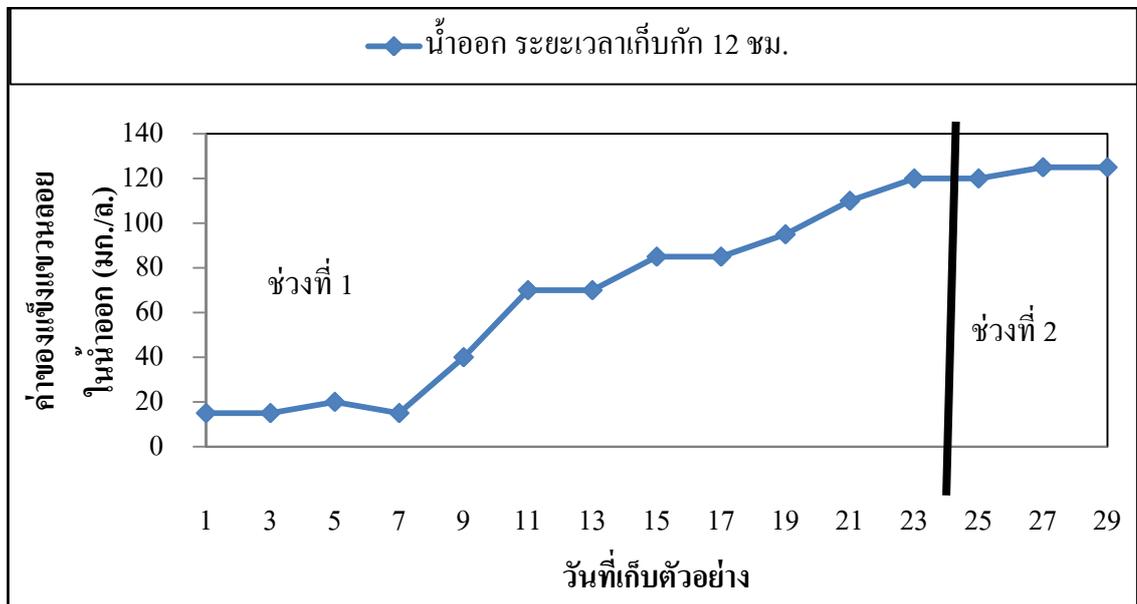
ที่ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของระบบมีจำกัดทำให้ออกซิเจนไม่เพียงพอต่อจุลินทรีย์ อีกทั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทำให้ฟิล์มชีวะหนาขึ้นจนออกซิเจนไม่สามารถแพร่ผ่านได้ทำให้ชั้นในสุดของฟิล์มชีวะเกิดสภาวะไร้อากาศส่งผลให้จุลินทรีย์ด้านในตายลงทำให้เกิดการหลุดลอกของฟิล์มชีวะที่ยึดเกาะกับตัวกลาง จึงทำให้ค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียเพิ่มสูงขึ้นมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sirianuntapiboon [7] ได้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียที่มีคลอรีนปนเปื้อน ด้วยระบบบำบัด Packed Cage RBC ที่ระยะเวลาเก็บกัก 16, 12 และ 8 ชั่วโมงพบว่าที่ระยะเวลาเก็บกักมากที่สุดเท่ากับ 16 ชั่วโมง ซึ่งมีการะบรทุกสารอินทรีย์ต่ำสุดคือ 2.04 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน จะมีค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียออกจากระบบต่ำสุดเท่ากับ 15 ± 4 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้อยที่สุดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งมีการะบรทุกสารอินทรีย์สูงที่สุดคือ 4.07 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน จะมีค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียออกจากระบบสูงที่สุดเท่ากับ 20 ± 4 มิลลิกรัม/ลิตร

นอกจากนี้ยังพบว่า สามารถแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงเนื่องจากค่าของแข็งแขวนลอยที่แตกต่างกันอันเป็นผลมาจากการเติบโตของฟิล์มชีวะทำให้ฟิล์มชีวะหนาขึ้นเรื่อยๆ จนเกิดสภาวะไร้อากาศของชั้นในสุดของฟิล์มชีวะทำให้ฟิล์มชีวะหลุดลอกในช่วงที่สองของการเดินระบบ ส่งผลให้ค่าของแข็งแขวนลอยในช่วงที่สองเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งฟิล์มชีวะของระบบที่ใช้ระยะเวลาเก็บกักต่ำกว่าจะเกิดการหลุดลอกเร็วกว่าระบบที่ใช้ระยะเวลาเก็บกักนานกว่า เนื่องจากระยะเวลาเก็บกักที่ต่ำทำให้ระบบต้องรับภาระบรทุกสารอินทรีย์ที่สูงกว่าทำให้เชื้อตายเร็วกว่าและหลุดลอกออก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sirianuntapiboon และ Chuamkaew [10] ได้ศึกษาการใช้ระบบ Packed Cage RBC ในการบำบัดน้ำเสียที่มีไซยาไนด์ปนเปื้อน ที่ระยะเวลาเก็บกัก 16, 12 และ 8 ชั่วโมงพบว่าที่ความเข้มข้นของไซยาไนด์ 40 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกักมากที่สุดเท่ากับ 16 ชั่วโมง ซึ่งมีการะบรทุกสารอินทรีย์ต่ำสุดเท่ากับ 2.04 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน น้ำเสียออกจากระบบจะมีค่าของแข็งแขวนลอยต่ำสุดเท่ากับ 18 ± 2 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้อยที่สุดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งมีการะบรทุกสารอินทรีย์สูงที่สุดคือ 4.07 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน จะมีค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำออกมากที่สุดคือ 25 ± 2 มิลลิกรัม/ลิตร

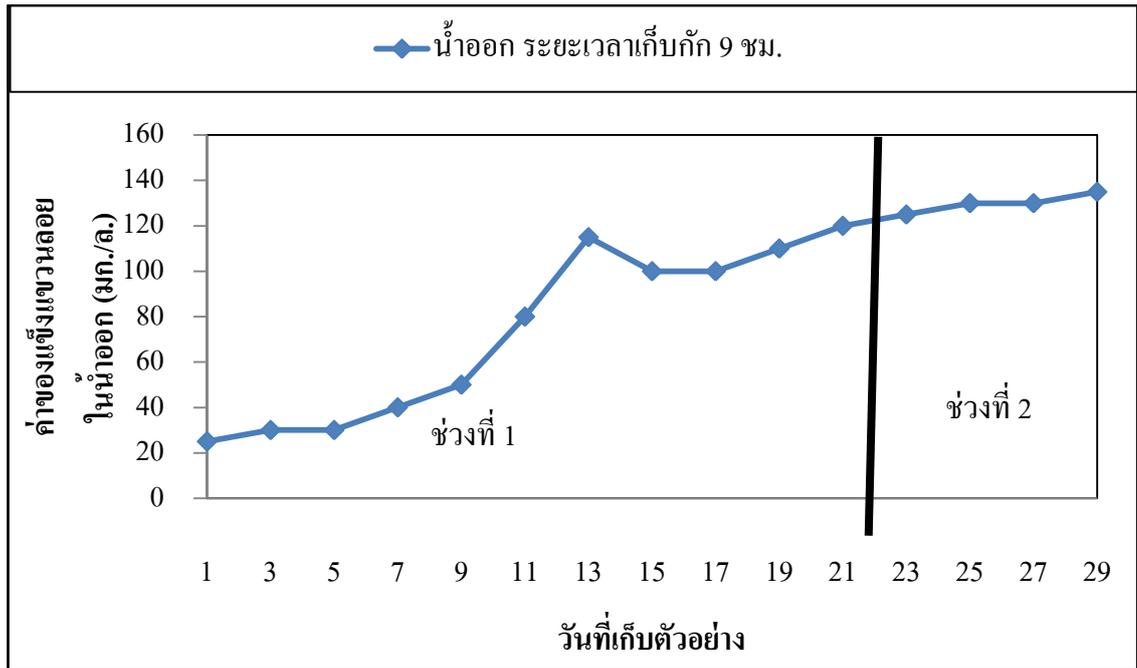
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่าของแข็งแขวนลอยของเสียออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.59 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.60-4.62



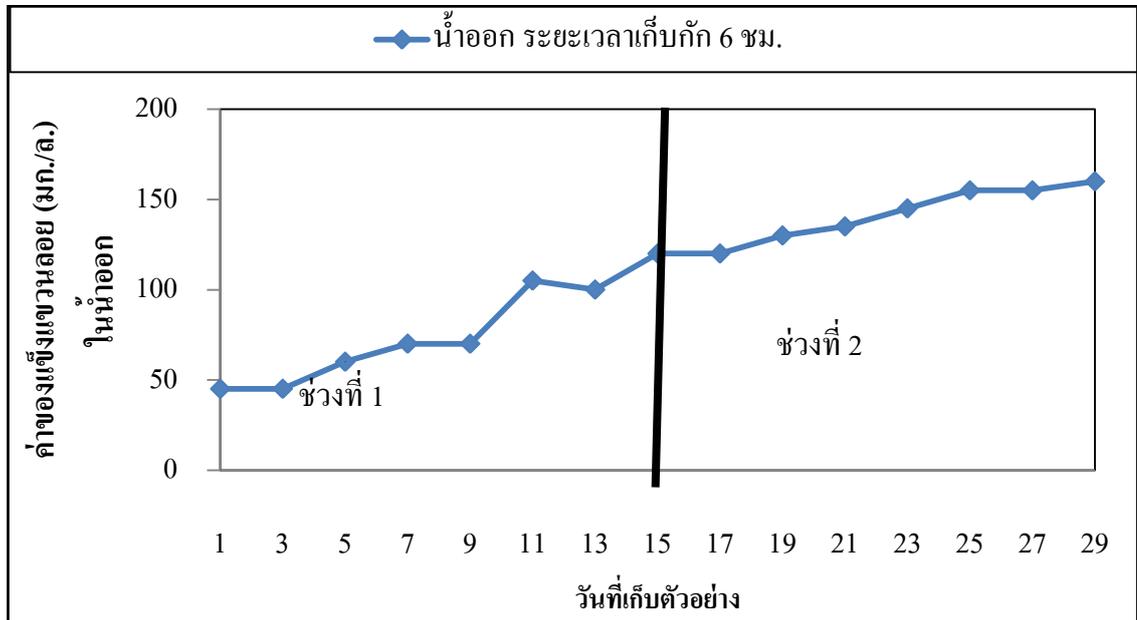
รูปที่ 4.59 ค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำออกจากระบบที่มีน้ำมัน 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (การระบรทุกสารอินทรีย์ 9.66, 12.81 และ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



รูปที่ 4.60 ค่าของแข็งแขวนลอยช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การระบรทุกสารอินทรีย์ 9.66 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.61 ค่าของแข็งแขวนลอยช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 12.81 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.62 ค่าของแข็งแขวนลอยช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

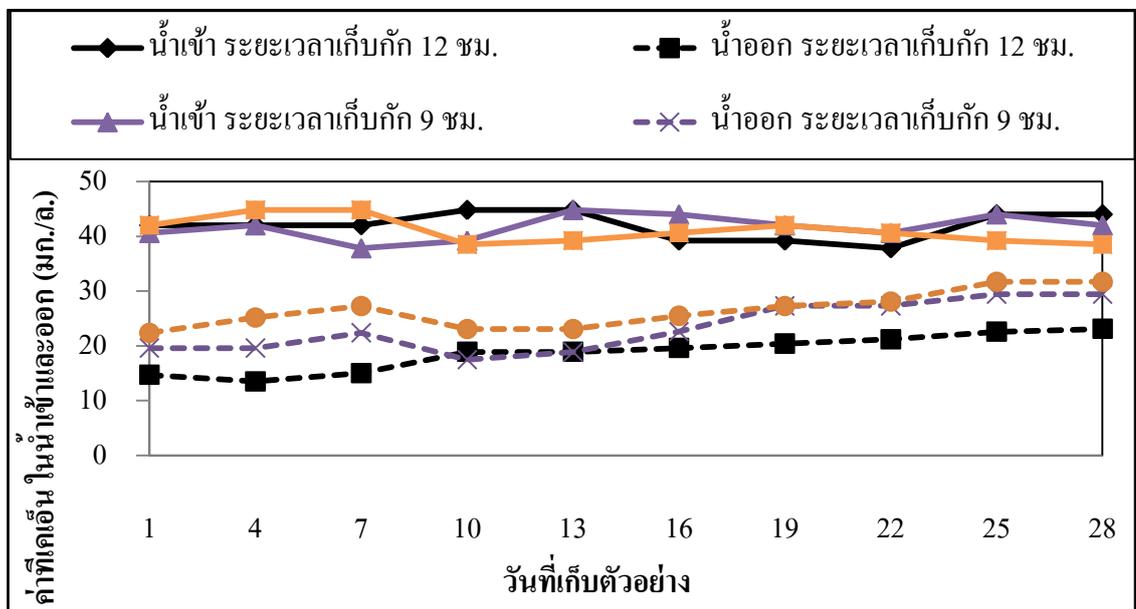
4.2.4 ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen: TKN)

จากการวิเคราะห์ค่าทีเคเอ็น ที่สถานะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 400 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่า ทีเคเอ็น ของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วง โดยที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าทีเคเอ็น คิดเป็นค่าเฉลี่ย 41.48 ± 2.59 และ 44.00 ± 0.00 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ทีเคเอ็น คิดเป็นค่าเฉลี่ย 17.78 ± 2.93 และ 22.85 ± 0.35 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 56.83 ± 8.77 และ 48.07 ± 0.80 ตามลำดับ ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าทีเคเอ็น คิดเป็นค่าเฉลี่ย 41.49 ± 2.50 และ 42.20 ± 1.71 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ทีเคเอ็น คิดเป็นค่าเฉลี่ย 121.13 ± 3.28 และ 28.70 ± 1.21 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 48.94 ± 8.25 และ 31.98 ± 1.73 ตามลำดับ และที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าทีเคเอ็น คิดเป็นค่าเฉลี่ย 41.86 ± 2.99 และ 40.18 ± 1.36 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ทีเคเอ็น คิดเป็นค่าเฉลี่ย 24.22 ± 2.02 และ 28.86 ± 2.76 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 42.11 ± 3.09 และ 27.96 ± 9.04 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าทีเคเอ็น ของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2 และประสิทธิภาพการบำบัดของช่วงที่ 1 จะสูงกว่าช่วงที่ 2 ด้วย

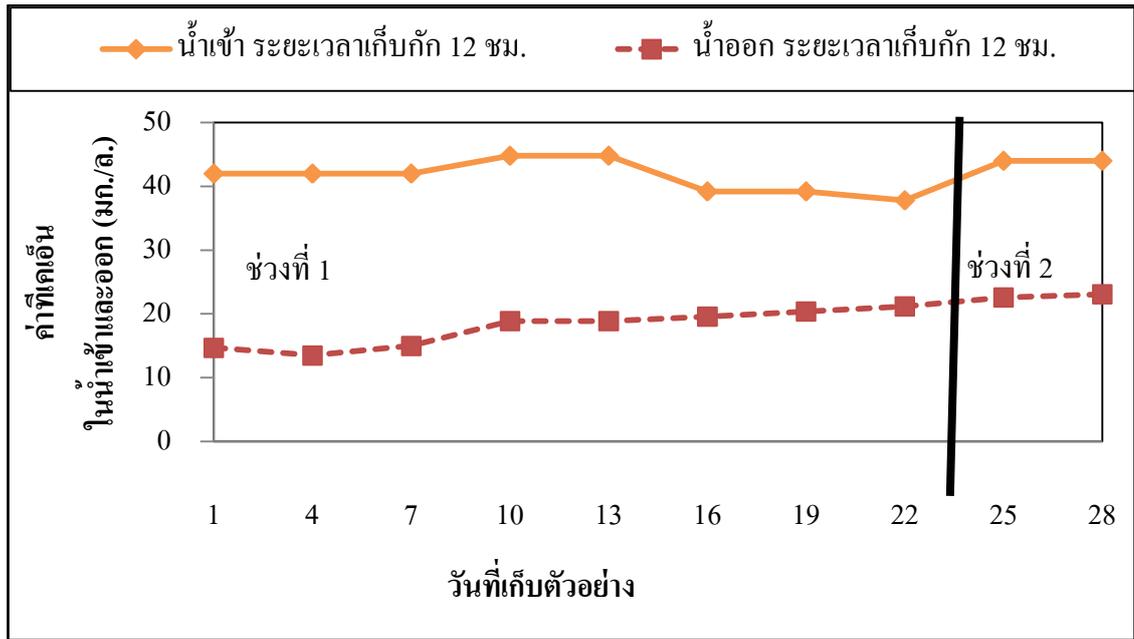
จากการศึกษาพบว่า ระบบ Packed Cage RBC มีประสิทธิภาพในการบำบัด ทีเคเอ็นและประสิทธิภาพการบำบัดทีเคเอ็น จะแปรผันตามระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย หรือแปรผกผันกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ โดยระบบที่มีระยะเวลาเก็บกักนาน หรือมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำ จะมีประสิทธิภาพการบำบัดที่ดีกว่า เนื่องจากที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำระบบจะรับภาระในการบำบัดทีเคเอ็นน้อยลงด้วย ทำให้ระบบสามารถกำจัดทีเคเอ็นได้มีประสิทธิภาพดีขึ้น อีกทั้งปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่มีจำกัดทำให้เมื่อระบบต้องรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์มากๆ ออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการนำมาเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์และบำบัดทีเคเอ็น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Najafpour และคณะ [6] ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของภาระบรรทุกสารอินทรีย์ในน้ำเสียของอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม ต่อประสิทธิภาพระบบ RBC พบว่าเมื่อใช้ *Saccharomyces cerevisiae* เป็นจุลินทรีย์หลักในระบบ RBC เพื่อย่อยสลาย POME มีชีโอดีในน้ำเสียเข้าระบบสูงถึง 16,000 มิลลิกรัม/ลิตร และทีเคเอ็น 453 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่าถ้าเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์จะมีผลให้ประสิทธิภาพการบำบัด ทีเคเอ็น ลดลง และประสิทธิภาพการบำบัดทีเคเอ็น จะสูงสุดเท่ากับร้อยละ 80 เมื่อเวลาผ่านไป 55 ชั่วโมง

นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถแบ่งช่วงการบำบัดได้สองช่วง และช่วงที่ 2 ระบบจะมีประสิทธิภาพการบำบัดลดลง เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ยึดเกาะตัวกลางเป็นฟิล์มชีวะเริ่มหนาเกินไปทำให้ชั้นในของฟิล์มชีวะเกิดสภาวะไร้อากาศ เชื้อจะเริ่มตายและหลุดลอกออกจากตัวกลาง โดยที่ระยะเวลาเก็บกักค่าฟิล์มชีวะจะเกิดการหลุดลอกเร็วกว่า เนื่องจากระบบต้องรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่มากกว่า จึงทำให้ฟิล์มชีวะเติบโตรวดเร็วและตายหลุดลอกออกเร็วกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Packed Cage RBC ในการบำบัดน้ำเสียที่มีไซยาไนด์ปนเปื้อน ที่ระยะเวลาเก็บกัก 16, 12 และ 8 ชั่วโมงพบว่าที่ความเข้มข้นของไซยาไนด์ 40 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกักมากที่สุดเท่ากับ 16 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำสุดเท่ากับ 2.04 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน มีประสิทธิภาพการบำบัด ที่เคเอ็นสูงสุดคิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 61.6 ± 3.7 แต่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้อยที่สุดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงสุดคือ 4.07 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน จะมีประสิทธิภาพการบำบัดลดลง คิดเป็นร้อยละ 40.2 ± 1.2

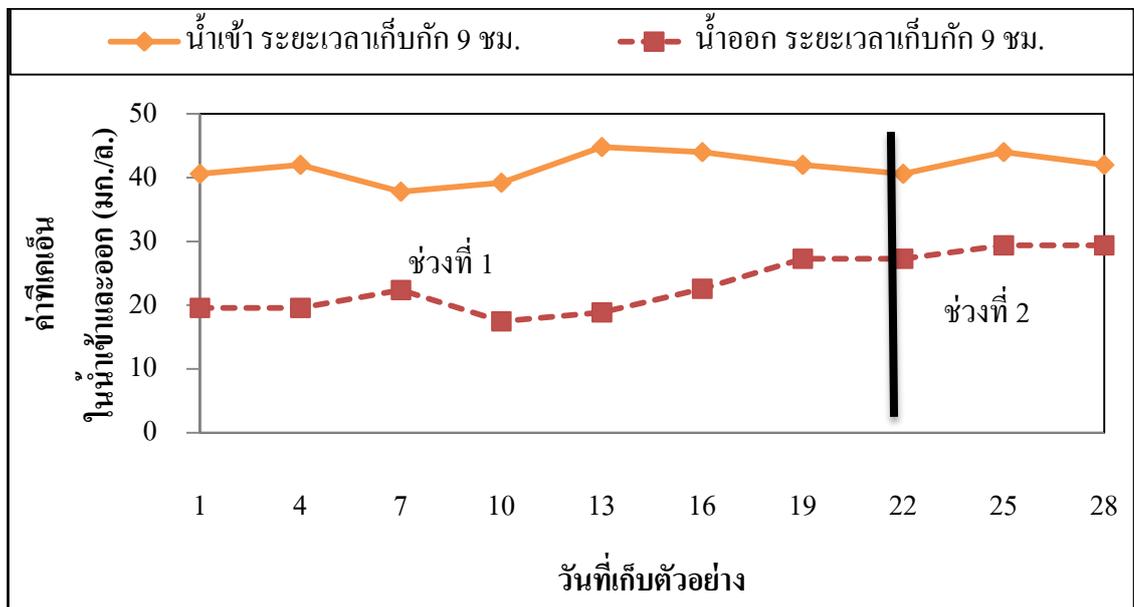
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า ที่เคเอ็นของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.63 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.64-4.66 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่า ที่เคเอ็นของทั้งสองช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.67



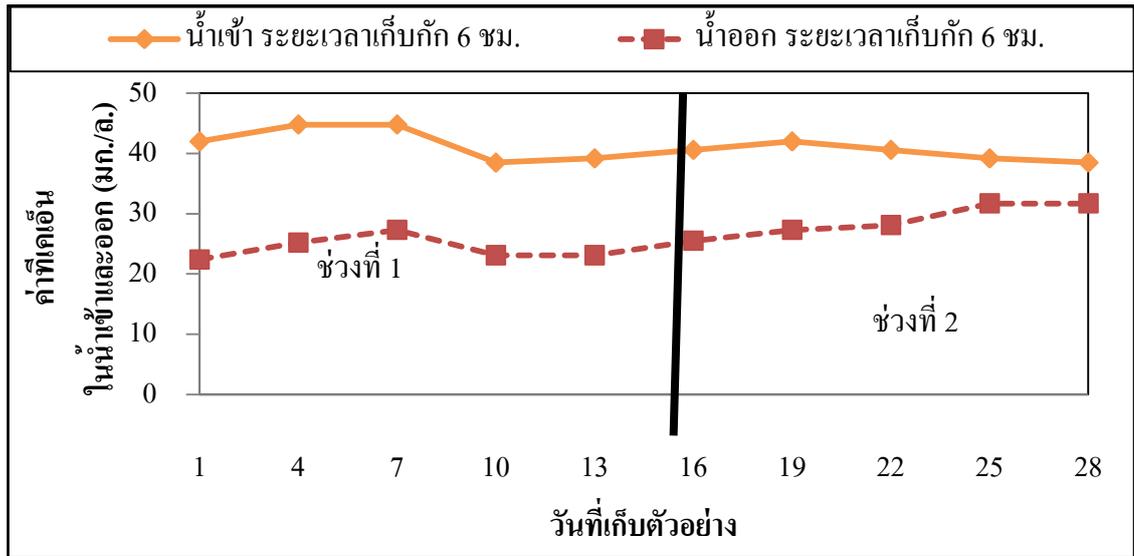
รูปที่ 4.63 ค่าที่เคเอ็นในน้ำเข้าและออกจากระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 9.66, 12.81 และ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



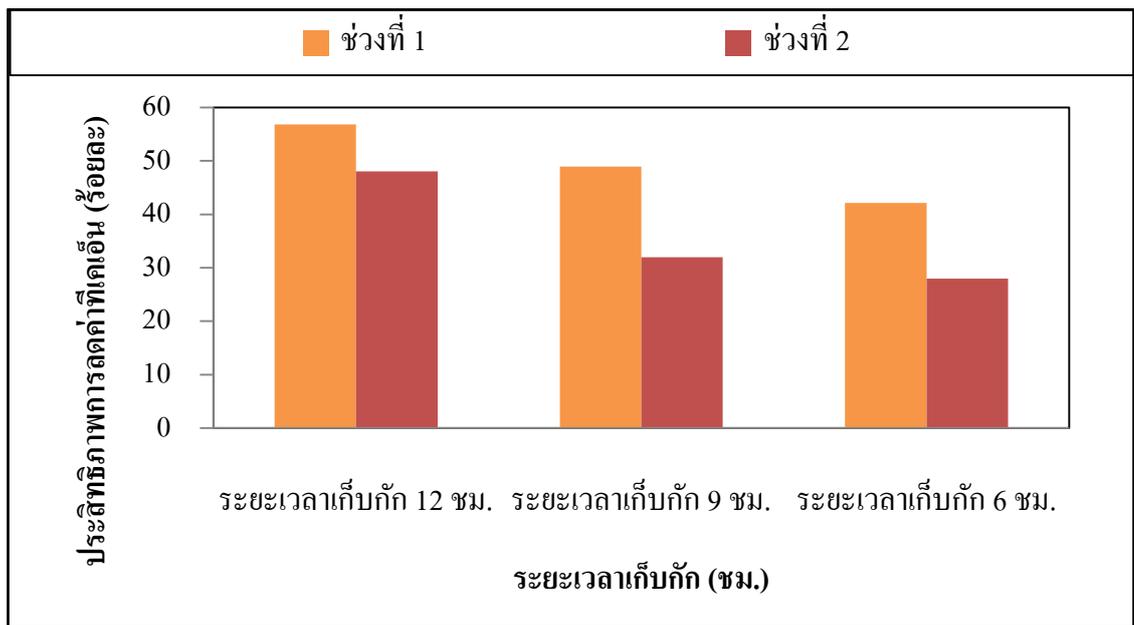
รูปที่ 4.64 ค่าที่เคเอ็นช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 9.66 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.65 ค่าที่เคเอ็นใน ช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 12.81 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.66 ค่าที่เคเอ็นในช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.67 ประสิทธิภาพการลดค่าที่เคเอ็นในช่วงที่ 1 และ 2 ของระบบที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 9.66, 12.81 และ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

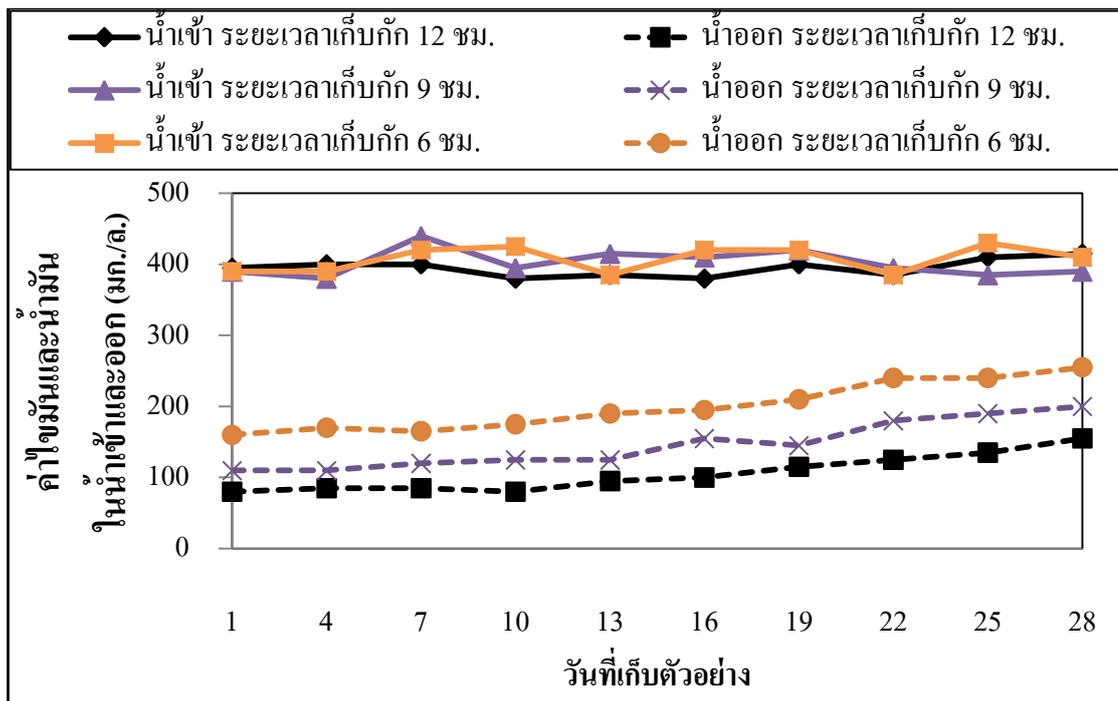
4.2.5 ประสิทธิภาพการบำบัดไขมันและน้ำมัน (Grease & Oil)

จากการวิเคราะห์ค่าปริมาณ ไขมันและน้ำมัน ที่สถานะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 200 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 โดยพบว่าสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่าปริมาณไขมันและน้ำมันของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วงอย่างเห็นได้ชัด โดยที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ไขมันและน้ำมัน คิดเป็นค่าเฉลี่ย 390.63 ± 9.04 และ 412.50 ± 3.54 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ไขมันและน้ำมัน คิดเป็นค่าเฉลี่ย 95.63 ± 16.78 และ 145.00 ± 14.14 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 75.50 ± 4.41 และ 64.86 ± 3.13 ตามลำดับ ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ไขมันและน้ำมัน คิดเป็นค่าเฉลี่ย 407.14 ± 20.38 และ 390.00 ± 5.00 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่าปริมาณไขมันและน้ำมัน คิดเป็นค่าเฉลี่ย 127.14 ± 17.04 และ 190.00 ± 10.00 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 68.78 ± 3.77 และ 51.27 ± 2.91 ตามลำดับ และที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ไขมันและน้ำมัน คิดเป็นค่าเฉลี่ย 402.00 ± 18.91 และ 413.00 ± 17.18 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ไขมันและน้ำมัน คิดเป็นค่าเฉลี่ย 172.00 ± 11.51 และ 228.00 ± 24.65 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 57.11 ± 3.93 และ 44.64 ± 7.14 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าไขมันและน้ำมัน ของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2 และ ประสิทธิภาพการบำบัดของช่วงที่ 1 จะสูงกว่าช่วงที่ 2 ด้วย

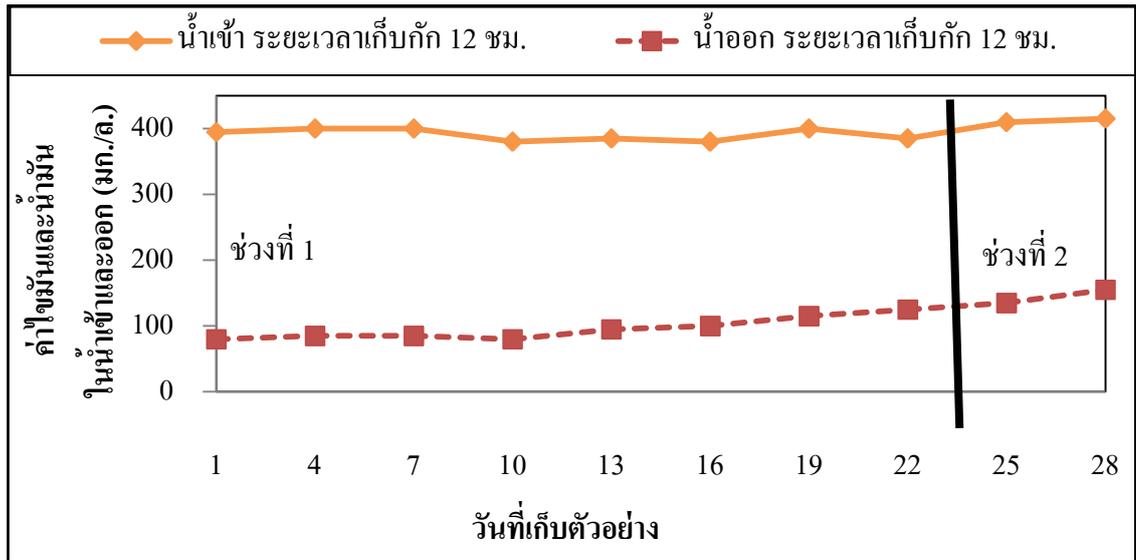
จากการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพของการบำบัดค่าปริมาณ ไขมันและน้ำมัน จะแปรผันตามระยะเวลาเก็บกัก หรือแปรผกผันกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ กล่าวคือถ้าเพิ่มระยะเวลาเก็บกัก หรือลดภาระบรรทุกสารอินทรีย์ จะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพการบำบัด ไขมันและน้ำมัน ดีขึ้น เนื่องจากการเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์ทำให้จุลินทรีย์ในระบบเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณออกซิเจนในระบบมีจำกัดและไม่เพียงพอต่อการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ปริมาณมากๆ ทำให้ ประสิทธิภาพการบำบัดลดลง อีกทั้งถ้าภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงจุลินทรีย์จะเลือกใช้สารอินทรีย์ชนิดอื่นที่ย่อยสลายได้ง่ายกว่าก่อนจะย่อยสลายน้ำมันที่เป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ยาก ทำให้การย่อยสลายไขมันและน้ำมันมีอัตราการบำบัดลดลง และ ยังสามารถแบ่งช่วงการบำบัด ไขมันและน้ำมัน ได้เป็น 2 ช่วง โดยช่วงที่ 2 ประสิทธิภาพการบำบัดจะลดลง เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์เริ่มตายและหลุดออกจากตัวกลาง และที่ระยะเวลาเก็บกักมากกว่า เชื้อจะหลุดออกจากตัวกลางช้ากว่า เนื่องจากภาระบรรทุกของน้ำเสียเข้าระบบจะต่ำกว่า เป็นผลให้เชื้อเติบโตและตายช้ากว่าทำให้เกิดการหลุดออก

นอกจากตัวกลางระบบที่รับภาระบรรทุกสูงๆ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Najafpour และคณะ [6] ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของภาระบรรทุกสารอินทรีย์ในน้ำเสียของอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม ต่อประสิทธิภาพระบบ RBC พบว่าเมื่อใช้ *Saccharomyces cerevisiae* เป็นจุลินทรีย์หลักในระบบ RBC เพื่อย่อยสลายน้ำเสียของโรงงานน้ำมันปาล์ม ที่มีน้ำมันปนเปื้อนสูง ส่งผลให้ มีชีโอดีในน้ำเสีย เข้าระบบสูงถึง 16,000 มิลลิกรัม/ลิตร ที่อัตราการไหล 1.1, 2.3, 3.6, 4.8 และ 6 ลิตร/ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่า เมื่อใช้อัตราการไหลต่ำที่สุดเท่ากับ 1.1 ลิตร/ชั่วโมง ระบบจะมีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดเท่ากับร้อยละ 88 แต่เมื่อเพิ่มอัตราการไหลเป็น 3.6 ลิตร/ชั่วโมง ระบบจะมีประสิทธิภาพลดลงเหลือร้อยละ 57 นั่นคือประสิทธิภาพการบำบัดจะเพิ่มขึ้นเมื่อภาระบรรทุกสารอินทรีย์ลดลง

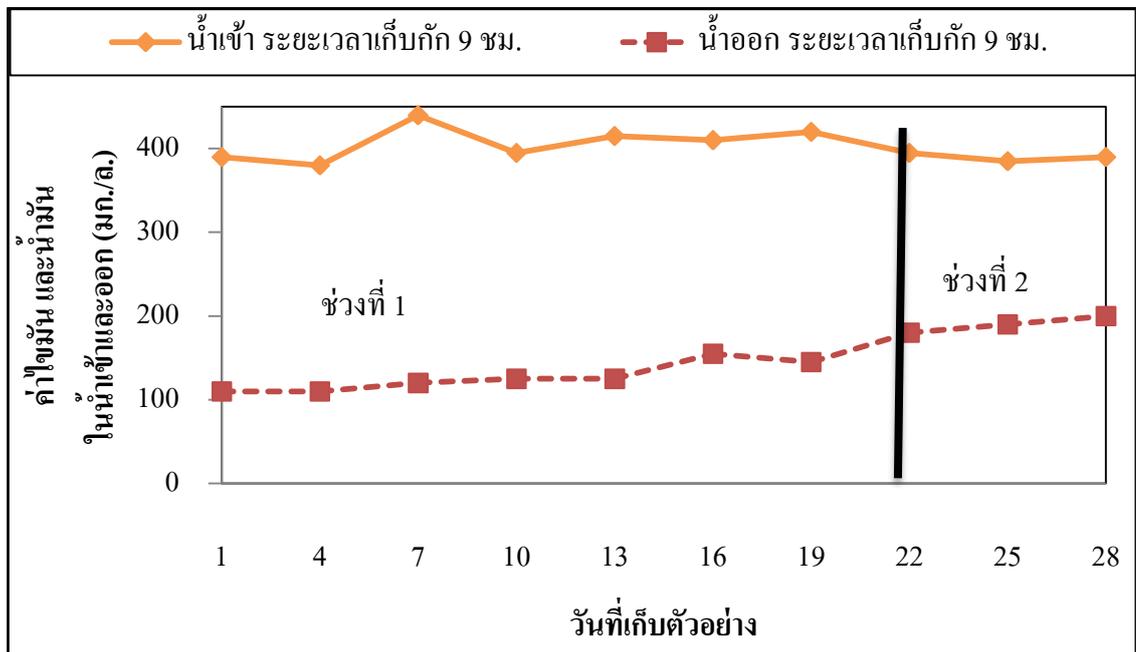
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณ ไนโตรเจนและไขมัน ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.50 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.51-4.53 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่าไนโตรเจนและไขมัน ของทั้งสองช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.54



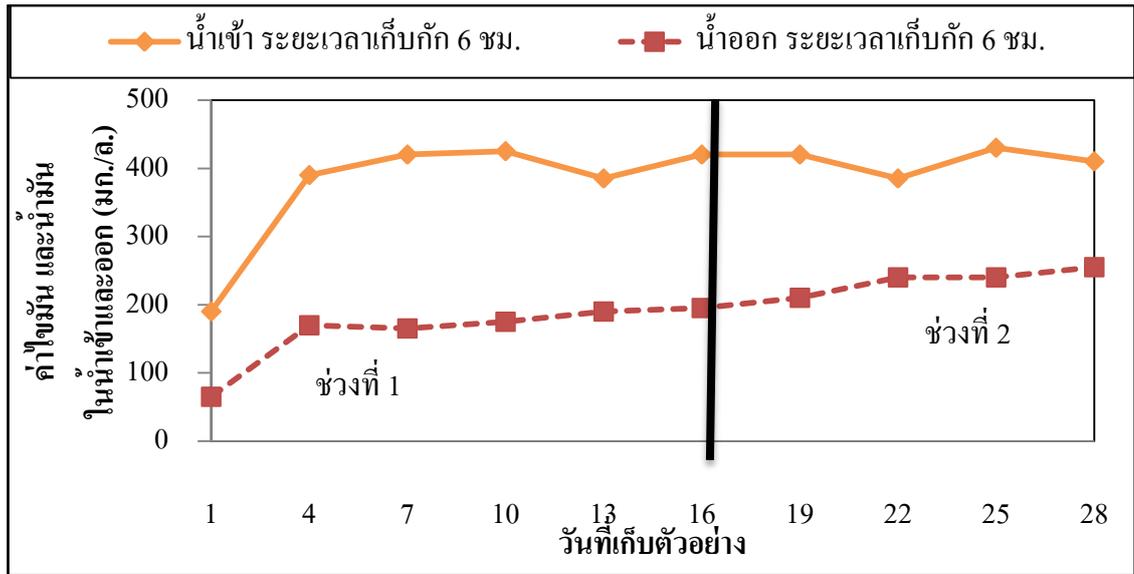
รูปที่ 4.68 ค่าไนโตรเจนและไขมันในน้ำเข้าและออกจากระบบที่มีน้ำมัน 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 9.66, 12.81 และ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



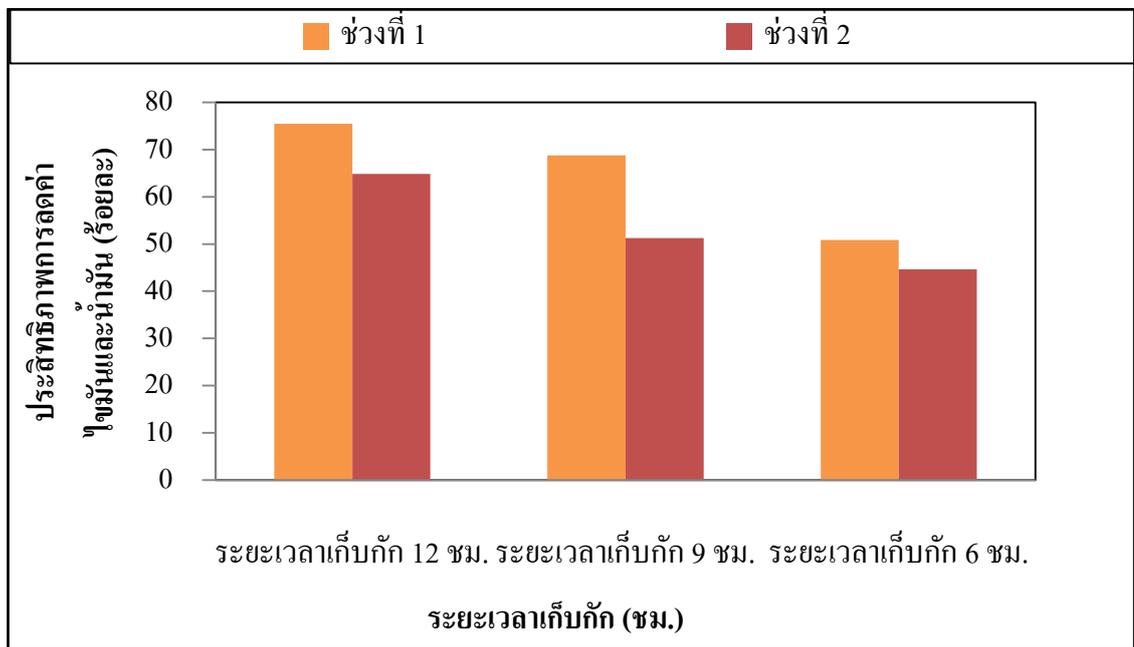
รูปที่ 4.69 ค่าไขมันและน้ำมันช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 400 มิลลิลิตร/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 9.66 กรัมบีไอดี/ตารางเมตร -วัน)



รูปที่ 4.70 ค่าไขมันและน้ำมันช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบที่มีน้ำมัน 400 มิลลิลิตร/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 12.81 กรัมบีไอดี/ตารางเมตร -วัน)



รูปที่ 4.71 ค่าไขมันและน้ำมันช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



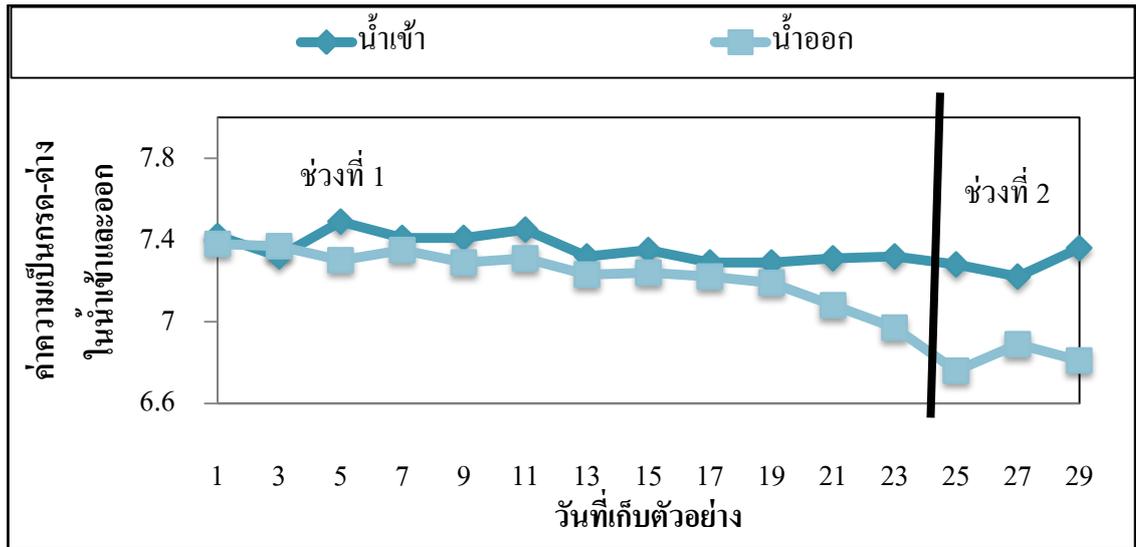
รูปที่ 4.72 ประสิทธิภาพการลดค่าไขมันและน้ำมัน ของระบบที่มีน้ำมันปาล์มเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ 9.66, 12.81 และ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

4.2.6 ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียเข้าและออกระบบ (pH)

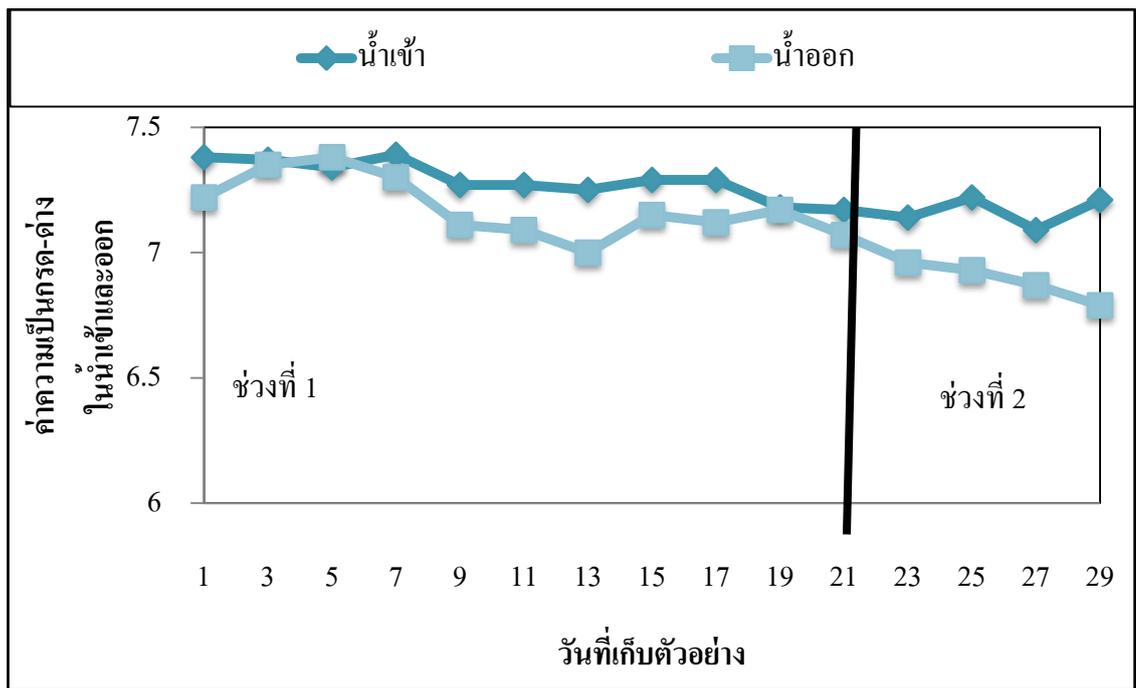
จากการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 400 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าทั้ง 3 ระยะเวลาเก็บกักสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียออกจากระบบที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าความเป็นกรด-ด่างคิดเป็นค่าเฉลี่ย 7.37 ± 0.07 และ 7.29 ± 0.07 น้ำเสียออกจากระบบมีค่าความเป็นกรด-ด่าง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 7.24 ± 0.12 และ 6.82 ± 0.07 ตามลำดับที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าความเป็นกรด-ด่าง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 7.29 ± 0.07 และ 7.17 ± 0.06 น้ำเสียออกจากระบบมีค่าความเป็นกรด-ด่าง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 7.18 ± 0.12 และ 6.89 ± 0.07 ตามลำดับ และที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าความเป็นกรด-ด่างคิดเป็นค่าเฉลี่ย 7.30 ± 0.06 และ 7.21 ± 0.08 น้ำเสียออกจากระบบมีค่าความเป็นกรด-ด่าง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 7.21 ± 0.05 และ 6.91 ± 0.16 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 2 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 1 เล็กน้อย

จากการศึกษาพบว่า ค่า ความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำออกจะต่ำกว่าน้ำเข้าเล็กน้อย เนื่องจากภาวะบรรทุกลสารอินทรีย์เข้าระบบค่อนข้างสูงทำให้ออกซิเจนในระบบไม่เพียงพอ จึงเกิดกระบวนการย่อยสลายแบบ Facultative และ Anaerobic ในบางบริเวณของระบบ ค่าความเป็นกรด -ด่างในน้ำออกจึงต่ำกว่าน้ำเข้า แต่ยังคงอยู่ในช่วงค่อนข้างเป็นกลาง เหมาะแก่การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ คือ ประมาณ 6.8-7.2 [22] และสามารถแบ่งช่วงการบำบัดได้ 2 ช่วง เนื่องจากช่วงที่ 2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง จะลดลงเล็กน้อย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhiqiang และคณะ [21] ได้ใช้ระบบ RBC บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ปนเปื้อนสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจน ที่ระยะเวลาเก็บ 5-9 ชั่วโมง และภาวะบรรทุกลสารอินทรีย์เท่ากับ 16-40 กรัม ซีไอดี/ตารางเมตร-วัน พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของระบบอยู่ในช่วงที่ค่อนข้างเป็นกลางคือ 7.3-7.8 เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

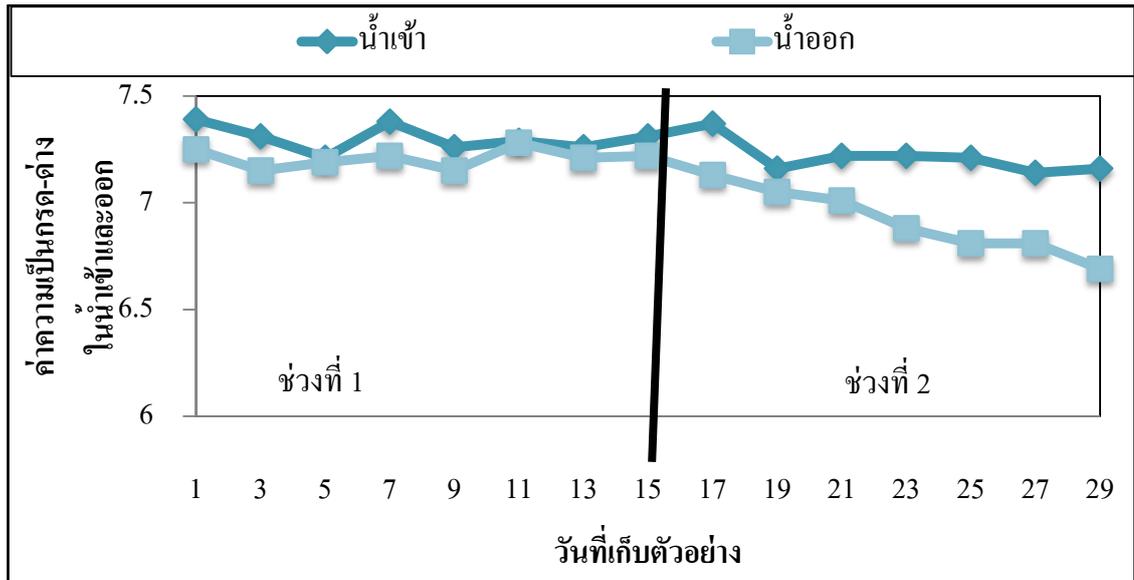
เมื่อนำมาแสดงในรูปกราฟเพื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรดต่างของน้ำเสียเข้าและออกระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.73-4.75



รูปที่ 4.73 ค่าความเป็นกรด-ด่างช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออก ที่มีน้ำมัน 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 9.66 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.74 ค่าความเป็นกรด-ด่างช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 12.81 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.75 ค่าความเป็นกรด-ด่างช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

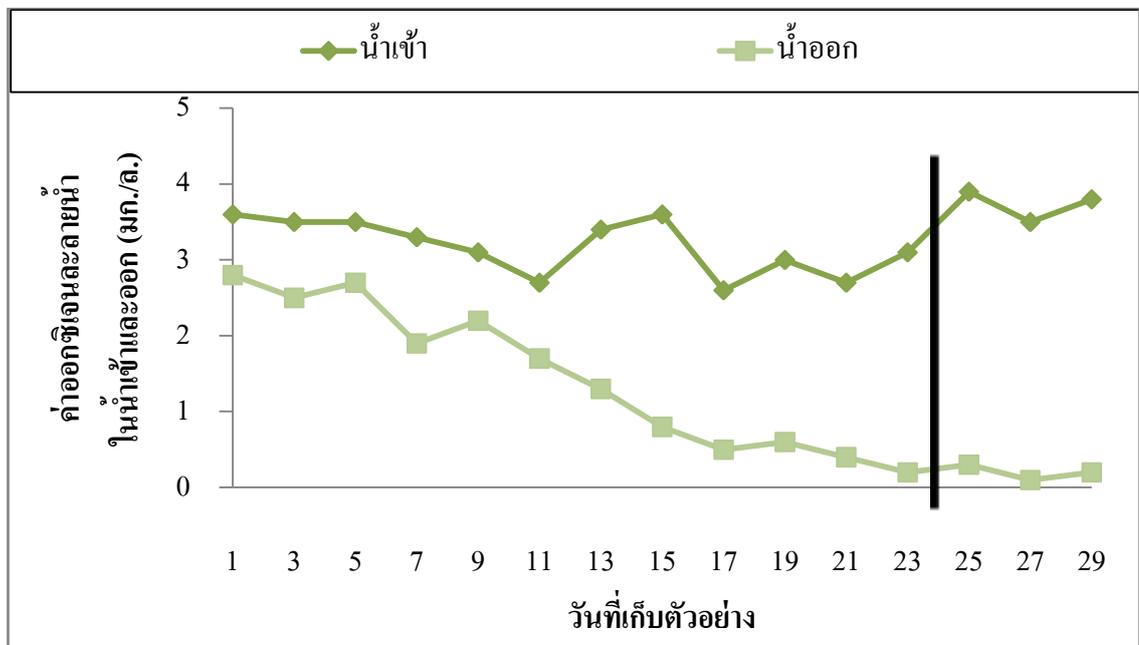
4.2.7 ค่าออกซิเจนละลายน้ำของน้ำเสียเข้าและออกระบบ (Dissolved Oxygen: DO)

จากการวิเคราะห์ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 400 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าทั้ง 3 ระยะเวลาเก็บกักสามารถแบ่งช่วงการบำบัดได้ 2 ช่วงโดยพิจารณาค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของน้ำเสียออกจากระบบที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมงน้ำเสียเข้าระบบมีค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 3.18 ± 0.36 และ 3.73 ± 0.21 น้ำเสียออกจากระบบมีค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 1.47 ± 0.96 และ 0.20 ± 0.10 ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 3.34 ± 0.29 และ 3.10 ± 0.54 น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 1.28 ± 0.84 และ 0.28 ± 0.13 ตามลำดับ และที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 3.59 ± 0.22 และ 3.33 ± 0.50 น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำคิดเป็นค่าเฉลี่ย 1.79 ± 0.74 และ 0.39 ± 0.27 ตามลำดับ

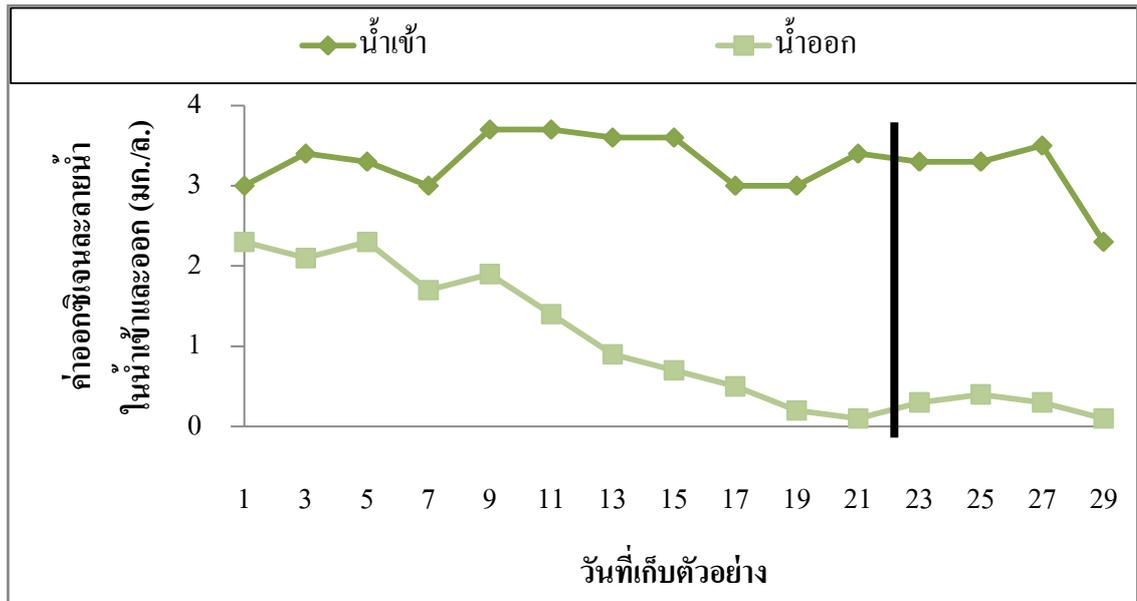
จากการศึกษา พบว่าจากการศึกษาพบว่า ค่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ในน้ำออกจะต่ำกว่าน้ำเข้า เนื่องจากการะบรทุกสารอินทรีย์เข้าระบบค่อนข้างสูงทำให้เชื้อจุลินทรีย์ต้องใช้ ออกซิเจนปริมาณมากในการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ และสามารถแบ่งช่วงการบำบัดได้ 2 ช่วง เนื่องจากช่วงที่ 2 ปริมาณ

ออกซิเจนละลายน้ำ จะลดลงเล็กน้อย เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์เริ่มตายและหลุดออกจากตัวกลางทำให้ สารอินทรีย์ในระบบเพิ่มขึ้นอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ก็จะเพิ่มขึ้น ทำให้ความต้องการออกซิเจน เพิ่มขึ้นด้วย ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ในน้ำออกจึงลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhiqiang และคณะ [21] ได้ใช้ระบบ RBC บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ปนเปื้อนสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจน ที่ระยะเวลาเก็บ 5-9 ชั่วโมง และภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 16-40 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน พบว่าค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ของของน้ำเข้าระบบเท่ากับ 8.1 มิลลิกรัม/ลิตร และเมื่อผ่านไป 5 วัน ค่าปริมาณออกซิเจนในน้ำออกลดลงเหลือ 3.9 มิลลิกรัม/ลิตร

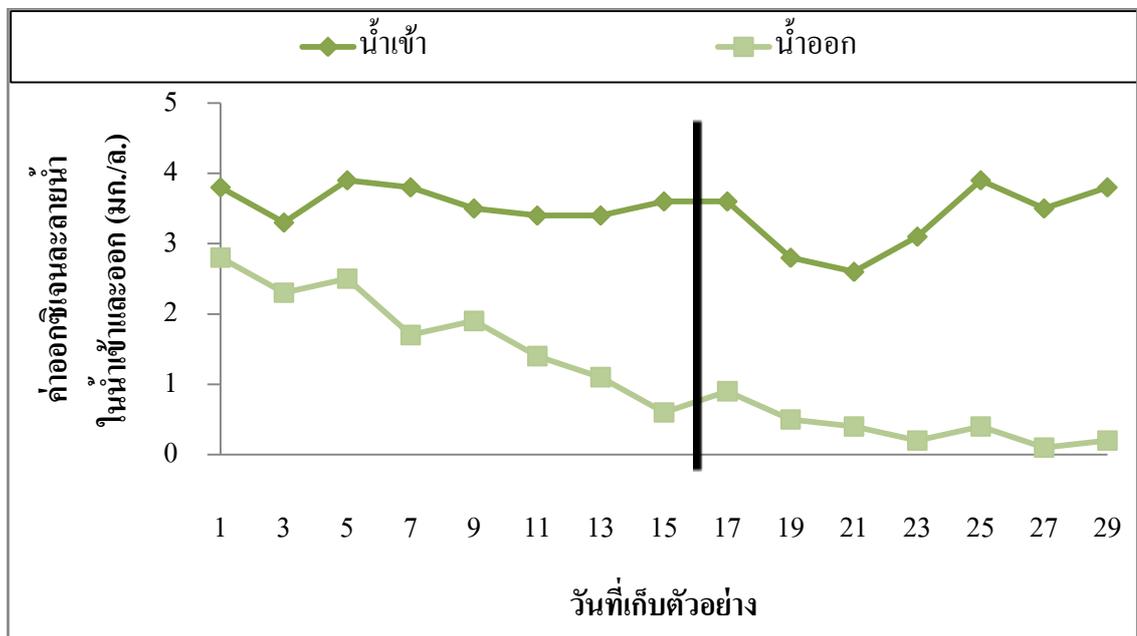
เมื่อนำมาแสดงในรูปกราฟเพื่อเปรียบเทียบค่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ของน้ำเสียเข้าและออกจาก ระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.76-4.78



รูปที่ 4.76 ค่าออกซิเจนละลายน้ำช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและน้ำออกระบบ ที่มีน้ำมัน 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 9.66 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



รูปที่ 4.77 ค่าออกซิเจนละลายน้ำช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกจากระบบ ที่มีน้ำมัน 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การบรรทุกสารอินทรีย์ 12.81 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



รูปที่ 4.78 ค่าออกซิเจนละลายน้ำช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกจากระบบที่มีน้ำมัน 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การบรรทุกสารอินทรีย์ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)

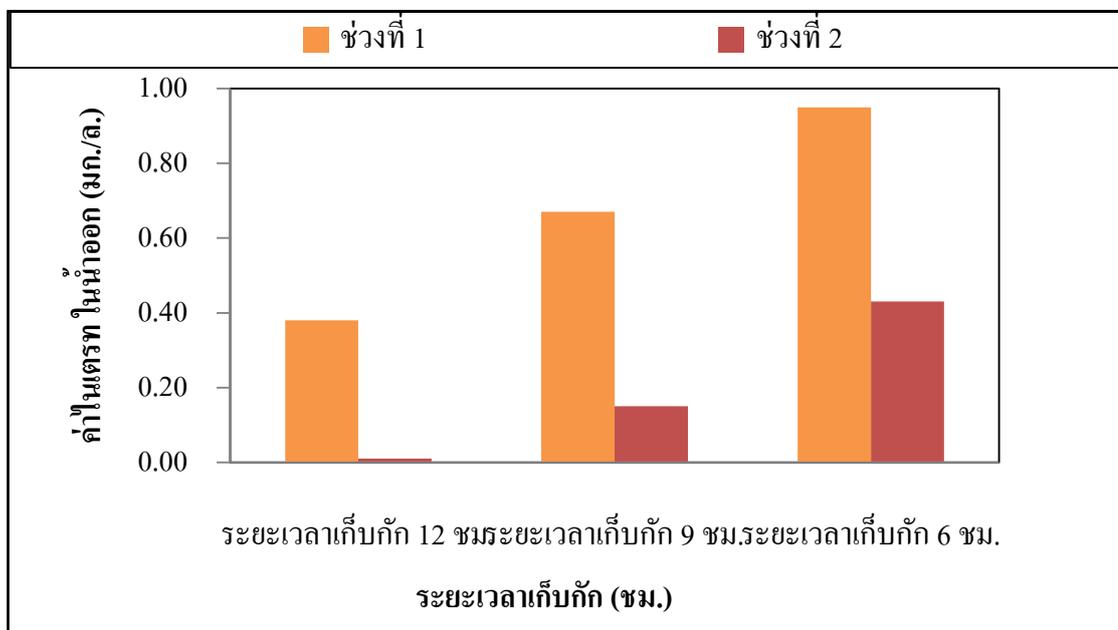
4.2.8 ปริมาณไนเตรทของน้ำเสียในระบบ (Nitrate)

จากการวิเคราะห์ค่า ไนเตรท ที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 400 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าทั้ง 3 ระยะเวลาเก็บกักสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่า ไนเตรท ของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วงอย่างเห็นได้ชัด โดยที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ไนเตรท น้อยมากหรือเท่ากับ 0 น้ำเสียออกจากระบบช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 มีค่าไนเตรท คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.38 ± 0.20 และ 0.01 ± 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ไนเตรท น้อยมากหรือเท่ากับ 0 น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ไนเตรท ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.67 ± 0.29 และ 0.15 ± 0.09 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่าไนเตรทน้อยมากหรือเท่ากับ 0 น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ไนเตรท ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.95 ± 0.21 และ 0.43 ± 0.16 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ชัดว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าไนเตรทของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2

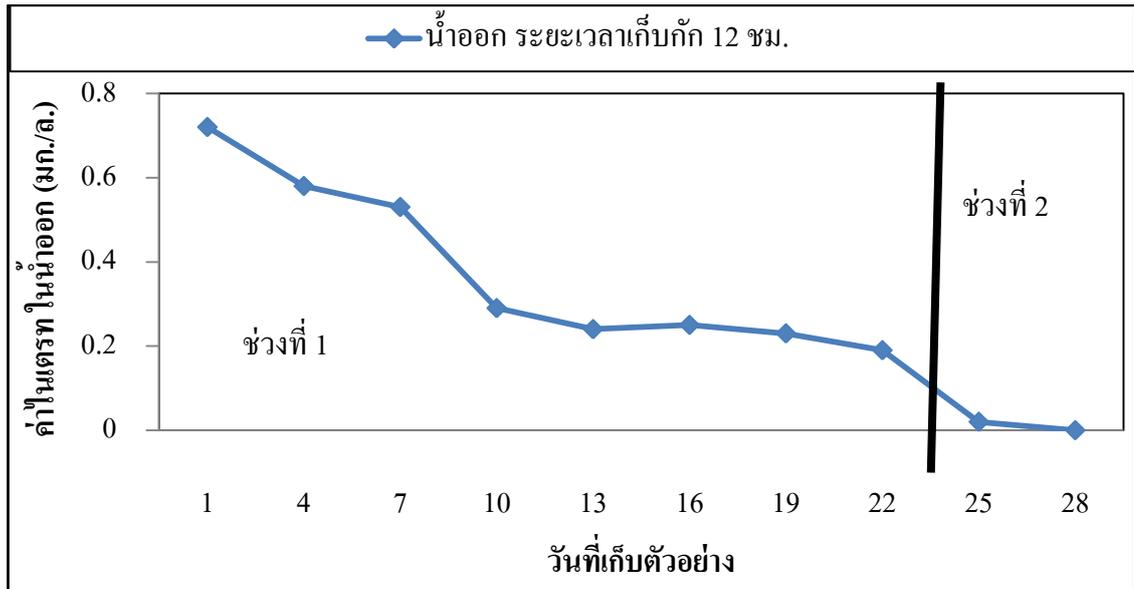
การศึกษาพบว่าในน้ำเข้าพบว่ามีค่า ไนเตรทน้อยมากหรือเท่ากับ 0 ในขณะที่น้ำออกสามารถตรวจพบค่าไนเตรท โดยค่าไนเตรทในน้ำออกมีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัด และสามารถแบ่งช่วงการบำบัดเป็น 2 ช่วงเนื่องจากช่วงที่ 2 จะมีอัตราการเกิดของไนเตรทลดลงอย่างเห็นได้ชัดเป็นผลมาจากค่าการระบรทุกสารอินทรีย์ที่ค่อนข้างสูงที่ส่งผลให้อัตราการใช้ออกซิเจนเพื่อเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์สูงขึ้น จึงทำให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำต่ำลง จนสามารถเกิดกระบวนการ Denitrification ได้ กล่าวคือ Denitrification เป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากจุลินทรีย์ประเภท Facultative Organisms ซึ่งจะใช้ออกซิเจนในรูปออกซิเจนละลายน้ำหรือออกซิเจนที่อยู่ในรูปสารประกอบเพื่อนำมาใช้ในกระบวนการ Metabolism สารอินทรีย์ต่างๆ ในน้ำเสีย โดยถ้าออกซิเจนละลายน้ำไม่เพียงพอจุลินทรีย์ประเภทนี้จะเริ่มดึงออกซิเจนที่อยู่ในรูปสารประกอบ รวมทั้งไนเตรทมาใช้ [23] จึงทำให้ค่าไนเตรทในน้ำมีแนวโน้มลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhiqiang และคณะ [21] ได้ใช้ระบบ RBC บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ปนเปื้อนสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจน พบว่าถ้าที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 ชั่วโมง การระบรทุกสารอินทรีย์จาก 40 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน พบไนเตรทในน้ำเสียออกระบบ 8.8 ± 0.3 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ถ้าเพิ่มระยะเวลาเก็บกักเป็น 9 ชั่วโมง การระบรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 16 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน ค่าไนเตรทในน้ำเสียออกระบบจะลดลงเป็น 8.3 ± 0.6 มิลลิกรัม/ลิตร และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sirianuntapiboon และคณะ [10] ได้ศึกษาการใช้ระบบ Packed Cage RBC ในการบำบัดน้ำเสียที่มีไซยาไนด์ปนเปื้อน ที่ระยะเวลาเก็บกัก 16, 12 และ 8 ชั่วโมงพบว่าที่ความเข้มข้นของ

โซยาไนต์ 40 มิลลิกรัม /ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกักมากที่สุดเท่ากับ 16 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำสุดเท่ากับ 2.04 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน น้ำเสียออกจากระบบจะมีค่า ไนเตรทต่ำสุดเท่ากับ 0.3±0.1 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้อยที่สุดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงสุดคือ 4.07 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน จะมีค่า ไนเตรทในน้ำออกมากที่สุดคือ 1.7±0.4 มิลลิกรัม/ลิตร

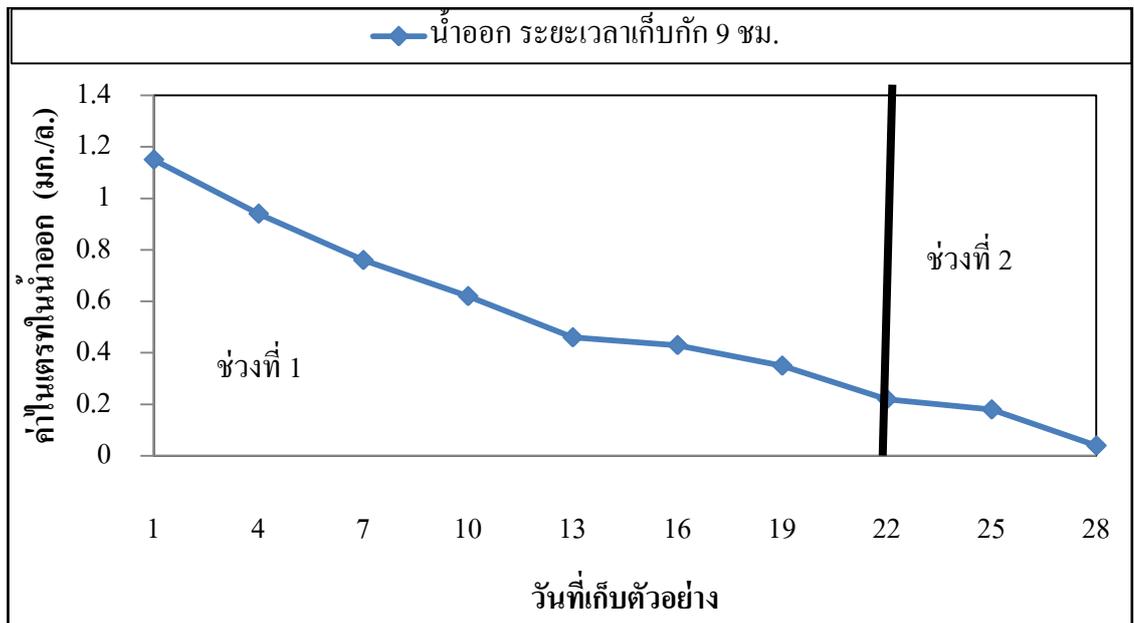
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า ไนเตรทออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.79 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.80-4.82



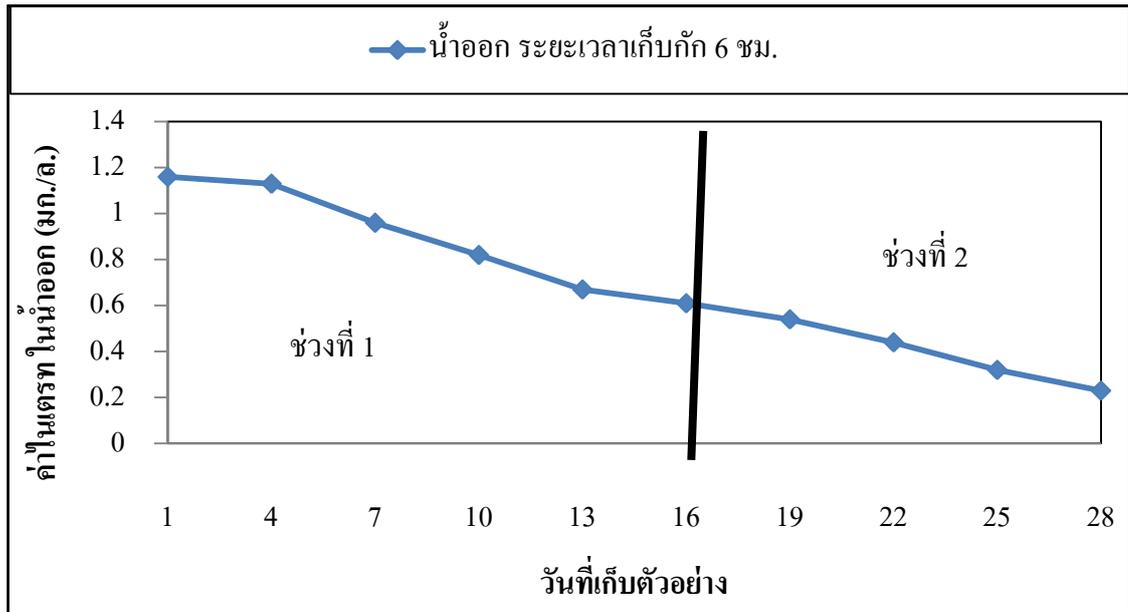
รูปที่ 4.79 เปรียบเทียบค่าไนเตรทในน้ำออกของระบบที่มีน้ำมัน 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 9.66, 12.81 และ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



รูปที่ 4.80 ค่าไนเตรทช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออกของระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ 9.66 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.81 ค่าไนเตรทช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออกของระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ 12.81 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



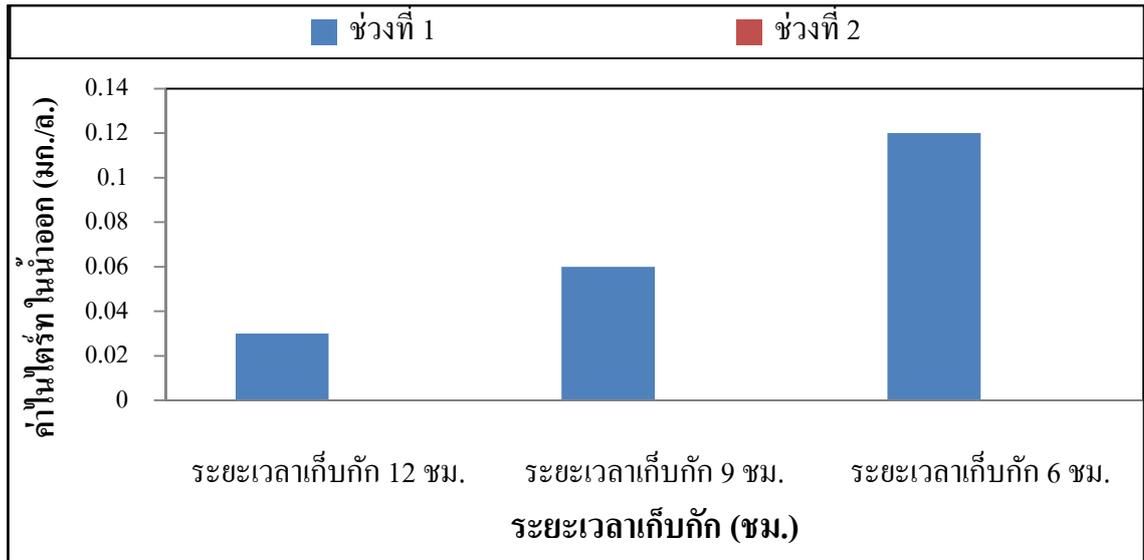
รูปที่ 4.82 ค่าไนเตรทช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออกของระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

4.2.9 ปริมาณไนไตรท์ของน้ำเสียในระบบ (Nitrite)

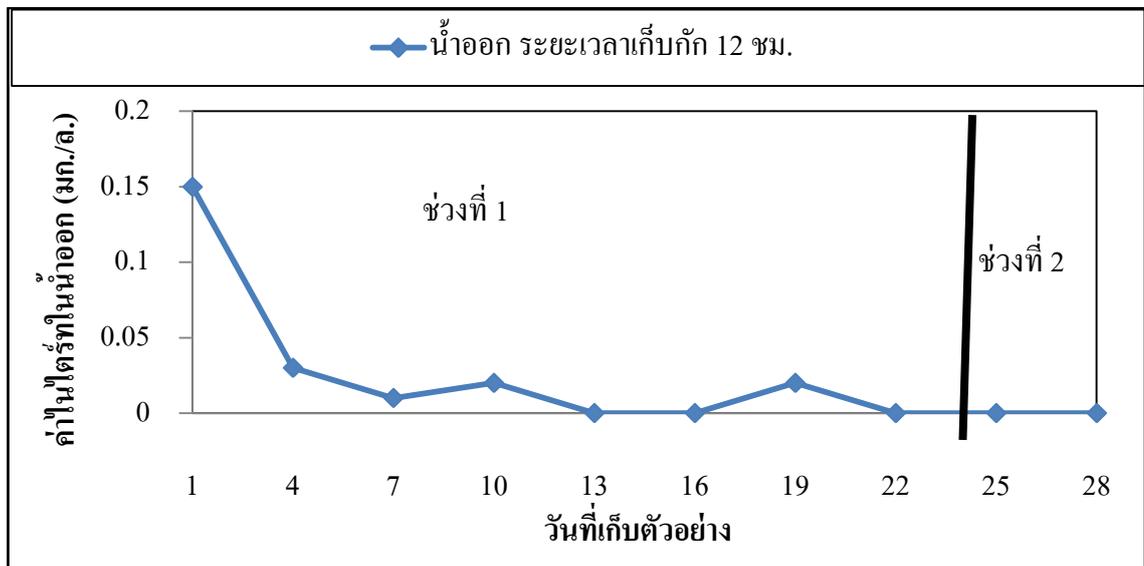
จากการวิเคราะห์ค่าไนไตรท์ที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 400 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าทั้ง 3 ระยะเวลาเก็บกักสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่าไนไตรท์ของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่ต่างกันของทั้ง 2 ช่วงอย่างเห็นได้ชัด โดยที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่าไนไตรท์น้อยมากหรือเท่ากับ 0 น้ำเสียออกจากระบบช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 มีค่าไนไตรท์ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.03 ± 0.05 และ 0.00 ± 0.00 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่าไนไตรท์น้อยมากหรือเท่ากับ 0 น้ำเสียออกจากระบบมีค่าไนไตรท์ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.06 ± 0.08 และ 0.00 ± 0.00 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่าไนไตรท์น้อยมากหรือเท่ากับ 0 น้ำเสียออกจากระบบมีค่าไนไตรท์ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.12 ± 0.09 และ 0.00 ± 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าไนไตรท์ของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2

จากการศึกษาพบว่า ในน้ำเข้าพบว่ามีค่า ไนโตรเจนน้อยมากหรือเท่ากับ 0 ในขณะที่น้ำออกสามารถตรวจพบค่าไนโตรเจนปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียมีน้อยมาก เนื่องจากไนโตรเจนเป็นสารตัวกลางในการเปลี่ยนแปลงของไนเตรทของกระบวนการ Denitrification และสามารถแบ่งช่วงการบำบัดเป็น 2 ช่วง ไนโตรเจนมีแนวโน้มลดลงจากการบวนการ Denitrification ที่ Facultative Organism จะเปลี่ยนรูปไนเตรทเป็นไนโตรเจนซึ่งเป็นสารตัวกลางเพื่อนำออกซิเจนที่อยู่ในรูปสารประกอบมาใช้ และสิ้นสุดที่ก๊าซไนโตรเจน [23] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhiqiang และคณะ [21] ได้ใช้ระบบ RBC บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ ที่เป็นป้อนสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจน พบว่าถ้าที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 ชั่วโมง ภาระบรรทุกทุกสารอินทรีย์จาก 40 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน พบไนโตรเจนในน้ำเสียออกระบบ 1.5 ± 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ถ้าเพิ่มระยะเวลาเก็บกักเป็น 9 ชั่วโมง ภาระบรรทุกทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 16 กรัม ซีโอดี/ตารางเมตร-วัน ค่าไนโตรเจนในน้ำเสียออกระบบจะลดลงเป็น 3.6 ± 0.6 มิลลิกรัม/ลิตร และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sirianuntapiboon และคณะ [10] ได้ศึกษาการใช้ระบบ Packed Cage RBC ในการบำบัดน้ำเสียที่มีไซยาไนด์ปนเปื้อน ที่ระยะเวลาเก็บกัก 16, 12 และ 8 ชั่วโมงพบว่าที่ความเข้มข้นของไซยาไนด์ 40 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกักมากที่สุดเท่ากับ 16 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบรรทุกทุกสารอินทรีย์ต่ำสุดเท่ากับ 2.04 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน น้ำเสียออกจากระบบจะมีค่าไนโตรเจนต่ำสุดเท่ากับ 0.5 ± 0.3 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้อยที่สุดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบรรทุกทุกสารอินทรีย์สูงสุดคือ 4.07 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน จะมีค่าไนโตรเจนในน้ำออกมากที่สุดคือ 0.7 ± 0.6 มิลลิกรัม/ลิตร

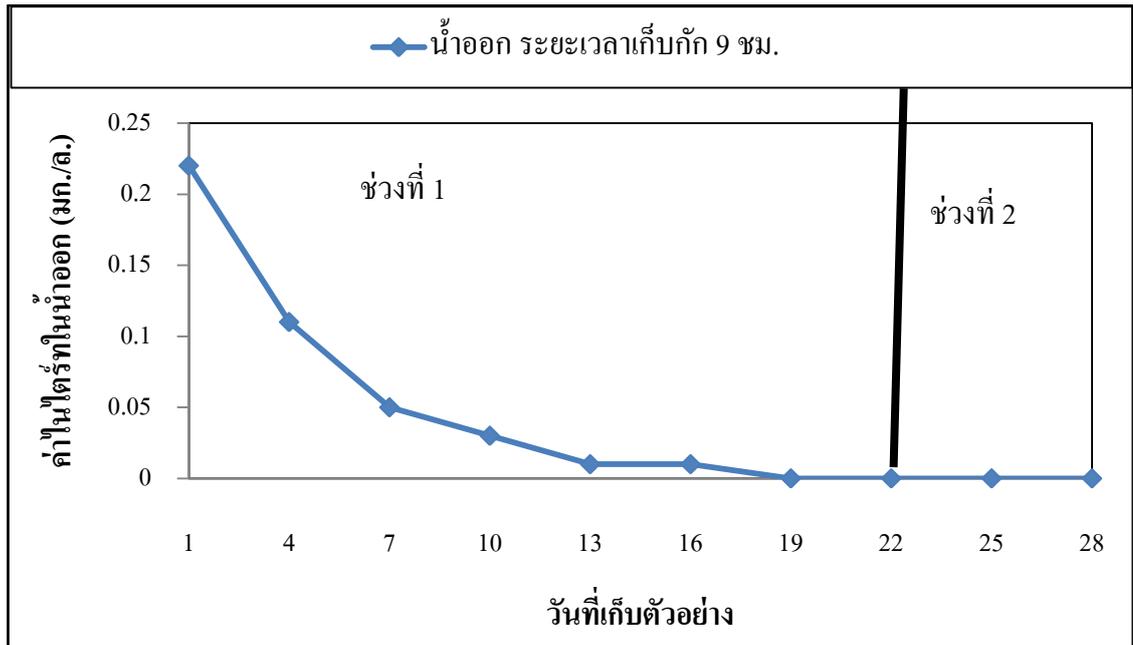
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่าไนโตรเจนที่ออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.83 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.84-4.86



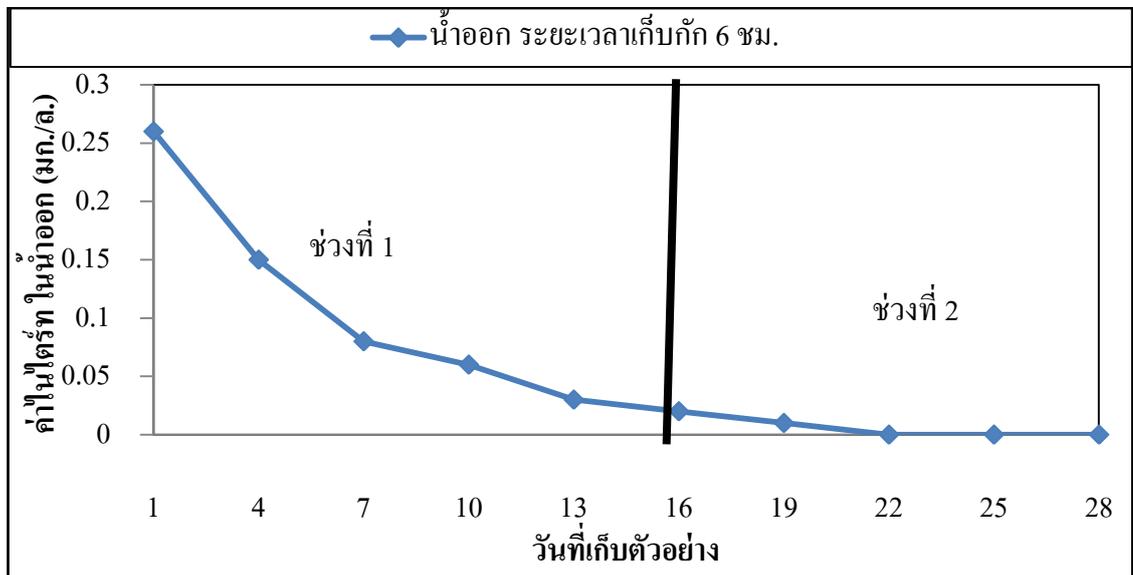
รูปที่ 4.83 ค่าไนเตรทในน้ำออกของระบบที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 9.66, 12.81 และ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



รูปที่ 4.84 ค่าไนเตรทช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออกของระบบที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 9.66 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.85 ค่าไนเตรทช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออกของระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ 12.81 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.86 ค่าไนเตรทช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออก ของระบบที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

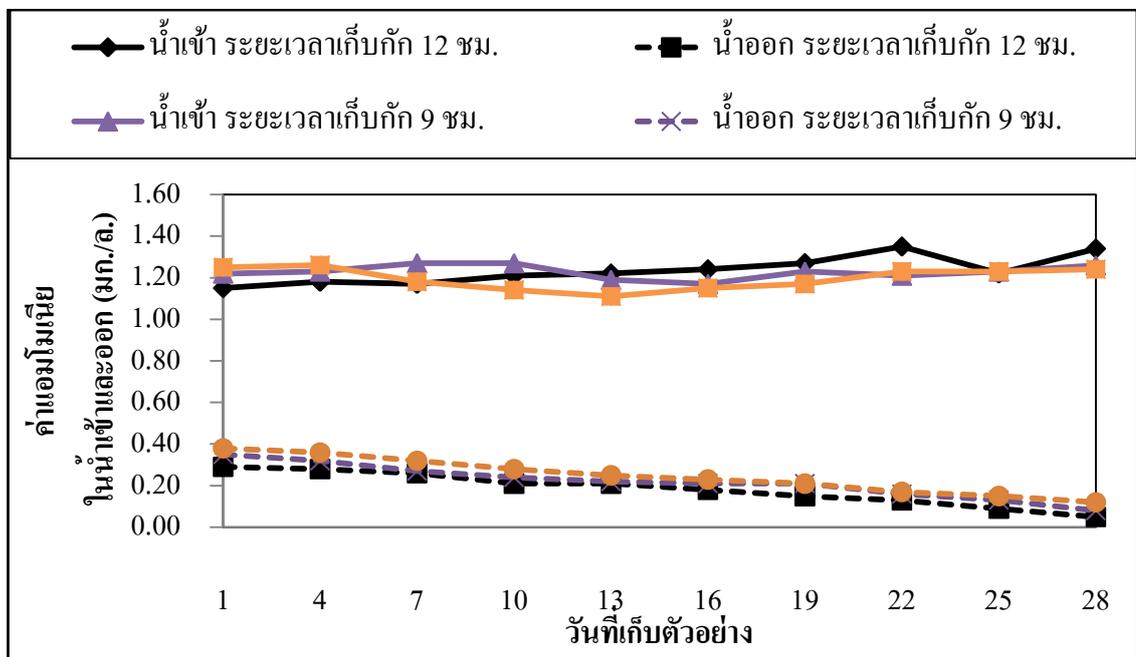
4.2.10 ปริมาณแอมโมเนียของน้ำเสียในระบบ (Ammonia)

จากการวิเคราะห์ค่า แอมโมเนีย ที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 400 มิลลิกรัม /ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าทั้ง 3 ระยะเวลาเก็บกักสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่าแอมโมเนียของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วงอย่างเห็นได้ชัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า แอมโมเนีย คิดเป็นค่าเฉลี่ย 1.22 ± 0.06 และ 1.28 ± 0.08 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า แอมโมเนีย คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.21 ± 0.06 และ 0.07 ± 0.03 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 82.29 ± 5.65 และ 94.45 ± 2.58 ตามลำดับ ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าแอมโมเนียคิดเป็นค่าเฉลี่ย 1.23 ± 0.04 และ 1.23 ± 0.03 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า แอมโมเนีย คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.26 ± 0.06 และ 0.12 ± 0.04 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 78.80 ± 4.46 และ 89.95 ± 3.47 ตามลำดับ และที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าแอมโมเนียคิดเป็นค่าเฉลี่ย 1.19 ± 0.07 และ 1.20 ± 0.04 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่าแอมโมเนียคิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.32 ± 0.05 และ 0.18 ± 0.04 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 73.37 ± 3.14 และ 85.27 ± 4.21 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าแอมโมเนียของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 2 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 1 และประสิทธิภาพการบำบัดของช่วงที่ 2 จะสูงกว่าช่วงที่ 1 ด้วย

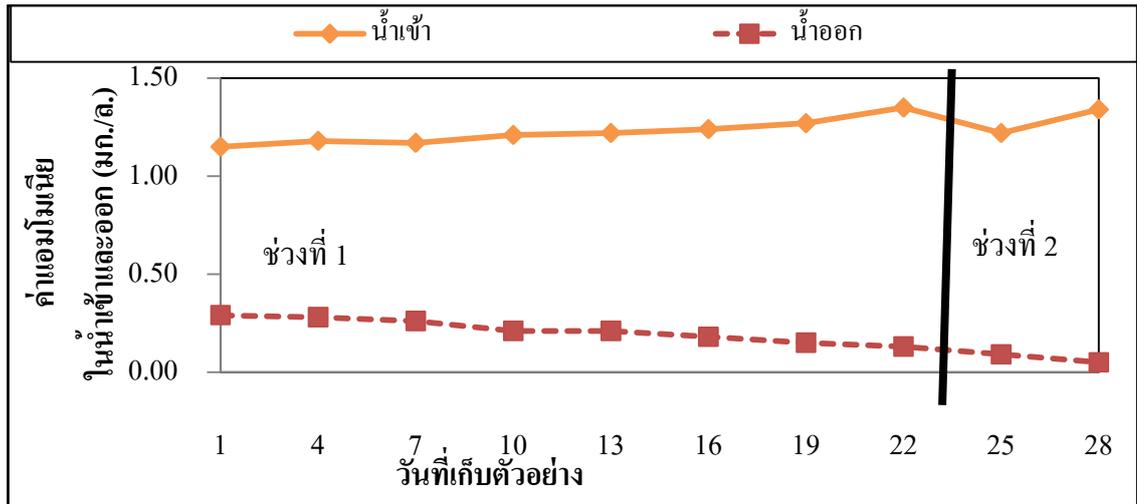
จากการศึกษาพบว่าระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าแอมโมเนีย โดยน้ำออกจะมีค่าแอมโมเนียลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเข้า และอัตราการบำบัดแอมโมเนียมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อเวลาผ่านไปฟิล์มชีวภาพที่หนาขึ้นทำให้ชั้นในสุดของฟิล์มชีวภาพเกิดสภาวะไร้อากาศและหลุดลอกออกในที่สุด ทำให้เกิดการย่อยสลายฟิล์มที่หลุดลอกหรืออาจกล่าวได้ว่าเกิดการย่อยสลายเซลล์จุลินทรีย์ที่ตายแล้วเพิ่มขึ้น จึงทำให้เกิดการย่อยสลายแอมโมเนียเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhiqiang และคณะ [21] ได้ใช้ระบบ RBC บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ปนเปื้อนสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจน พบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 ชั่วโมง ภาระบรรทุกสารอินทรีย์จาก 40 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน พบแอมโมเนียในน้ำเสียออกจากระบบ 19.4 ± 1.3 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ถ้าเพิ่มระยะเวลาเก็บกักเป็น 9 ชั่วโมง ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 16 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน ค่าแอมโมเนียในน้ำเสียออกจากระบบจะลดลงเป็น 10.1 ± 1.3 มิลลิกรัม/ลิตร และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sirianuntapiboon และคณะ [10] ได้ศึกษาการใช้ระบบ Packed Cage RBC ในการบำบัดน้ำเสียที่มีไซยาไนด์ปนเปื้อน ที่ระยะเวลาเก็บกัก 16, 12 และ 8 ชั่วโมงพบว่าที่ความเข้มข้นของไซยาไนด์ 40 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกักมาก

ที่สุดเท่ากับ 16 ชั่วโมง ซึ่งมีการบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำสุดเท่ากับ 2.04 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน น้ำเสียออกจากระบบจะมีค่าแอมโมเนียต่ำสุดเท่ากับ 7.9 ± 1.8 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้อยที่สุดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งมีการบรรทุกสารอินทรีย์สูงสุดคือ 4.07 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน จะมีค่าแอมโมเนียในน้ำออกมากที่สุดคือ 9.2 ± 1.6 มิลลิกรัม/ลิตร

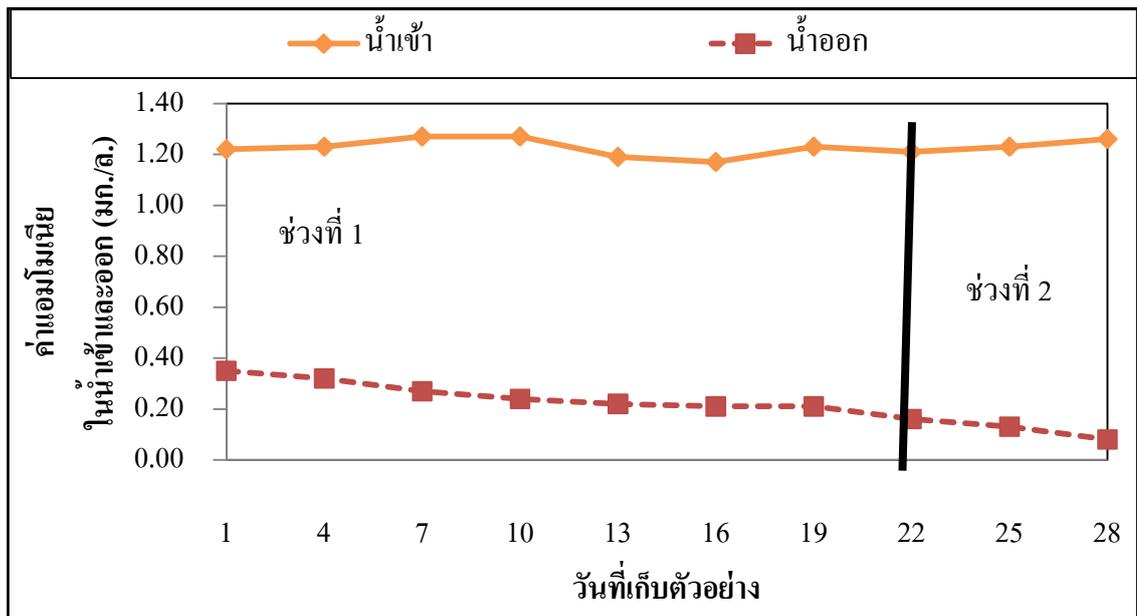
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า แอมโมเนีย ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.87 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.88-4.90 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่า แอมโมเนียของทั้งสองช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.91



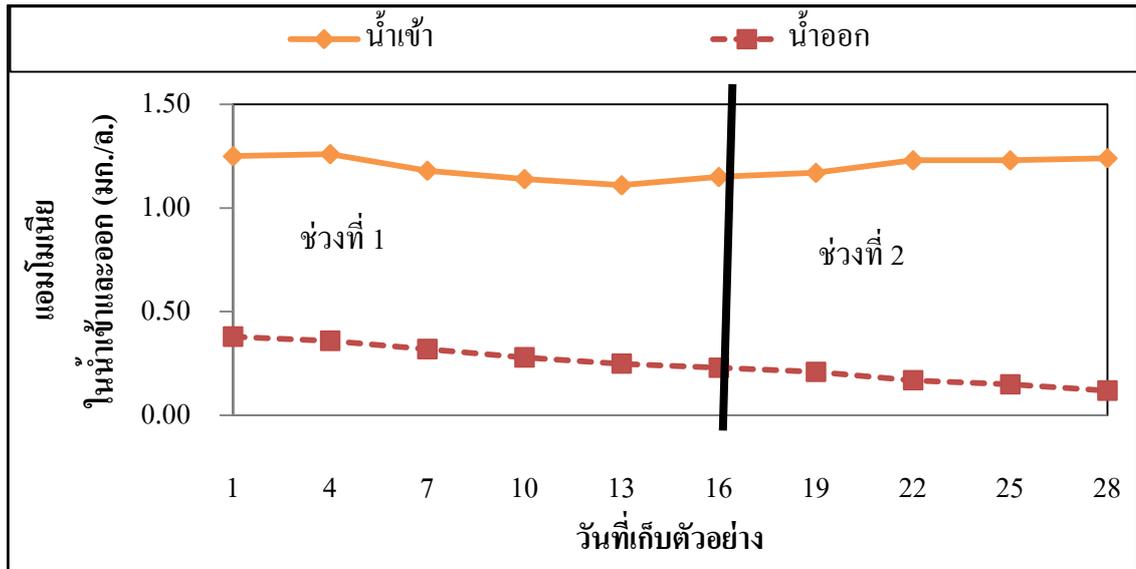
รูปที่ 4.87 ค่าแอมโมเนียในน้ำเข้าและออกของระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (การบรรทุกสารอินทรีย์ 9.66, 12.81 และ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



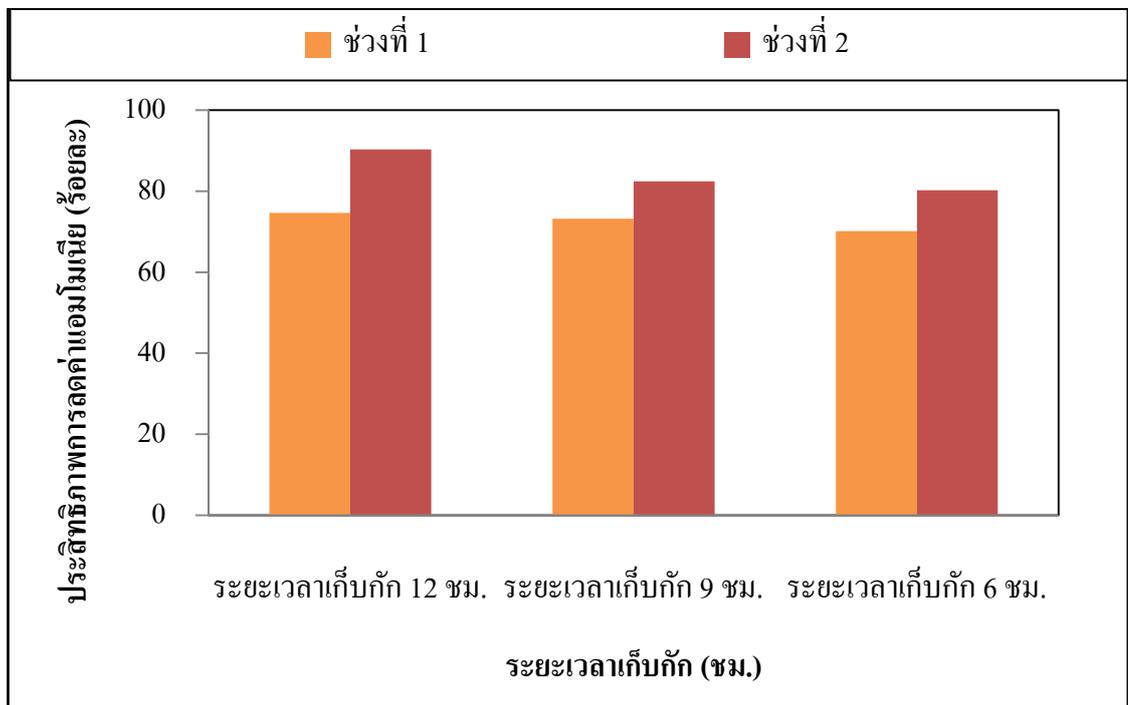
รูปที่ 4.88 ค่าแอมโมเนียช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกของระบบที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 9.66 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



รูปที่ 4.89 ค่าแอมโมเนียช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกของระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 12.81 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



รูปที่ 4.90 ค่าแอมโมเนียช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกของระบบที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



รูปที่ 4.91 ประสิทธิภาพการลดค่าแอมโมเนียช่วงที่ 1 และ 2 ที่ความเข้มข้นของน้ำมัน 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 9.66, 12.81 และ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

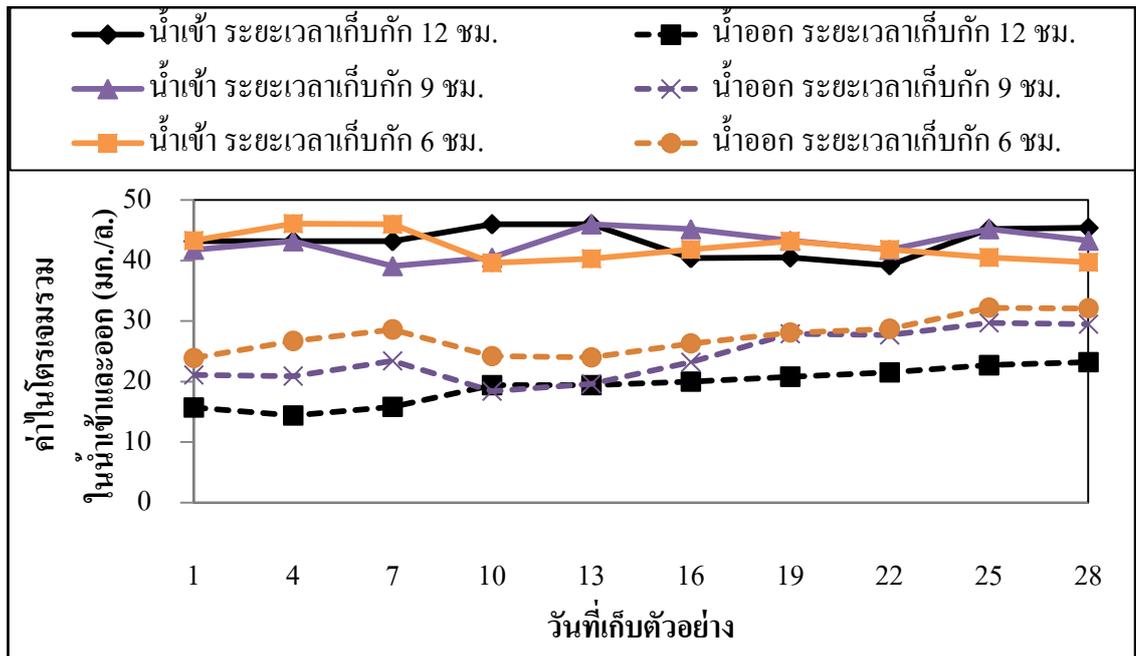
4.2.11 ประสิทธิภาพการลดค่าผลรวมไนโตรเจนของระบบ (Total Nitrogen)

จากการวิเคราะห์ค่าผลรวมไนโตรเจนที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 400 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าทั้ง 3 ระยะเวลาเก็บกักสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่าผลรวมไนโตรเจนของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วงอย่างเห็นได้ชัด โดยที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าผลรวมไนโตรเจนคิดเป็นค่าเฉลี่ย 42.71 ± 2.53 และ 45.30 ± 0.14 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่าผลรวมไนโตรเจนคิดเป็นค่าเฉลี่ย 18.38 ± 2.67 และ 22.95 ± 0.35 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 56.71 ± 7.86 และ 49.34 ± 0.62 ตามลำดับ ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าผลรวมไนโตรเจนคิดเป็นค่าเฉลี่ย 42.73 ± 2.46 และ 43.43 ± 1.70 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่าผลรวมไนโตรเจนคิดเป็นค่าเฉลี่ย 22.07 ± 3.13 และ 28.97 ± 1.10 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 48.21 ± 7.78 และ 33.30 ± 1.27 ตามลำดับ และที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าผลรวมไนโตรเจนคิดเป็นค่าเฉลี่ย 43.06 ± 3.06 และ 41.40 ± 1.35 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่าผลรวมไนโตรเจนคิดเป็นค่าเฉลี่ย 25.48 ± 2.09 และ 29.48 ± 2.59 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 40.81 ± 2.75 และ 28.60 ± 8.29 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าผลรวมไนโตรเจนของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2 และประสิทธิภาพการบำบัดของช่วงที่ 1 จะสูงกว่าช่วงที่ 2 ด้วย

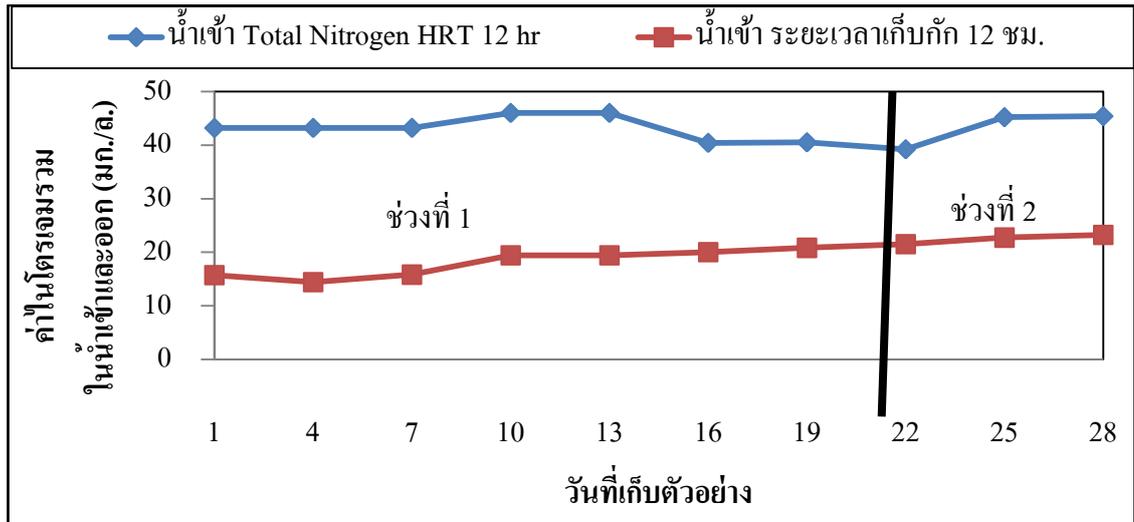
จากการศึกษาพบว่า ระบบ Packed Cage RBC มีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าผลรวมไนโตรเจนและ ประสิทธิภาพการบำบัดค่าผลรวมไนโตรเจนจะแปรผันตามระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย หรือแปรผกผันกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ โดยระบบที่มีระยะเวลาเก็บกักนาน หรือมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำ จะมีประสิทธิภาพการบำบัดที่ดีกว่า เนื่องจากจุลินทรีย์ที่เติบโตในระบบที่รับภาระบรรทุกต่ำจะมีอัตราการเจริญเติบโตและตายช้ากว่าระบบที่รับภาระบรรทุกสูง และพบว่าสามารถแบ่งช่วงการบำบัดเป็น 2 ช่วงเนื่องจากช่วงที่ 2 จะมีประสิทธิภาพการบำบัดลดลงเนื่องจากฟิล์มชีวภาพที่เริ่มหนาเกินไปจะเริ่มหลุดลอกออกจากตัวกลาง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhiqiang และคณะ [21] ได้ใช้ระบบ RBC บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ปนเปื้อนสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจน พบว่า ถ้าที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 ชั่วโมง ภาระบรรทุกสารอินทรีย์จาก 40 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน พบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดค่าผลรวมไนโตรเจนคิดเป็นร้อยละ 40.2 แต่ถ้าเพิ่มระยะเวลาเก็บกักเป็น 9

ชั่วโมง ภาวะบรรทุกลสารอินทรีย์เท่ากับ 16 กรัมซีไอดี/ตารางเมตร-วัน ประสิทธิภาพการบำบัดค่าผลรวมไนโตรเจนจะเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 61.4

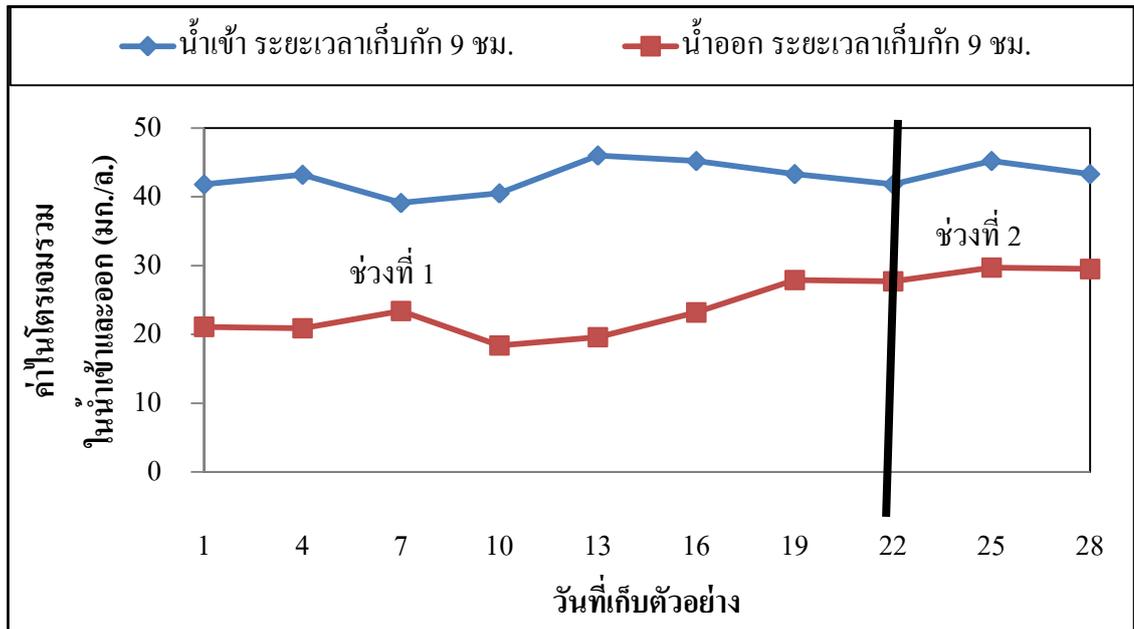
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปภาพ เพื่อเปรียบเทียบค่า ค่าผลรวมไนโตรเจน ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.92 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.93-4.95 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่าผลรวมไนโตรเจนของทั้งสองช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.96



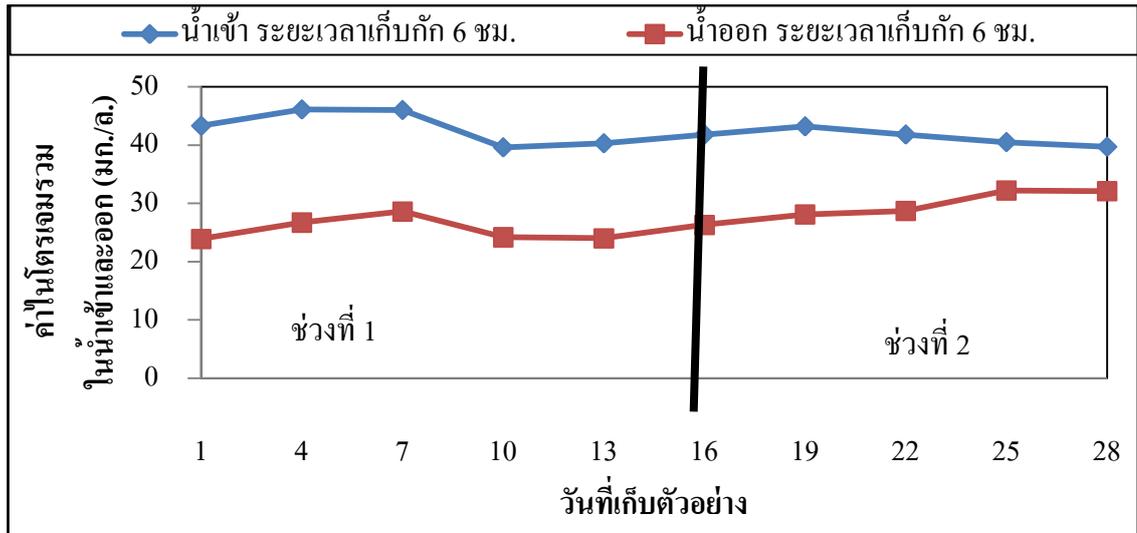
รูปที่ 4.92 ค่าผลรวมไนโตรเจนในน้ำเข้าและออกของระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาวะบรรทุกลสารอินทรีย์ 9.66, 12.81 และ 19.36 กรัมบีไอดี/ตารางเมตร-วัน)



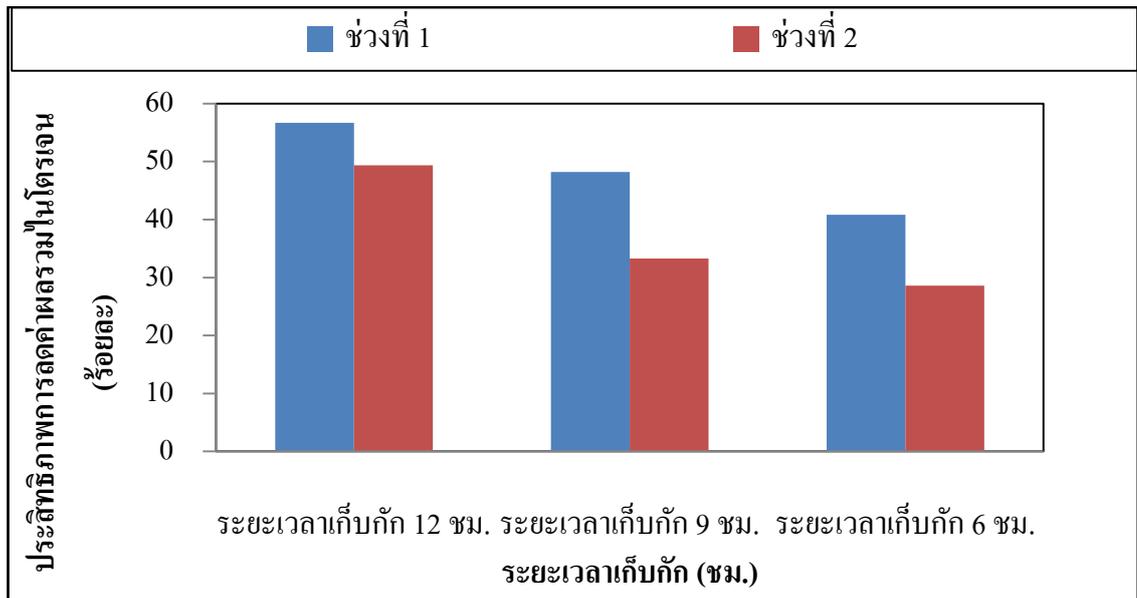
รูปที่ 4.93 ค่าผลรวมไนโตรเจนช่วงที่ 1 และ 2 ของน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันปาล์มเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 9.66 กรัม บีโอดี /ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.94 ค่าผลรวมไนโตรเจนช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกของระบบที่มีน้ำมันปาล์มเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 12.81 กรัม บีโอดี /ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.95 ค่าผลรวมไนโตรเจนช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบที่มีน้ำมันปาล์มเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



รูปที่ 4.96 ประสิทธิภาพการบำบัดค่าผลรวมไนโตรเจนช่วงที่ 1 และ 2 ของระบบที่มีน้ำมัน 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 9.66, 12.81 และ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

4.3 ผลการทดลองชุดที่ 3

การทดลองชุดที่ 3 น้ำเสียสังเคราะห์ที่เข้าระบบ Packed Cage RBC มีค่าบีโอดีไม่รวมน้ำมันประมาณ 800 มิลลิกรัม/ลิตร เติมน้ำมันปาล์มที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้ค่าน้ำเสียขาเข้ามีค่าบีโอดีรวมเฉลี่ยประมาณ 2,003.37 มิลลิกรัม/ลิตร และแปรผันระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง

4.3.1 ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี (Biological Oxygen Demand: BOD)

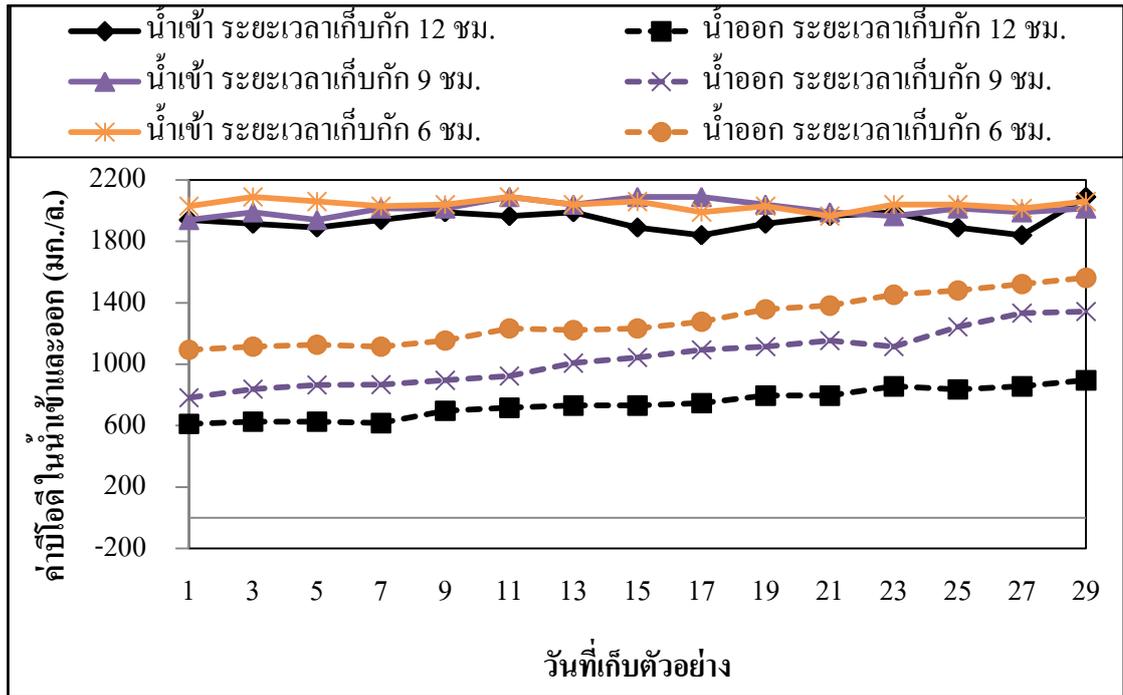
จากการวิเคราะห์ค่าบีโอดีที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 600 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์ที่เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าทั้ง 3 ระยะเวลาเก็บกักสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่า บีโอดีของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วงอย่างเห็นได้ชัด โดยที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าบีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย $1,931.23 \pm 46.23$ และ $1,952.73 \pm 110.32$ และ มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า บีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 699.68 ± 69.41 และ 860.70 ± 25.04 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 63.75 ± 3.69 และ 55.86 ± 1.68 ตามลำดับ ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า บีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 2023.22 ± 59.65 และ 2002.45 ± 26.02 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า บีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 924.38 ± 103.42 และ 1217.21 ± 105.04 มิลลิกรัม/ลิตร และประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 54.39 ± 4.04 และ 39.21 ± 5.22 ตามลำดับ และที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า บีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 2054.91 ± 24.24 และ 2020.01 ± 32.70 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า บีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 1161.90 ± 58.87 และ 1433.76 ± 99.82 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 43.46 ± 2.73 และ 29.05 ± 4.29 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าบีโอดีของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2 และประสิทธิภาพการบำบัดของช่วงที่ 1 จะสูงกว่าช่วงที่ 2 ด้วย

จากการทดลองนี้พบว่าประสิทธิภาพการบำบัด บีโอดี จะแปรผันตามระยะเวลาเก็บกัก กล่าวคือยิ่งระยะเวลาเก็บกักมากขึ้นประสิทธิภาพในการบำบัดจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มระยะเวลาเก็บกักเป็นการลดภาระบรรทุกสารอินทรีย์ในระบบจึงทำให้ระบบรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์น้อยลง ระบบจึงมีประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดีมากขึ้น อีกทั้งปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่มีจำกัดจึงเป็นตัวกำหนดการย่อยสลายสารอินทรีย์เพราะออกซิเจนเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ในน้ำ ถ้าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ในระบบมากเกินไปออกซิเจนละลายน้ำของระบบจะไม่เพียงพอต่อการเปลี่ยนรูป

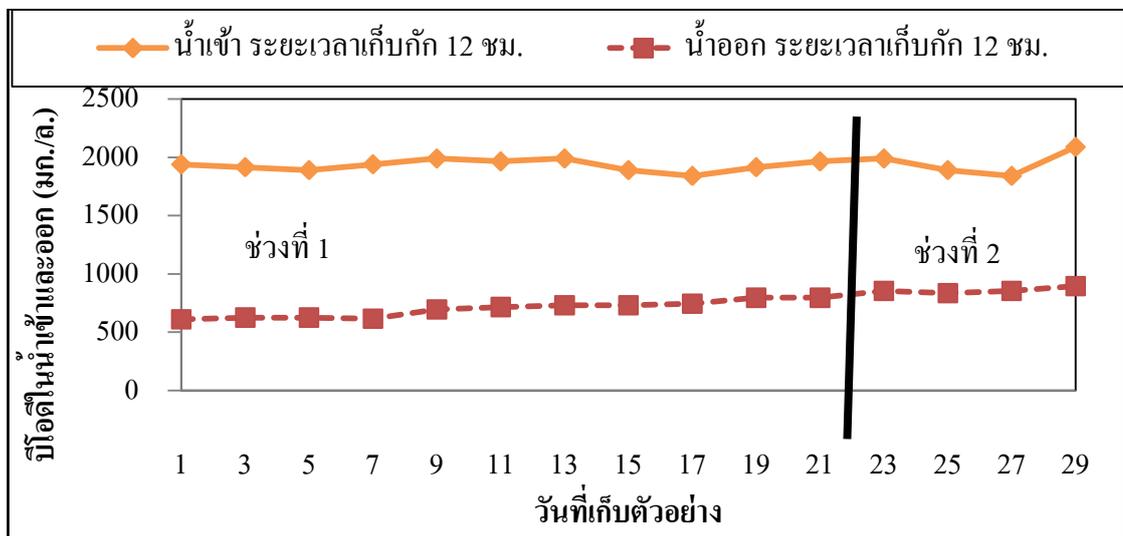
สารอินทรีย์ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบลดลง และการลดภาระบรรทุกสารอินทรีย์นี้จะไม่ทำให้ฟิล์มชีวะที่เจริญอยู่บนตัวกลางเติบโตจนหนาและหลุดลอกเร็วเกินไปทำให้ระบบสามารถคงประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดีได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sirianuntapiboon [7] ได้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียที่มีคลอรีนปนเปื้อน ด้วยระบบบำบัด Packed Cage RBC ที่ระยะเวลาเก็บกัก 16, 12 และ 8 ชั่วโมงพบว่าที่ระยะเวลาเก็บกักมากที่สุดเท่ากับ 16 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำสุดคือ 2.04 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน ระบบจะมีประสิทธิภาพการบำบัดค่อนข้างคงที่และกำจัด บีโอดีสูงสุดได้ถึง 2.01 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน คิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 92.5 ± 1.2 แต่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้อยที่สุดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบำบัดสูงสุดคือ 4.07 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน ระบบจะมีประสิทธิภาพการบำบัดไม่คงที่และมีประสิทธิภาพการบำบัดต่ำกว่า โดยสามารถกำจัด บีโอดี ได้ 2.5 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน คิดเป็นร้อยละ 90.0 ± 2.0

นอกจากนี้จากการทดลอง พบว่า ควรแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วง เพราะประสิทธิภาพในช่วงที่สองลดลงต่ำกว่าช่วงแรกอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากฟิล์มชีวะที่ยึดเกาะตัวกลางเริ่มมีการหลุดลอกอันเป็นผลมาจากเชื้อจุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตมากขึ้นทำให้ฟิล์มชีวะหนาขึ้นจนชั้นในสุดออกซิเจนไม่สามารถแพร่ผ่านเข้าไปได้ ทำให้ฟิล์มชีวะด้านในเกิดสภาวะไร้อากาศเชื้อจุลินทรีย์จึงเริ่มตายและหลุดลอก ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดลดลง โดยที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมงเชื้อจุลินทรีย์จะเกิดการหลุดลอกออกจากตัวกลางเร็วกว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง เนื่องจากที่ระยะเวลาเก็บกักต่ำระบบต้องรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์มากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sirianuntapiboon และ Chuamkaew [10] ได้ศึกษาการใช้ระบบ Packed Cage RBC ในการบำบัดน้ำเสียที่มีไซยาไนด์ปนเปื้อน ที่ระยะเวลาเก็บกัก 16, 12 และ 8 ชั่วโมงพบว่าที่ความเข้มข้นของไซยาไนด์ 40 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกักมากที่สุดเท่ากับ 16 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำสุดเท่ากับ 2.04 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน มีประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีสูงสุดคิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 92.8 ± 0.7 แต่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้อยที่สุดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงสุดคือ 4.07 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน จะมีประสิทธิภาพการบำบัดต่ำกว่า คิดเป็นร้อยละ 89.5 ± 0.5

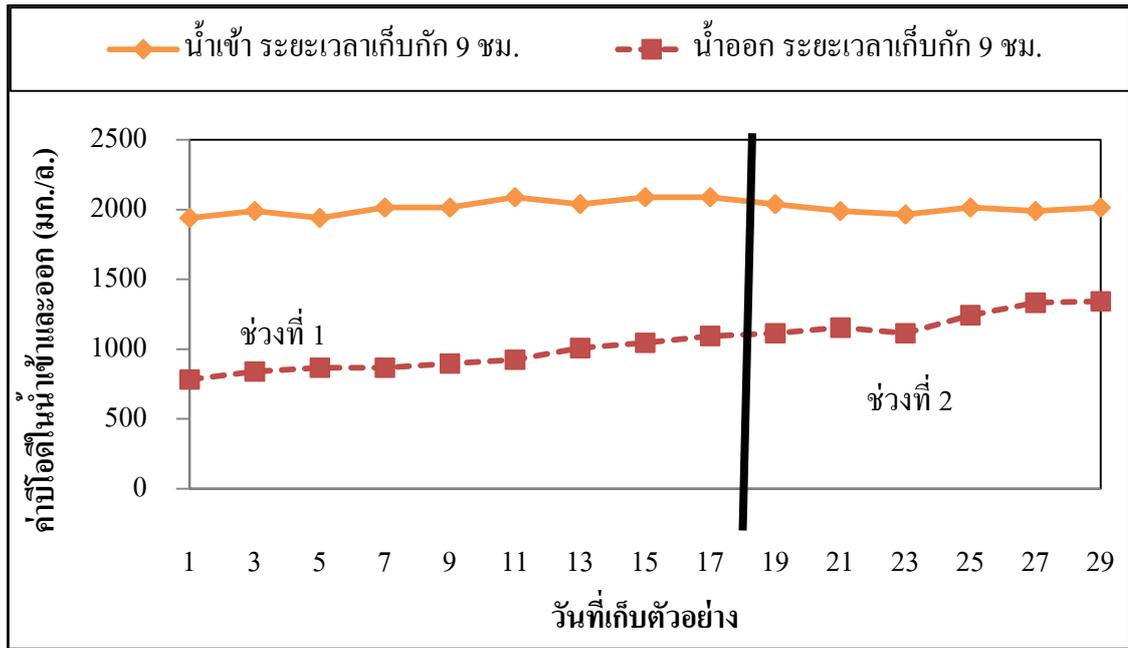
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า บีโอดีของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.97 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.98-4.100 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่า บีโอดีของทั้งสองช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.101



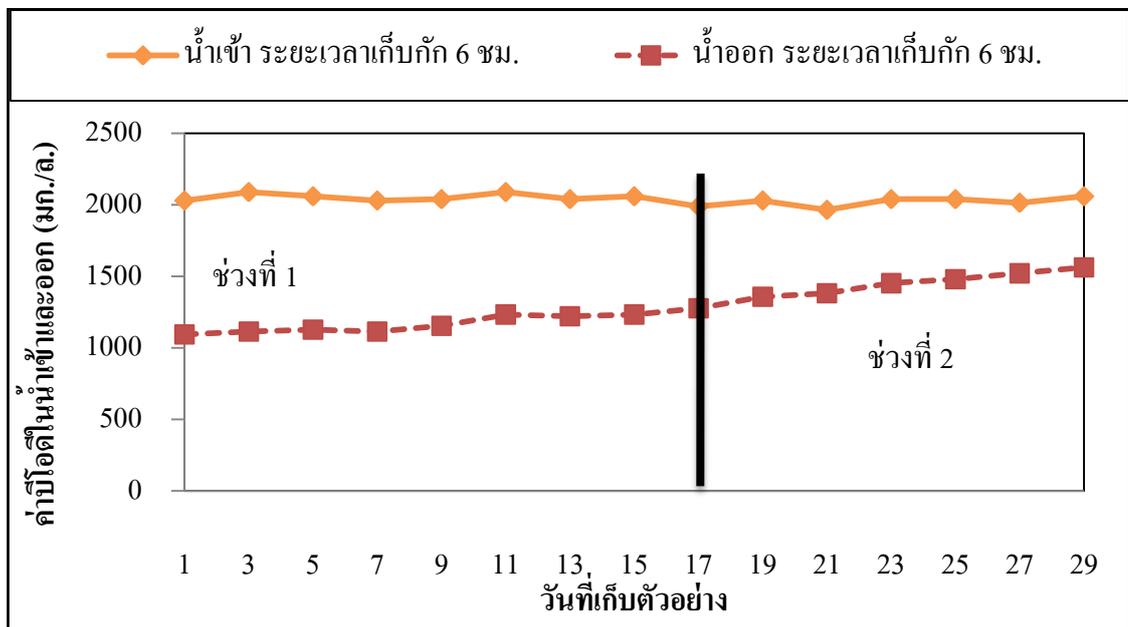
รูปที่ 4.97 ค่าบีโอดีในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันปาล์ม 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 13.59, 18.00 และ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



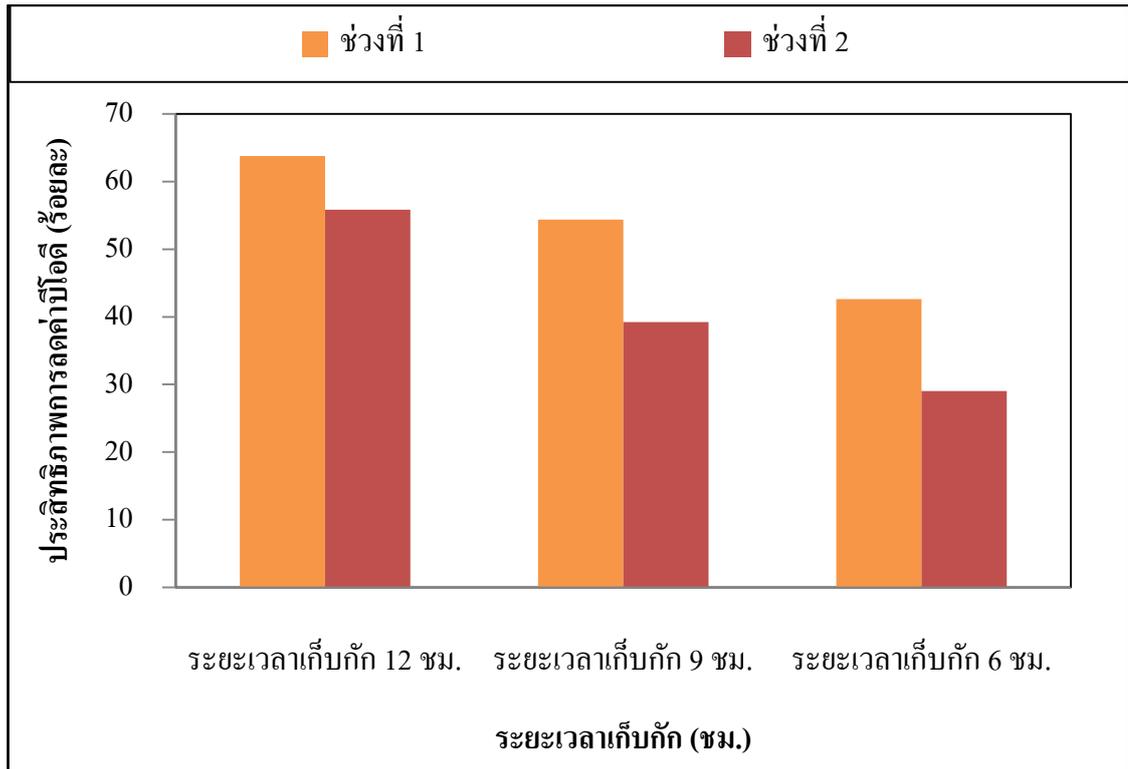
รูปที่ 4.98 ค่าบีโอดีช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 13.59 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.99 ค่าบีโอดีช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 18.00 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.100 ค่าบีโอดีช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.101 ประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดีในช่วงที่ 1 และ 2 ของน้ำในระบบที่มีน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 13.59, 18.00 และ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

4.3.2 ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดี (Chemical Oxygen Demand: COD)

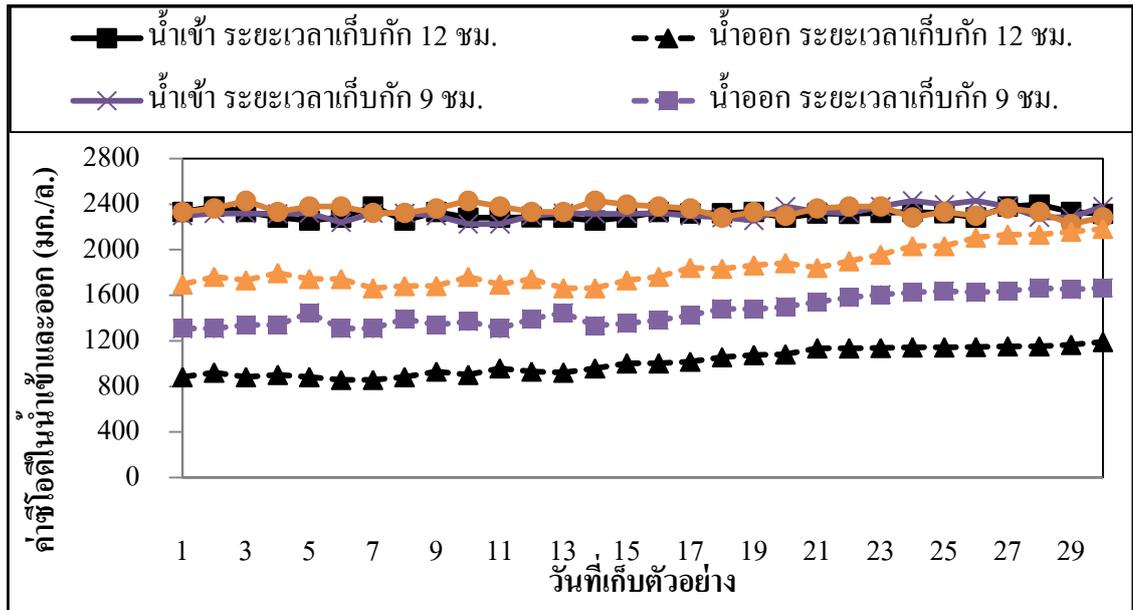
จากการวิเคราะห์ค่าซีโอดีที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 600 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียส่งเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าทั้ง 3 ระยะเวลาเก็บกักสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่า ซีโอดีของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วงอย่างเห็นได้ชัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ซีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 2306.62 ± 36.14 และ 2334.43 ± 34.59 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ซีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 954.95 ± 80.83 และ 1152.67 ± 16.95 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 58.59 ± 3.51 และ 50.61 ± 1.00 ตามลำดับ ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ซีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 2299.42 ± 33.47 และ 2350.42 ± 58.39 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ซีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 1360.02 ± 48.12 และ 1593.37 ± 69.11 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 40.85 ± 2.01 และ 32.20 ± 2.79 ตามลำดับ และที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสีย

เข้าระบบมีค่าซีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 2370.46 ± 37.92 และ 2323.87 ± 45.28 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่าซีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 1720.94 ± 45.28 และ 1993.87 ± 133.08 มิลลิกรัม/ลิตร และประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 27.39 ± 1.94 และ 19.41 ± 10.23 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าซีโอดีของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2 และประสิทธิภาพการบำบัดของช่วงที่ 1 จะสูงกว่าช่วงที่ 2 ด้วย

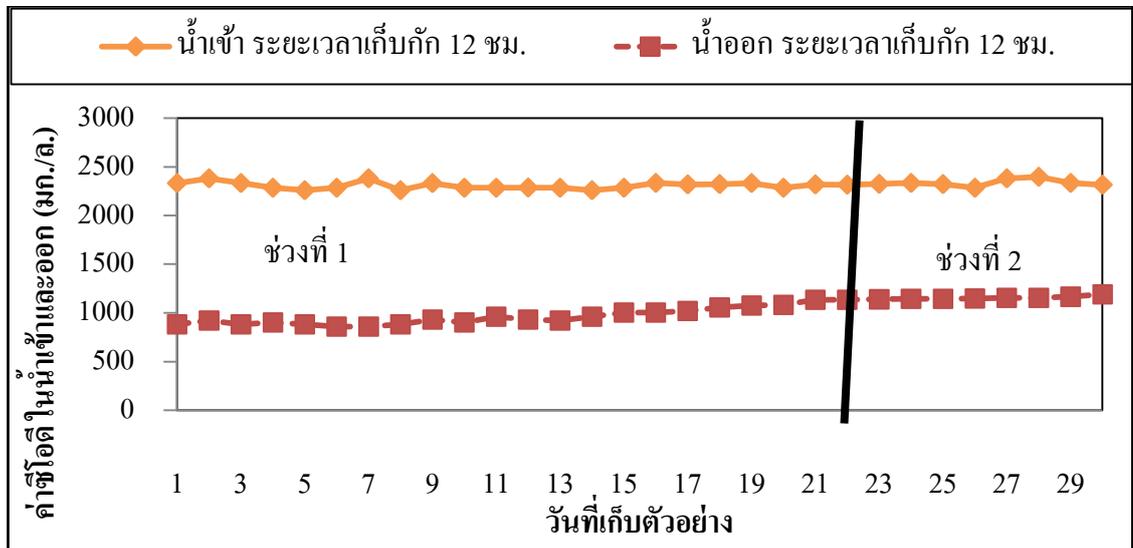
จากการทดลองพบว่าระบบบำบัด Packed Cage RBC มีประสิทธิภาพในการบำบัด ซีโอดี และถ้าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ลดลง หรือเพิ่มระยะเวลาเก็บกักจะทำให้ประสิทธิภาพการบำบัด ซีโอดีเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Malandra และคณะ [11] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ RBC ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตไวน์ จากการศึกษาพบว่า ค่า ซีโอดี ของน้ำเสียเข้าระบบมีค่าสูงถึง 6090 ± 3382 มิลลิกรัม/ลิตร และเมื่อผ่านการบำบัดแล้วน้ำเสียออกจากระบบมีค่า ซีโอดี ลดลงเหลือ 3478 ± 1715 มิลลิกรัม/ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 43 และพบว่าถ้าลดค่าซีโอดีในน้ำเข้าระบบ จะเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดของ ระบบได้

นอกจากนี้จากการทดลอง พบว่าสามารถแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วง โดยช่วงที่สองจะมีประสิทธิภาพการบำบัด ซีโอดีที่ลดลง เนื่องจากจุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตมากขึ้นทำให้ฟิล์มชีวะเริ่มหนาจนชั้นในสุดของฟิล์มเริ่มเกิดสภาวะไร้อากาศทำให้ฟิล์มชีวะหลุดลอก โดยที่ระยะเวลาเก็บกักนานกว่า เชื้อจะหลุดลอกออกจากตัวกลางช้ากว่าระยะเวลาเก็บกักต่ำ เพราะที่ระยะเวลาเก็บกักต่ำ ระบบจะต้องรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่สูงกว่าทำให้เชื้อจุลินทรีย์เข้าสู่ Stationary Phase และ Death Phase เร็วขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhiqiang และคณะ [21] ได้ใช้ระบบ RBC บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ปนเปื้อนสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจน พบว่าถ้าเพิ่มระยะเวลาเก็บกักจาก 5 เป็น 9 ชั่วโมง หรือ ลดภาระบรรทุกสารอินทรีย์จาก 40 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน เป็น 16 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน ประสิทธิภาพการบำบัดจะเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 47.4 เป็นร้อยละ 66.0

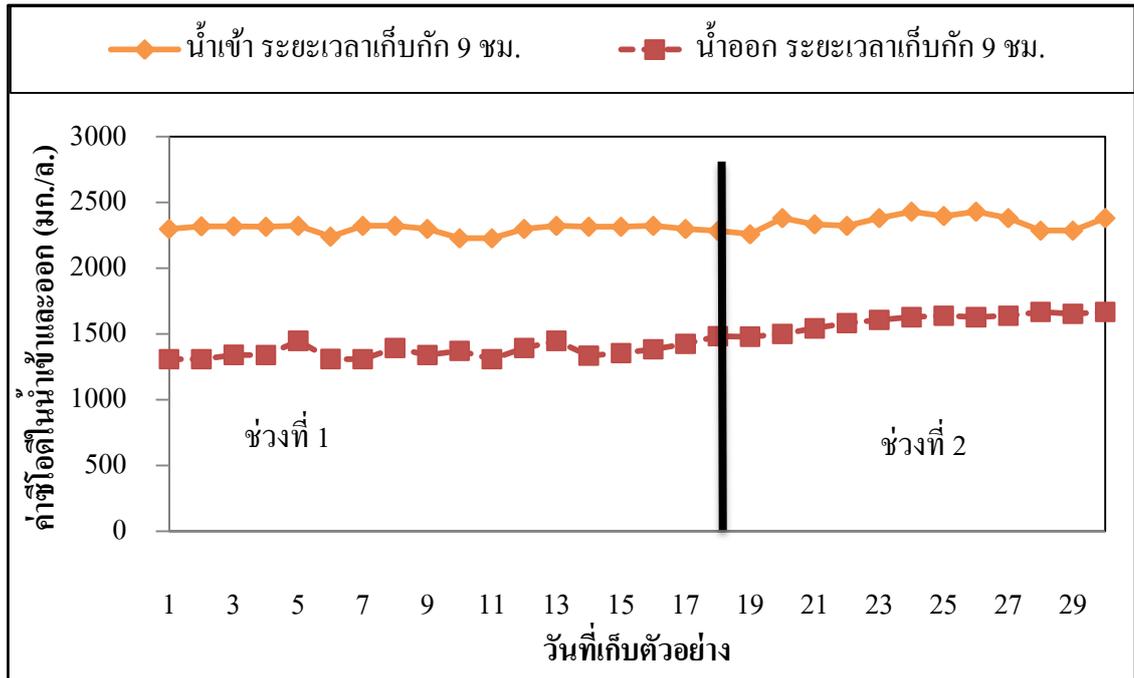
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า ซีโอดีของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.102 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.103-4.105 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่า ซีโอดีของทั้งสองช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.106



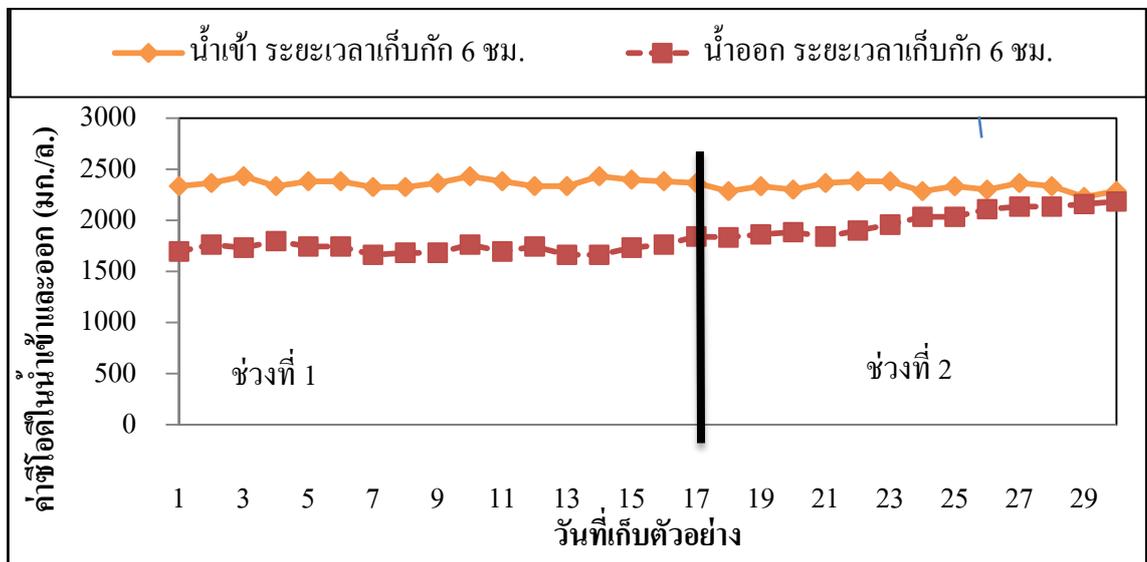
รูปที่ 4.102 ค่าซีไอดีในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 13.59, 18.00 และ 27.15 กรัมบีไอดี/ตารางเมตร -วัน)



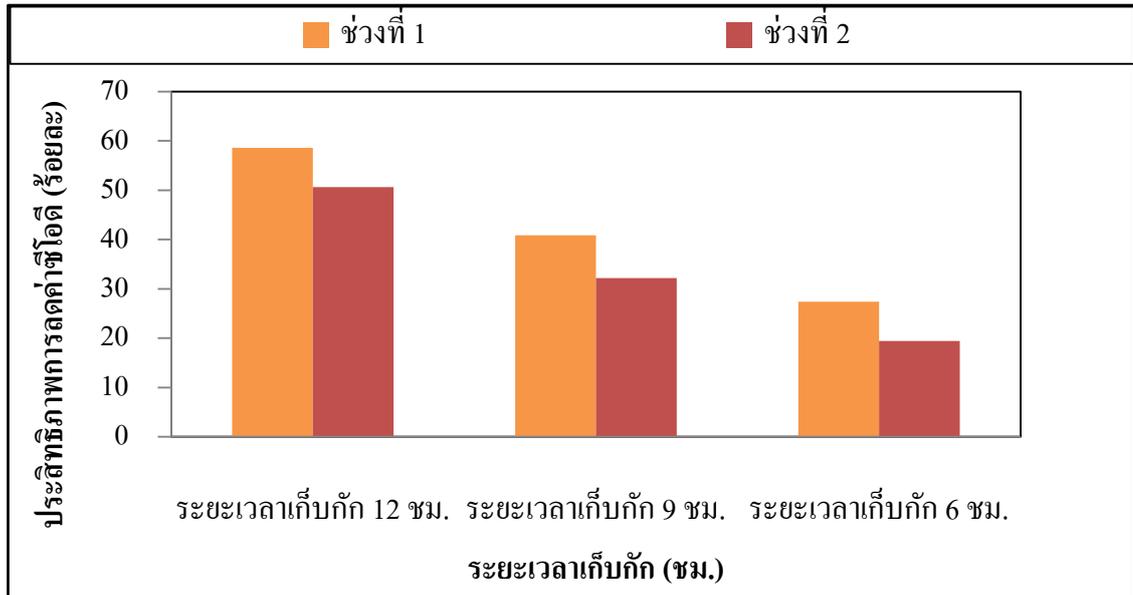
รูปที่ 4.103 ค่าซีไอดีช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 13.59 กรัมบีไอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.104 ค่าซีไอดีช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การบรรทุกสารอินทรีย์ 18.00 กรัมบีไอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.105 ค่าซีไอดีช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การบรรทุกสารอินทรีย์ 27.15 กรัมบีไอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.106 ประสิทธิภาพการลดค่าซีไอดีช่วงที่ 1 และ 2 ของระบบที่มีน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 13.59, 18.00 และ 27.15 กรัมบีไอดี/ตารางเมตร-วัน)

4.3.3 ปริมาณสารแขวนลอยในน้ำเสียออกระบบ (Suspended Solid: SS)

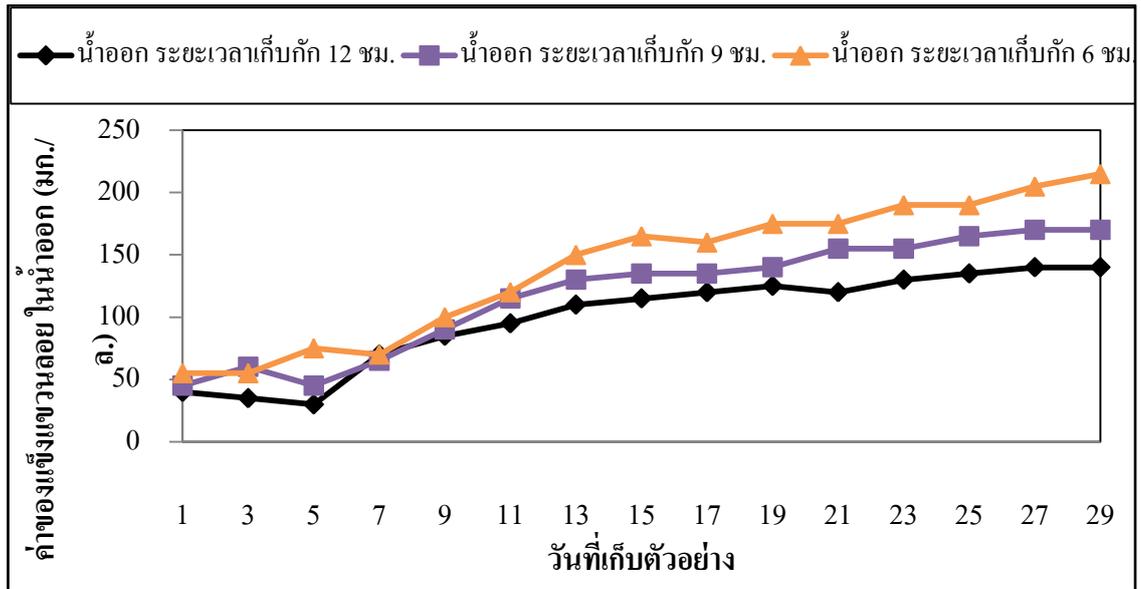
จากการวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอยที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 600 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียดังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าทั้ง 3 ระยะเวลาเก็บกักสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียออกระบบที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วงอย่างเห็นได้ชัด โดยที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียออกระบบมีค่า ของแข็งแขวนลอย คิดเป็นค่าเฉลี่ย 85.91 ± 36.66 และ 136.25 ± 4.79 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียออกระบบมีค่าของแข็งแขวนลอย คิดเป็นค่าเฉลี่ย 91.11 ± 38.47 และ 159.17 ± 11.58 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียออกระบบมีค่า ของแข็งแขวนลอย คิดเป็นค่าเฉลี่ย 136.67 ± 52.67 และ 187.14 ± 18.90 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมงค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียออกระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2

จากการศึกษาพบว่าค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำออกจะแปรผกผันกับกับระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียหรือแปรผันตามการะบรทุกสารอินทรีย์ กล่าวคือการะบรทุกสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าของแข็ง

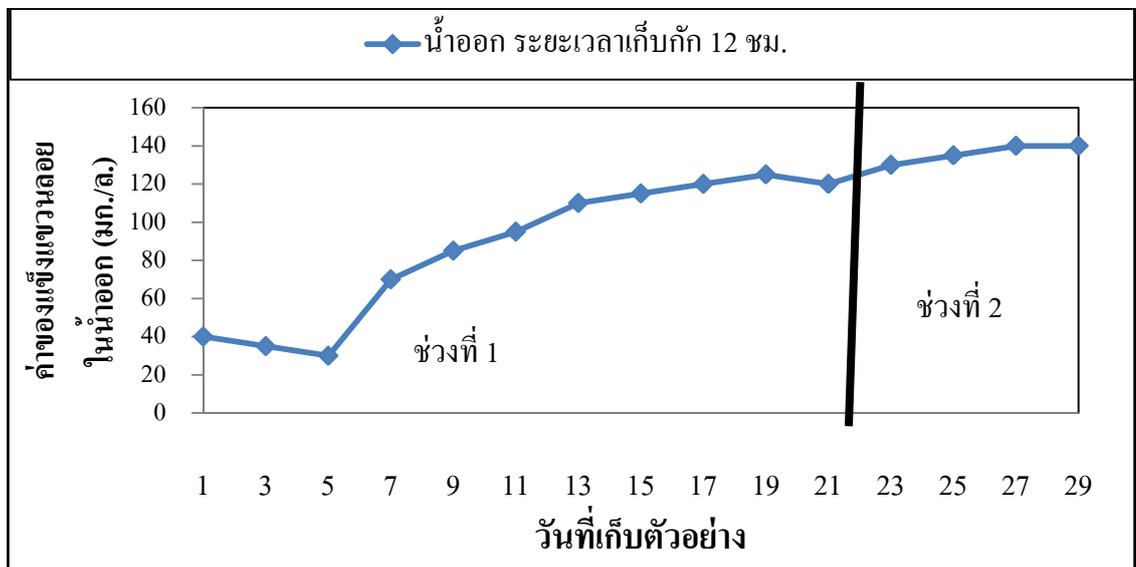
แขวนลอย ในน้ำออกจะเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากระบบรุกรุกสารอินทรีย์ที่สูงขึ้นทำให้จุลินทรีย์เกิดกระบวนการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ในน้ำเสียมาใช้ในการเติบโตและแบ่งเซลล์เพิ่มขึ้นในขณะที่ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของระบบมีจำกัดทำให้ออกซิเจนไม่เพียงพอต่อจุลินทรีย์ อีกทั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทำให้ฟิล์มชีวะหนาขึ้นจนออกซิเจนไม่สามารถแพร่ผ่านได้ทำให้ชั้นในสุดของฟิล์มชีวะเกิดสภาวะไร้อากาศส่งผลให้จุลินทรีย์ด้านในตายลงทำให้เกิดการหลุดลอกของฟิล์มชีวะที่ยึดเกาะกับตัวกลาง จึงทำให้ค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียเพิ่มสูงขึ้นมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sirianuntapiboon [7] ได้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียที่มีคลอรีนปนเปื้อน ด้วยระบบบำบัด Packed Cage RBC ที่ระยะเวลาเก็บกัก 16, 12 และ 8 ชั่วโมงพบว่าที่ระยะเวลาเก็บกักมากที่สุดเท่ากับ 16 ชั่วโมง ซึ่งมีจากระบบรุกรุกสารอินทรีย์ต่ำสุดคือ 2.04 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน จะมีค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียออกจากระบบต่ำสุดเท่ากับ 15 ± 4 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้อยที่สุดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งมีจากระบบบำบัดสูงสุดคือ 4.07 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน จะมีค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียออกจากระบบสูงสุดเท่ากับ 20 ± 4 มิลลิกรัม/ลิตร

นอกจากนี้ยังพบว่า สามารถแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงเนื่องจากค่าของแข็งแขวนลอยที่แตกต่างกันอันเป็นผลมาจากการเติบโตของฟิล์มชีวะทำให้ฟิล์มชีวะหนาขึ้นเรื่อยๆ จนเกิดสภาวะไร้อากาศของชั้นในสุดของฟิล์มชีวะทำให้ฟิล์มชีวะหลุดลอกในช่วงที่สองของการเดินระบบ ส่งผลให้ค่าของแข็งแขวนลอยในช่วงที่สองเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งฟิล์มชีวะของระบบที่ใช้ระยะเวลาเก็บกักต่ำกว่าจะเกิดการหลุดลอกเร็วกว่าระบบที่ใช้ระยะเวลาเก็บกักนานกว่า เนื่องจากระยะเวลาเก็บกักที่ต่ำทำให้ระบบต้องรับภาระรุกรุกสารอินทรีย์ที่สูงกว่าทำให้เชื้อตายเร็วกว่าและหลุดลอกออก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sirianuntapiboon และ Chuamkaew [10] ได้ศึกษาการใช้ระบบ Packed Cage RBC ในการบำบัดน้ำเสียที่มีไซยาไนด์ปนเปื้อน ที่ระยะเวลาเก็บกัก 16, 12 และ 8 ชั่วโมงพบว่าที่ความเข้มข้นของไซยาไนด์ 40 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกักมากที่สุดเท่ากับ 16 ชั่วโมง ซึ่งมีจากระบบรุกรุกสารอินทรีย์ต่ำสุดเท่ากับ 2.04 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน น้ำเสียออกจากระบบจะมีค่าของแข็งแขวนลอยต่ำสุดเท่ากับ 18 ± 2 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้อยที่สุดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งมีจากระบบรุกรุกสารอินทรีย์สูงสุดคือ 4.07 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน จะมีค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำออกมากที่สุดคือ 25 ± 2 มิลลิกรัม/ลิตร

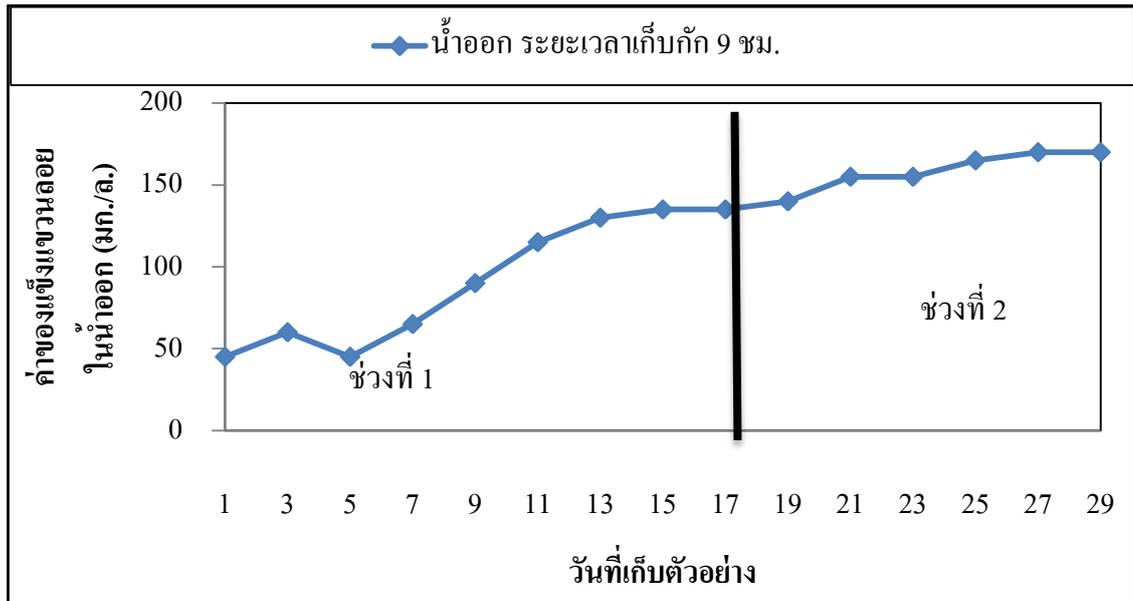
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่าของแข็งแขวนลอยของเสียออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.107 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.108-4.110



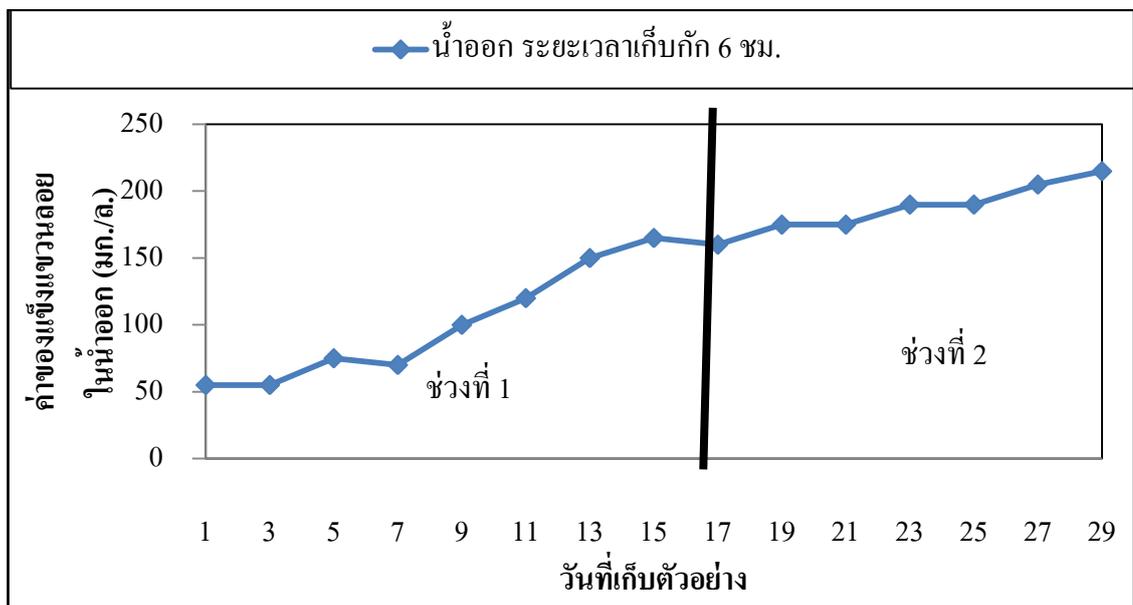
รูปที่ 4.107 ค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำออกระบบ ที่มีน้ำมัน 600 มิลลิลิตร/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 13.59, 18.00 และ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



รูปที่ 4.108 ค่าของแข็งแขวนลอยช่วงที่ 1 และ 2 ของในน้ำออกระบบ ที่มีน้ำมัน 600 มิลลิลิตร/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 13.59 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



รูปที่ 4.109 ค่าของแข็งแขวนลอยช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออกระบบ ที่มีน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การบำบัดทุกสารอินทรีย์ 18.00 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.110 ค่าของแข็งแขวนลอยช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออกระบบ ที่มีน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การบำบัดทุกสารอินทรีย์ 27.15กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

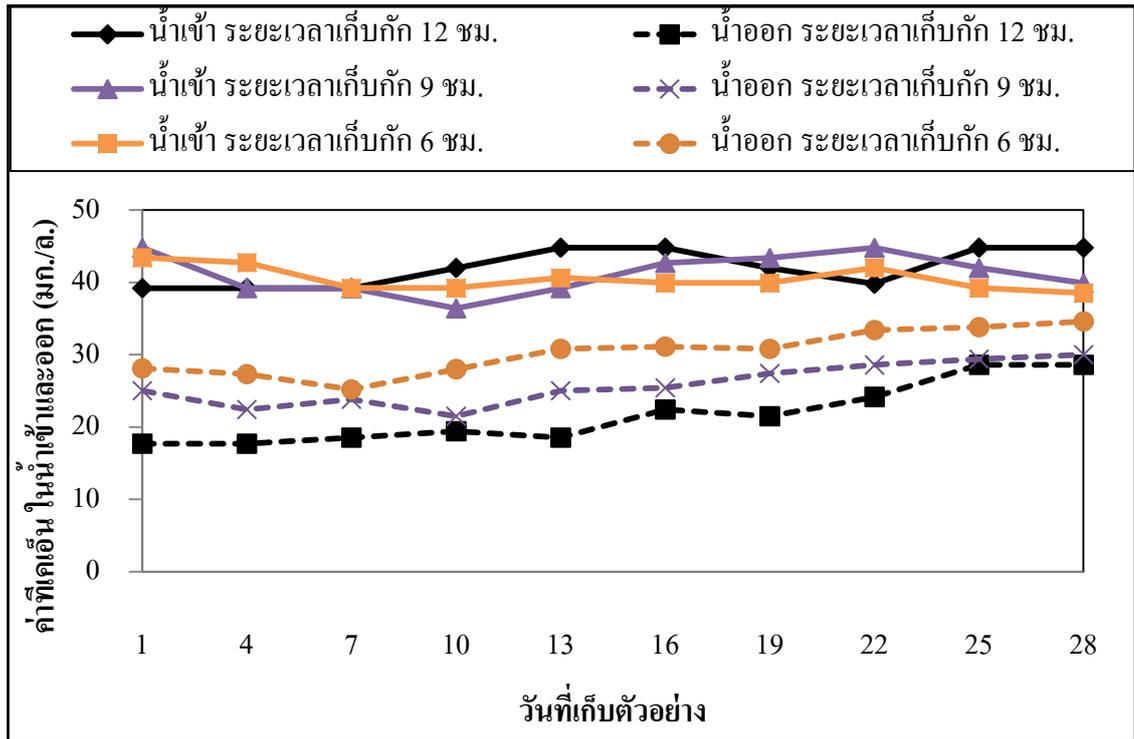
4.3.4 ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen: TKN)

จากการวิเคราะห์ค่าทีเคเอ็นที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 600 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าทั้ง 3 ระยะเวลาเก็บกักสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่าทีเคเอ็นของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วงอย่างเห็นได้ชัด โดยที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ทีเคเอ็น คิดเป็นค่าเฉลี่ย 41.60 ± 2.52 และ 43.13 ± 2.89 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ทีเคเอ็น คิดเป็นค่าเฉลี่ย 19.39 ± 1.85 และ 27.09 ± 2.56 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 53.39 ± 3.27 และ 37.27 ± 1.80 ตามลำดับ ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ทีเคเอ็น คิดเป็นค่าเฉลี่ย 40.25 ± 2.99 และ 42.53 ± 2.09 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ทีเคเอ็น คิดเป็นค่าเฉลี่ย 23.85 ± 1.60 และ 28.84 ± 1.13 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 40.67 ± 2.79 และ 31.98 ± 5.69 ตามลำดับ ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ทีเคเอ็น คิดเป็นค่าเฉลี่ย 40.83 ± 1.81 และ 39.90 ± 1.51 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ทีเคเอ็น คิดเป็นค่าเฉลี่ย 28.42 ± 2.22 และ 33.15 ± 1.64 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 30.30 ± 6.26 และ 16.80 ± 5.87 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าทีเคเอ็น ของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2 และ ประสิทธิภาพการบำบัดของช่วงที่ 1 จะสูงกว่าช่วงที่ 2 ด้วย

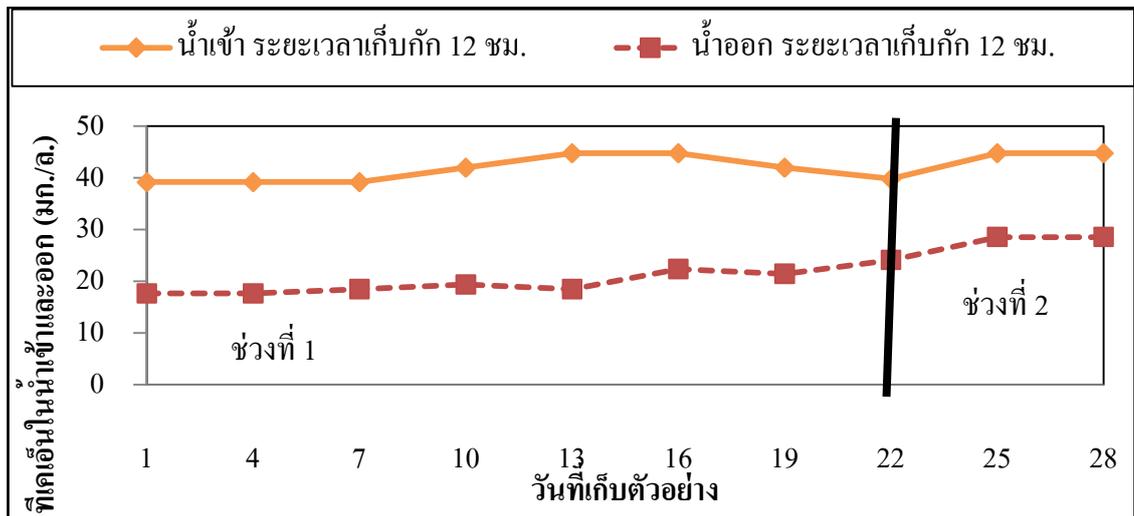
จากการศึกษาพบว่า ระบบ Packed Cage RBC มีประสิทธิภาพในการบำบัด ทีเคเอ็นและประสิทธิภาพการบำบัดทีเคเอ็นจะแปรผันตามระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย หรือแปรผกผันกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ โดยระบบที่มีระยะเวลาเก็บกักนาน หรือมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำ จะมีประสิทธิภาพการบำบัดที่ดีกว่า เนื่องจากที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำระบบจะรับภาระในการบำบัดทีเคเอ็นน้อยลงด้วย ทำให้ระบบสามารถกำจัดทีเคเอ็นได้มีประสิทธิภาพดีขึ้น อีกทั้งปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่มีจำกัด ทำให้เมื่อระบบต้องรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์มากๆ ออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการนำมาเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์และบำบัดทีเคเอ็น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Najafpour และคณะ [6] ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของภาระบรรทุกสารอินทรีย์ในน้ำเสียของอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม ต่อประสิทธิภาพระบบ RBC พบว่าเมื่อใช้ *Saccharomyces cerevisiae* เป็นจุลินทรีย์หลักในระบบ RBC เพื่อย่อยสลาย POME มีซีโอดีในน้ำเสียเข้าระบบสูงถึง 16,000 มิลลิกรัม/ลิตร และทีเคเอ็น 453 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่าถ้าเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์จะมีผลให้ประสิทธิภาพการบำบัดทีเคเอ็น ลดลง และประสิทธิภาพการบำบัดทีเคเอ็น จะสูงสุดเท่ากับร้อยละ 80 เมื่อเวลาผ่านไป 55 ชั่วโมง

นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถแบ่งช่วงการบำบัดได้สองช่วง และช่วงที่ 2 ระบบจะมีประสิทธิภาพการบำบัดลดลง เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ยึดเกาะตัวกลางเป็นฟิล์มชีวะเริ่มหนาเกินไปทำให้ชั้นในของฟิล์มชีวะเกิดสภาวะไร้อากาศ เชื้อจะเริ่มตายและหลุดลอกออกจากตัวกลาง โดยที่ระยะเวลาเก็บกักต่ำ ฟิล์มชีวะจะเกิดการหลุดลอกเร็วกว่า เนื่องจากระบบต้องรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่มากกว่า จึงทำให้ฟิล์มชีวะเติบโตรวดเร็วและตายหลุดลอกออกเร็วกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sirianuntapiboon และ Chuamkaew [10] ได้ศึกษาการใช้ระบบ Packed Cage RBC ในการบำบัดน้ำเสียที่มีไซยาไนด์ปนเปื้อน ที่ระยะเวลาเก็บกัก 16, 12 และ 8 ชั่วโมงพบว่าที่ความเข้มข้นของไซยาไนด์ 40 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกักมากที่สุดเท่ากับ 16 ชั่วโมง ซึ่งมีการบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำสุดเท่ากับ 2.04 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน มีประสิทธิภาพการบำบัด ที่เคเอ็น สูงสุดคิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 61.6 ± 3.7 แต่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้อยที่สุดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งมีการบรรทุกสารอินทรีย์สูงสุดคือ 4.07 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน จะมีประสิทธิภาพการบำบัดลดลง คิดเป็นร้อยละ 40.2 ± 1.2

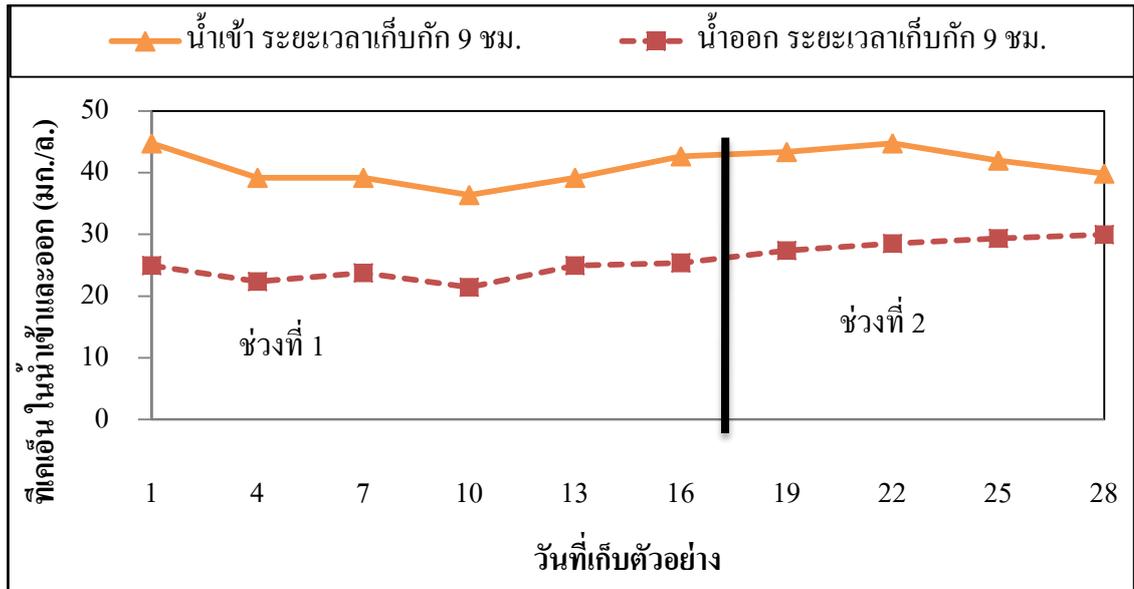
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่าที่เคเอ็น ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.111 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.112-4.114 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่า ที่เคเอ็น ของทั้งสองช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.115



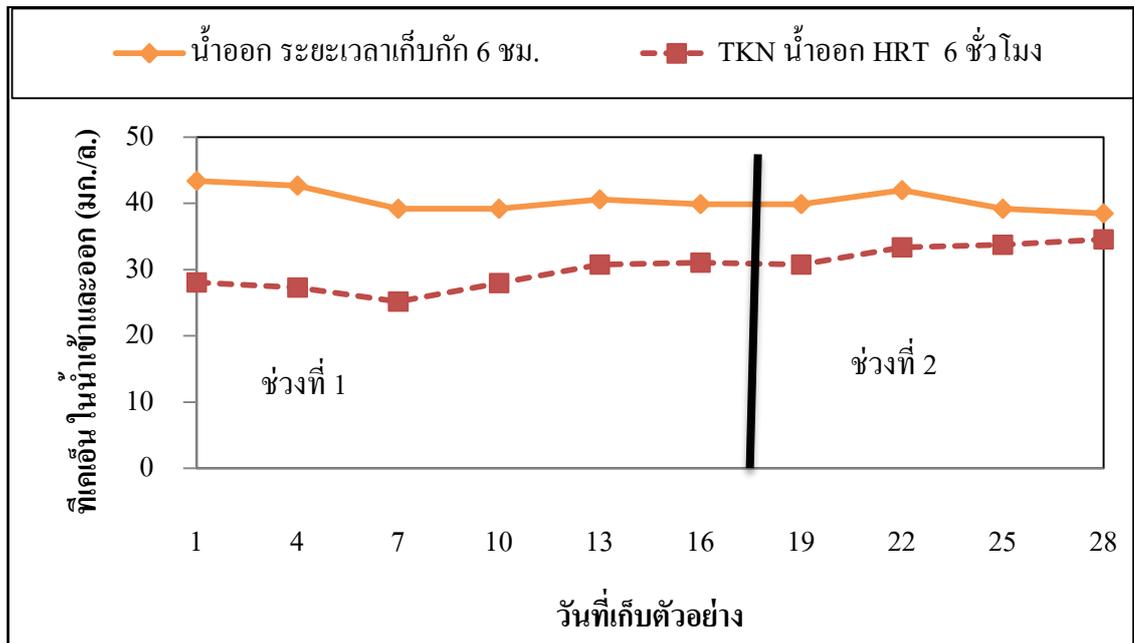
รูปที่ 4.111 ค่าที่เคเอ็นในน้ำเข้าและออกของระบบที่มีน้ำมันเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 13.59, 18.00 และ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



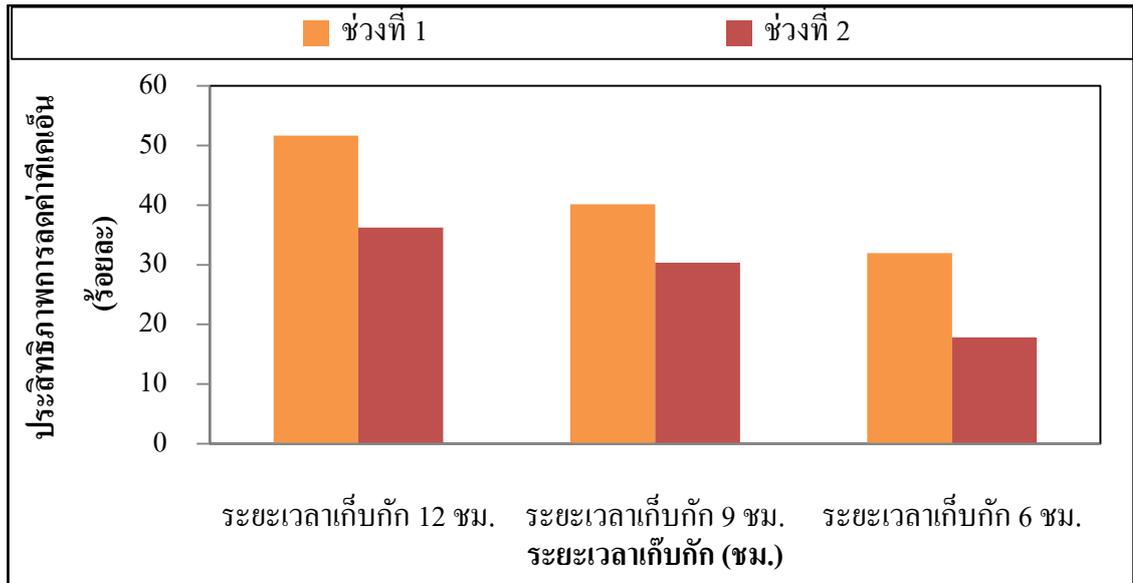
รูปที่ 4.112 ค่าที่เคเอ็น ในช่วงที่ 1 และ 2 ของน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 13.59 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



รูปที่ 4.113 ค่าที่เคเอ็นช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 18.00 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.114 ค่าที่เคเอ็นช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.115 ประสิทธิภาพการลดค่าที่เคเอ็นช่วงที่ 1 และ 2 ของระบบที่มีน้ำมันเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 13.59, 18.00 และ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

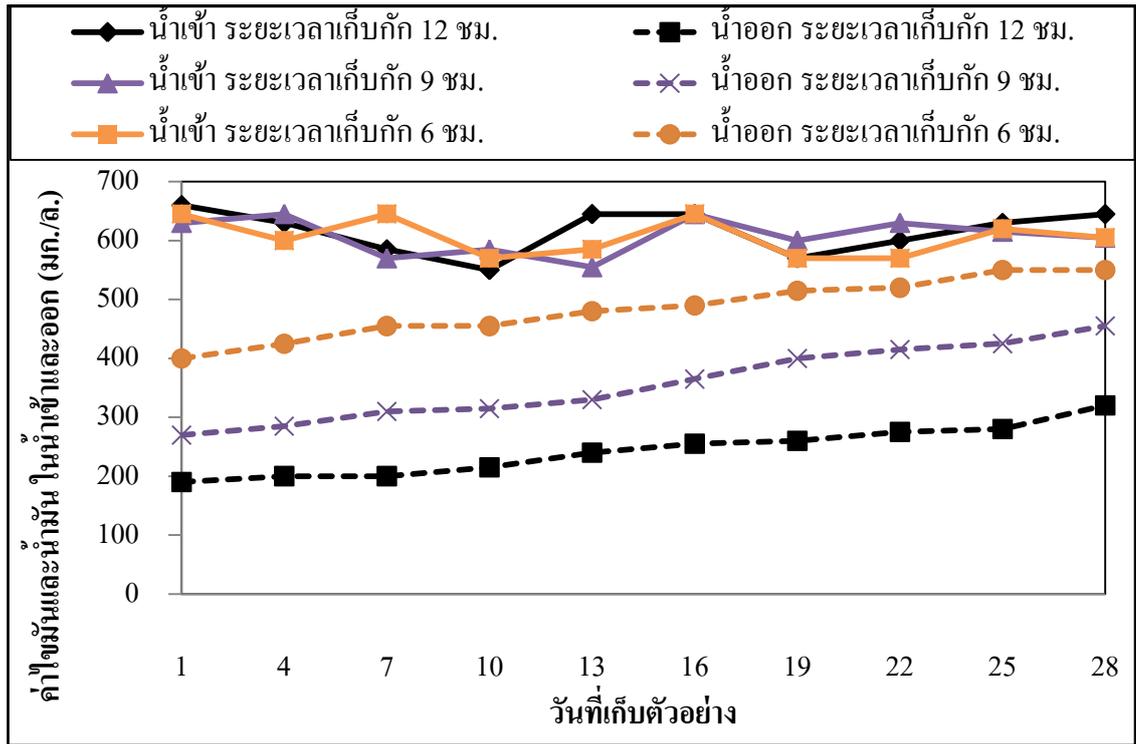
4.3.5 ประสิทธิภาพการบำบัดไขมันและน้ำมัน (Grease & Oil)

จากการวิเคราะห์ค่าปริมาณ ไขมันและน้ำมัน ที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 200 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าทั้ง 3 ระยะเวลาเก็บกักสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่าปริมาณ ไขมันและน้ำมัน ของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วงอย่างเห็นได้ชัด โดยที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ไขมันและน้ำมัน คิดเป็นค่าเฉลี่ย 612.14 ± 43.09 และ 625.00 ± 22.91 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่าปริมาณ ไขมันและน้ำมัน คิดเป็นค่าเฉลี่ย 222.86 ± 28.56 และ 291.67 ± 24.66 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 63.40 ± 5.58 และ 53.37 ± 2.67 ตามลำดับ ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ไขมันและน้ำมัน คิดเป็นค่าเฉลี่ย 605.00 ± 39.87 และ 612.50 ± 13.23 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ไขมันและน้ำมัน คิดเป็นค่าเฉลี่ย 312.50 ± 33.58 และ 423.75 ± 23.23 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 48.11 ± 6.79 และ 30.79 ± 4.23 ตามลำดับ และที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ไขมันและน้ำมัน คิดเป็นค่าเฉลี่ย 615.00 ± 34.21 และ 591.25 ± 25.29 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่าปริมาณ ไขมันและน้ำมัน คิดเป็นค่าเฉลี่ย 450.83 ± 33.68 และ 533.75 ± 18.87 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพ

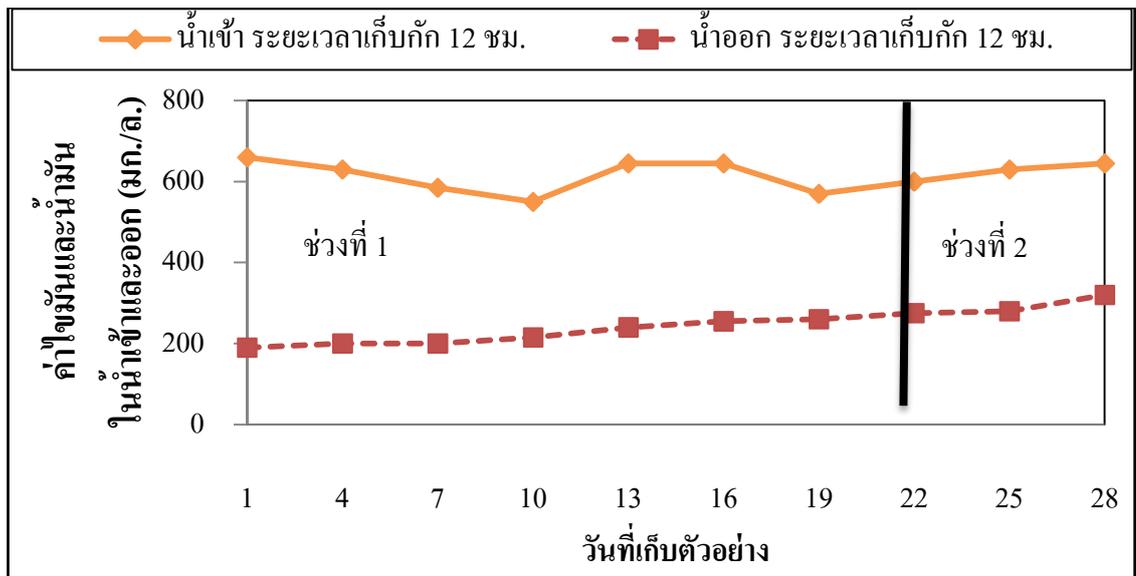
การบำบัดคิดเป็นร้อยละ 26.46 ± 7.31 และ 26.46 ± 7.31 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าไขมันและน้ำมัน ของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2 และประสิทธิภาพการบำบัดของช่วงที่ 1 จะสูงกว่าช่วงที่ 2 ด้วย

จากการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพของการบำบัดค่าปริมาณ ไขมันและน้ำมัน จะแปรผันตามระยะเวลาเก็บกัก หรือแปรผกผันกับภาระบรรทุกระบบอินทรีย์ กล่าวคือถ้าเพิ่มระยะเวลาเก็บกัก หรือลดภาระบรรทุกระบบอินทรีย์ จะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพการบำบัด ไขมันและน้ำมัน ดีขึ้น เนื่องจากการเพิ่มภาระบรรทุกระบบอินทรีย์ทำให้จุลินทรีย์ในระบบเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณออกซิเจนในระบบมีจำกัดและไม่เพียงพอต่อการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ปริมาณมากๆ ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดลดลง อีกทั้งถ้าภาระบรรทุกระบบอินทรีย์สูงจุลินทรีย์จะเลือกใช้สารอินทรีย์ชนิดอื่นที่ย่อยสลายได้ง่ายกว่าก่อนจะย่อยสลายน้ำมันที่เป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ยาก ทำให้การย่อยสลายไขมันและน้ำมันมีอัตราการบำบัดลดลง และยังสามารถแบ่งช่วงการบำบัด ไขมันและน้ำมันได้เป็น 2 ช่วง โดยช่วงที่ 2 ประสิทธิภาพการบำบัดจะลดลง เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์เริ่มตายและหลุดออกจากตัวกลาง และที่ระยะเวลาเก็บกักมากกว่า เชื้อจะหลุดออกจากตัวกลางช้ากว่า เนื่องจากภาระบรรทุกระบบของน้ำเสียเข้าระบบจะต่ำกว่า เป็นผลให้เชื้อเติบโตและตายช้ากว่าทำให้เกิดการหลุดลอกออกจากตัวกลางระบบที่รับภาระบรรทุกระบบสูงๆ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Najafpour และคณะ [6] ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของภาระบรรทุกระบบอินทรีย์ในน้ำเสียของอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม ต่อประสิทธิภาพระบบ RBC พบว่าเมื่อใช้ *Saccharomyces cerevisiae* เป็นจุลินทรีย์หลักในระบบ RBC เพื่อย่อยสลายน้ำเสียของโรงงานน้ำมันปาล์ม ที่มีน้ำมันปนเปื้อนสูง ส่งผลให้ มีชีโอดีในน้ำเสียเข้าระบบสูงถึง 16,000 มิลลิกรัม/ลิตร ที่อัตราการไหล 1.1, 2.3, 3.6, 4.8 และ 6 ลิตร/ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่า เมื่อใช้อัตราการไหลต่ำที่สุดเท่ากับ 1.1 ลิตร/ชั่วโมง ระบบจะมีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดเท่ากับร้อยละ 88 แต่เมื่อเพิ่มอัตราการไหลเป็น 3.6 ลิตร/ชั่วโมง ระบบจะมีประสิทธิภาพลดลงเหลือร้อยละ 57 นั่นคือประสิทธิภาพการบำบัดจะเพิ่มขึ้นเมื่อภาระบรรทุกระบบอินทรีย์ลดลง

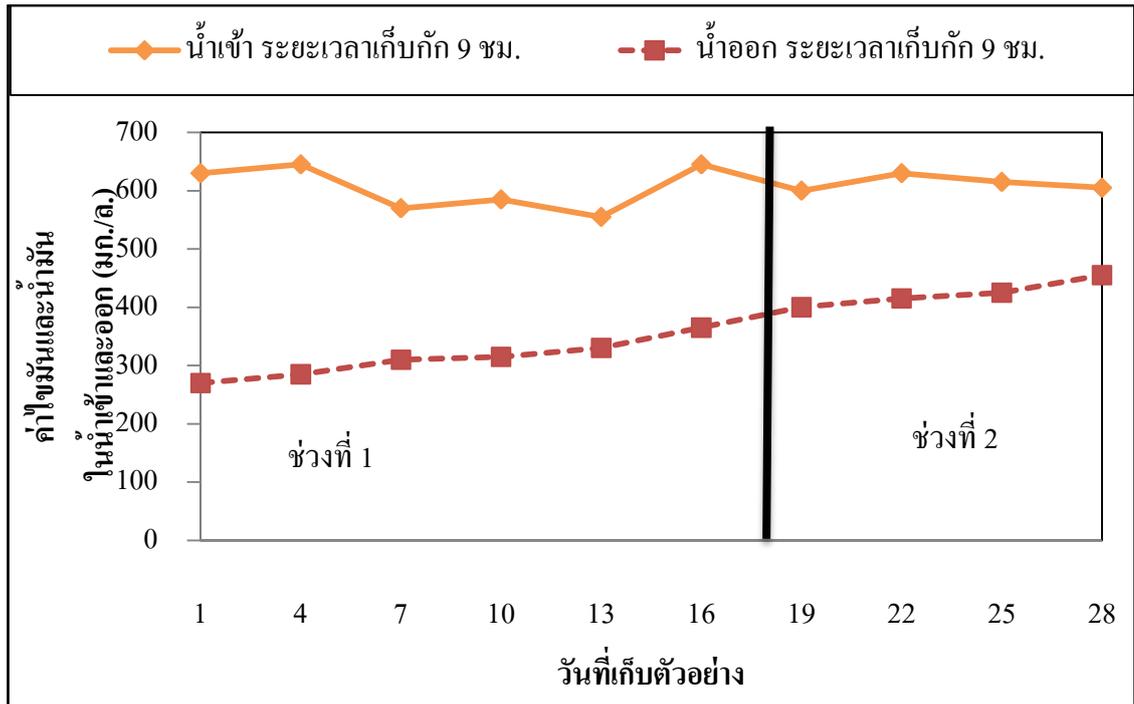
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณ ไขมันและน้ำมัน ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.116 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.117-4.119 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่าไขมันและน้ำมัน ของทั้งสองช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.120



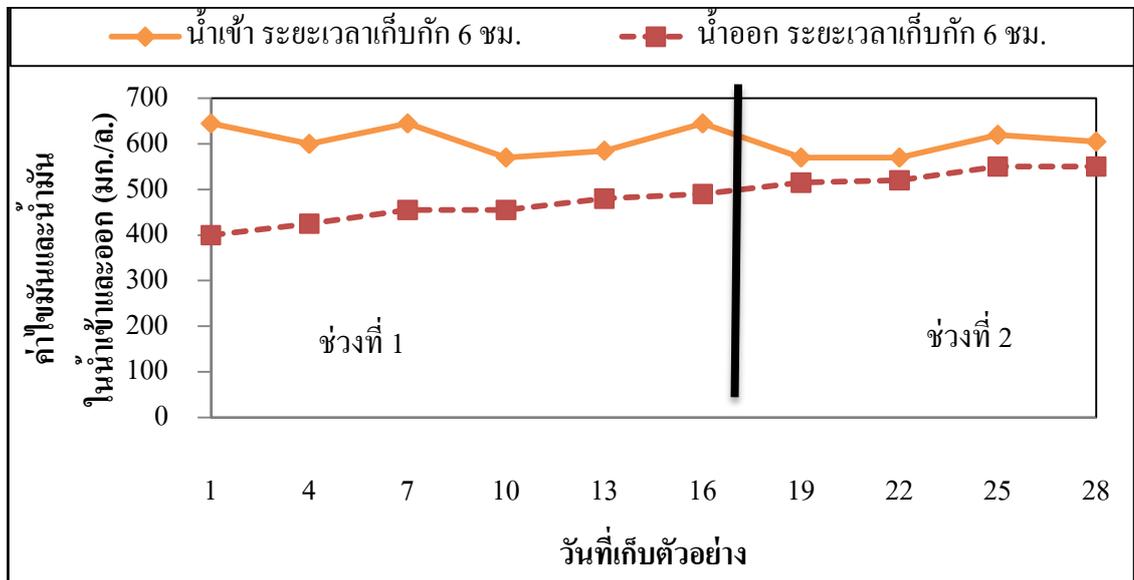
รูปที่ 4.116 ค่าไขมันและน้ำมันในน้ำเข้าระบบและออกจากระบบ ที่มีน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร
 ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (การระบรทุกสารอินทรีย์ 13.59, 18.00 และ 27.15
 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



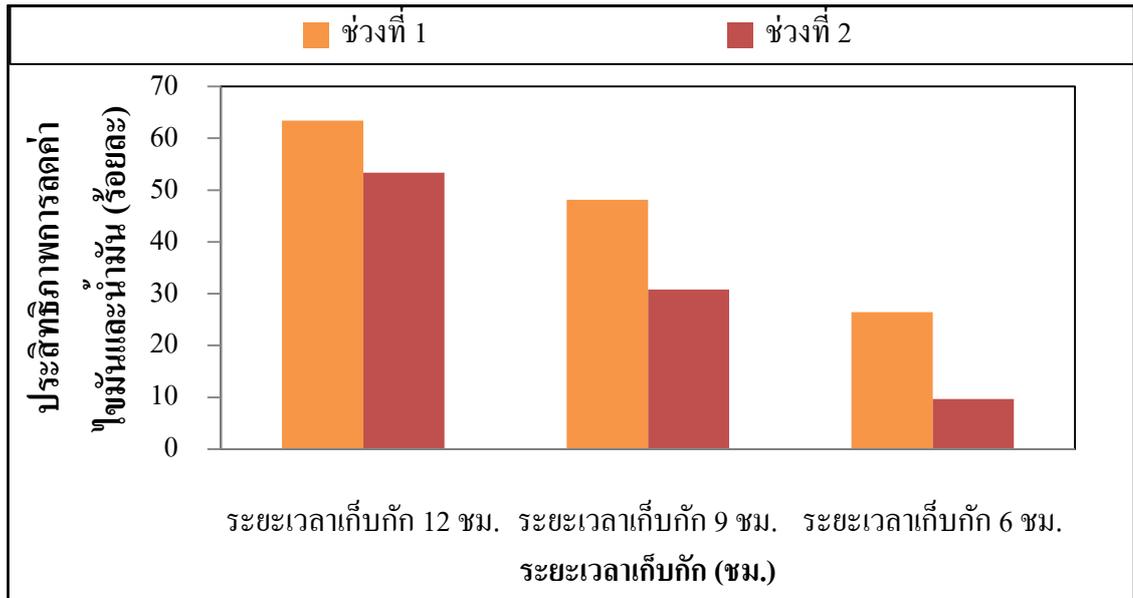
รูปที่ 4.117 ค่าไขมันและน้ำมันช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร
 ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การระบรทุกสารอินทรีย์ 13.59 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.118 ค่าไขมันและน้ำมันช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 18.00 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.119 ค่าไขมันและน้ำมันช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้า และน้ำออกระบบที่มีน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



รูปที่ 4.120 ประสิทธิภาพการลดค่าไขมันและน้ำมันในช่วงที่ 1 และ 2 ของระบบที่มีน้ำมันปาล์ม 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (การบรรทุกสารอินทรีย์ 13.59, 18.00 และ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

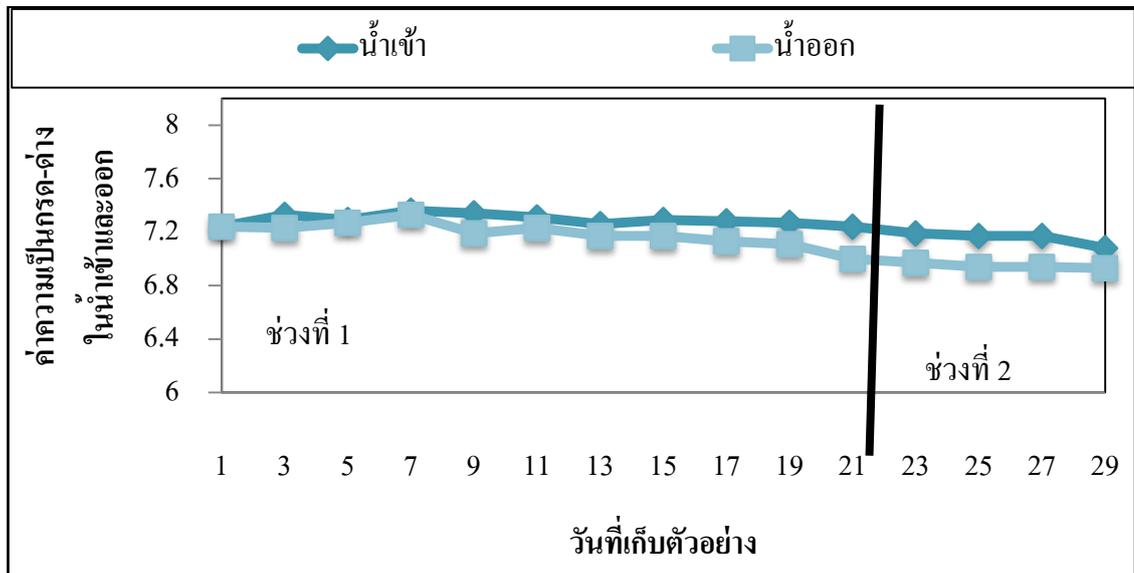
4.3.6 ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียเข้าและออกระบบ (pH)

จากการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 600 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 6, 9 และ 12 ชั่วโมง พบว่าทั้ง 3 ระยะเวลาเก็บกักสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียออกระบบที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าความเป็นกรด-ด่างคิดเป็นค่าเฉลี่ย 7.29 ± 0.04 และ 7.15 ± 0.05 น้ำเสียออกระบบมีค่าความเป็นกรด-ด่าง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 7.19 ± 0.09 และ 6.95 ± 0.02 ตามลำดับ ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าความเป็นกรด-ด่างคิดเป็นค่าเฉลี่ย 7.29 ± 0.05 และ 7.31 ± 0.10 น้ำเสียออกระบบมีค่าความเป็นกรด-ด่าง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 7.23 ± 0.11 และ 6.98 ± 0.04 ตามลำดับ และที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าความเป็นกรด-ด่างคิดเป็นค่าเฉลี่ย 7.35 ± 0.13 และ 7.22 ± 0.08 น้ำเสียออกระบบมีค่าความเป็นกรด-ด่าง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 7.25 ± 0.08 และ 6.99 ± 0.08 ตามลำดับ

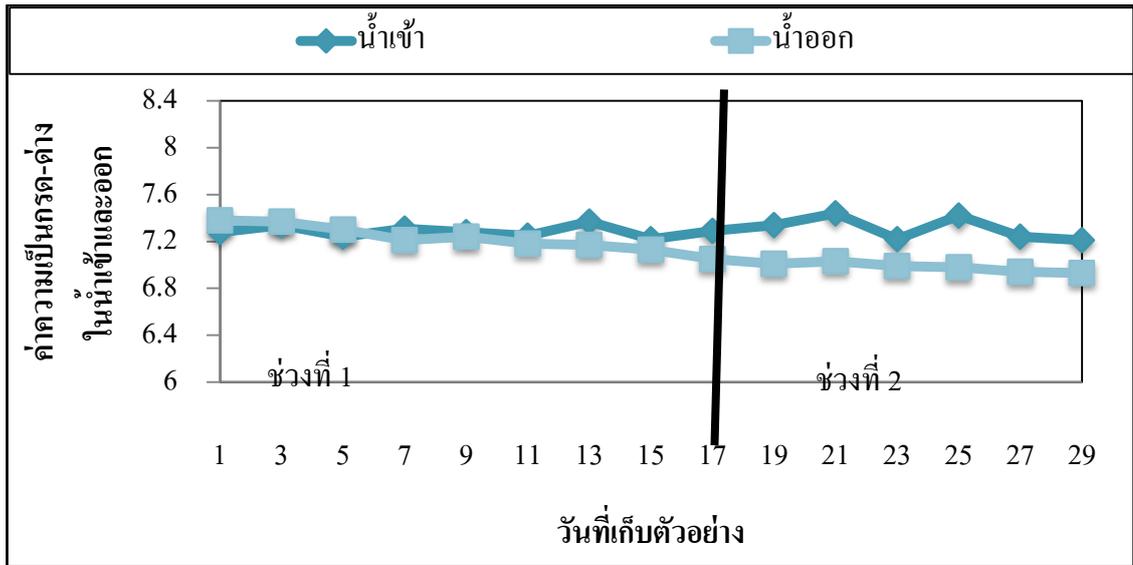
จากการศึกษาพบว่า ค่า ความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำออกจะต่ำกว่าน้ำเข้าเล็กน้อย เนื่องจากการบรรทุกสารอินทรีย์เข้าระบบค่อนข้างสูงทำให้ออกซิเจนในระบบไม่เพียงพอ จึงเกิดกระบวนการย่อยสลาย

แบบ Facultative และ Anaerobic ในบางบริเวณของระบบ ค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำออกจึงต่ำกว่าน้ำเข้า แต่ยังอยู่ในช่วงค่อนข้างเป็นกลาง เหมาะแก่การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ คือ ประมาณ 6.8-7.2 [22] และสามารถแบ่งช่วงการบำบัดได้ 2 ช่วง เนื่องจากช่วงที่ 2 ค่าความเป็นกรด-ด่างจะลดลงเล็กน้อย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhiqiang และคณะ [21] ได้ใช้ระบบ RBC บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ปนเปื้อนสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจน ที่ระยะเวลาเก็บ 5-9 ชั่วโมง และภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 16-40 กรัม ซีไอดี/ตารางเมตร-วัน พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของระบบอยู่ในช่วงที่ค่อนข้างเป็นกลางคือ 7.3-7.8 เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

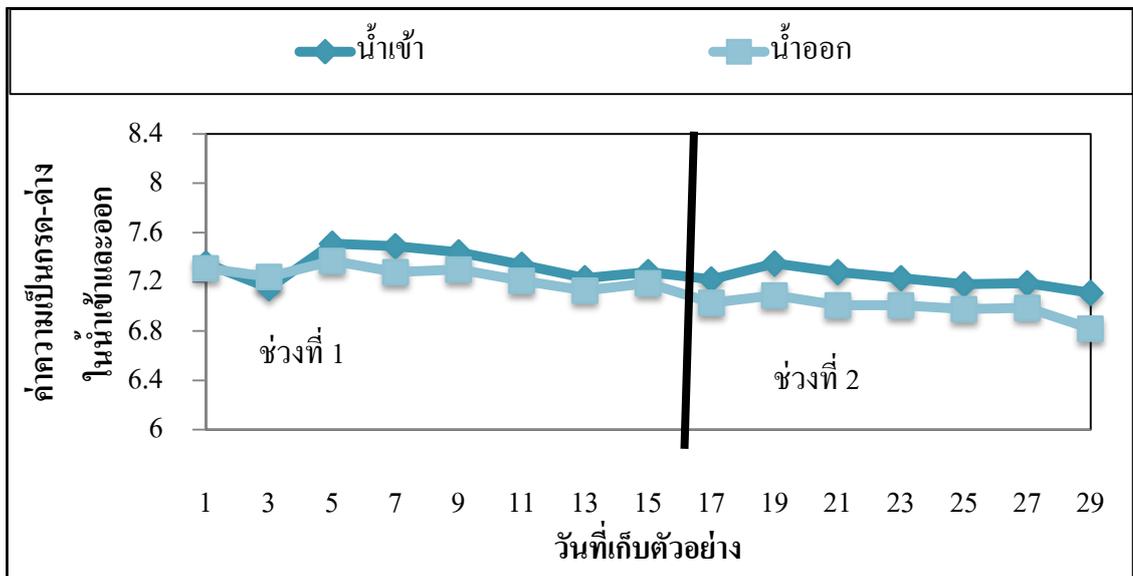
เมื่อนำมาแสดงในรูปกราฟเพื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรดต่างของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบ ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.121-4.123 จะเห็นได้ว่าค่าความเป็นกรดต่างของน้ำเสียออกจากระบบจะต่ำกว่าน้ำเสียเข้าระบบเล็กน้อย โดยเฉพาะน้ำเสียออกจากระบบช่วงที่ 2 จะมีค่าต่ำกว่าช่วงที่ 1 เล็กน้อย แต่ก็ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก และอยู่ในช่วงที่เหมาะสมคือค่อนข้างเป็นกลาง ซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบ



รูปที่ 4.121 ค่าความเป็นกรด-ด่างช่วงที่ 1 และ 2 ของน้ำเข้าและออกจากระบบ ที่มีน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 13.59 กรัม ซีไอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.122 ค่าความเป็นกรด-ด่างช่วงที่ 1 และ 2 ของน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 18.00 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



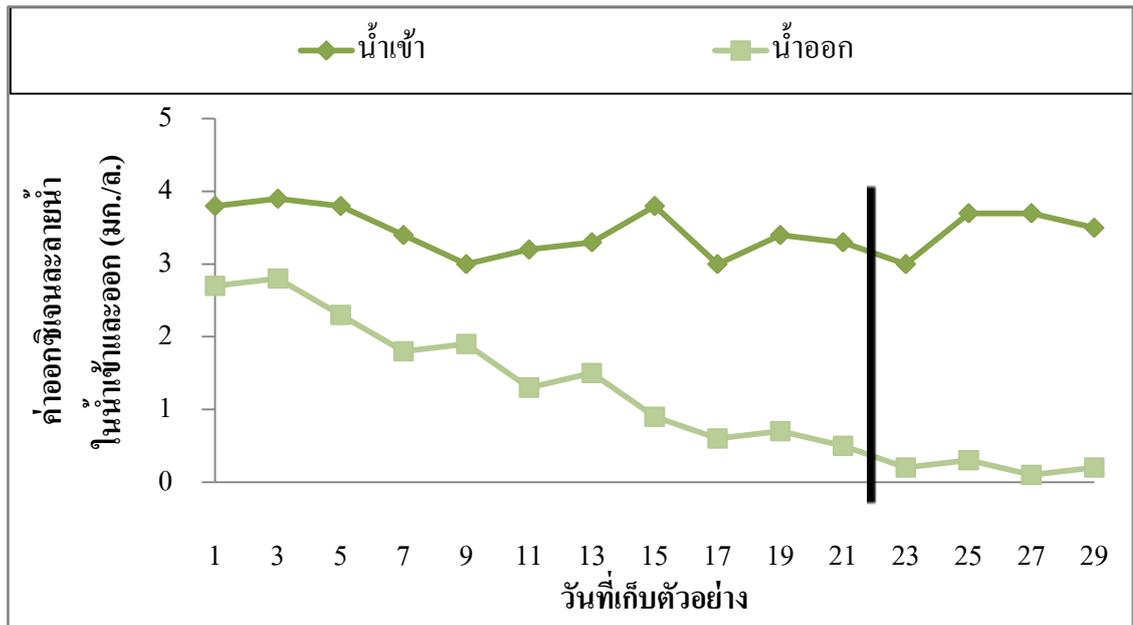
รูปที่ 4.123 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ช่วงที่ 1 และ 2 ของน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

4.3.7 ค่าออกซิเจนละลายน้ำของน้ำเสียเข้าและออกระบบ (Dissolved Oxygen: DO)

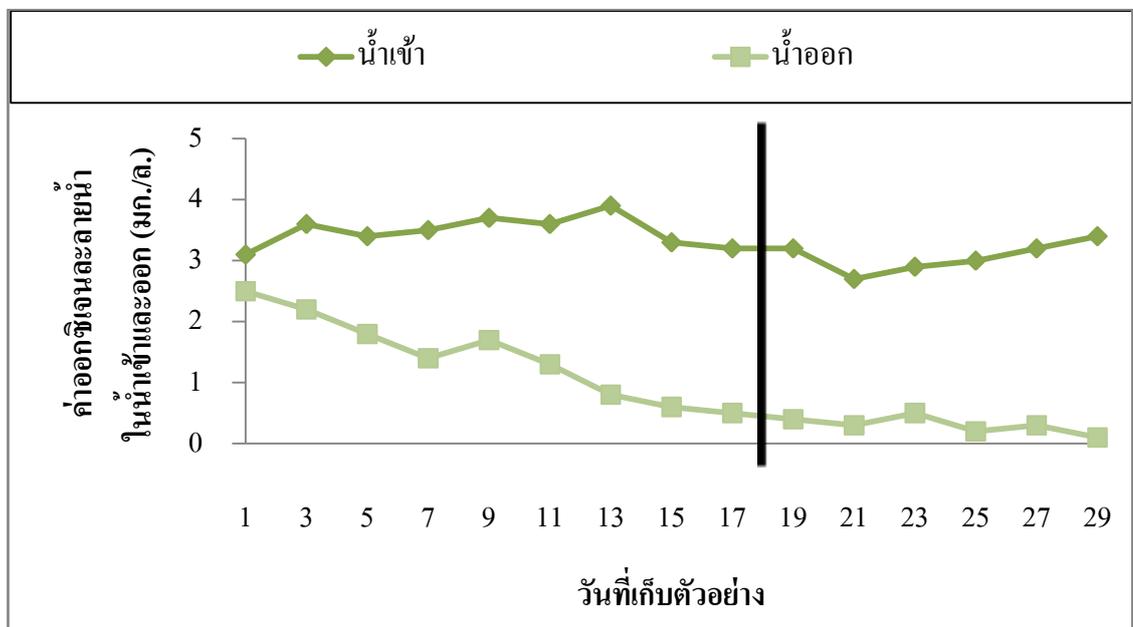
จากการวิเคราะห์ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 600 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 6, 9 และ 12 ชั่วโมง พบว่าทั้ง 3 ระยะเวลาเก็บกักสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ของน้ำเสียออกจากระบบที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมงน้ำเสียเข้าระบบมีค่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 3.45 ± 0.33 และ 3.48 ± 0.33 น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 1.55 ± 0.83 และ 0.20 ± 0.08 ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 3.48 ± 0.25 และ 3.07 ± 0.24 น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 1.42 ± 0.70 และ 0.30 ± 0.14 ตามลำดับ และที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 3.20 ± 0.49 และ 3.13 ± 0.45 น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 1.29 ± 0.60 และ 0.26 ± 0.15 ตามลำดับ

จากการศึกษา พบว่าจากการศึกษาพบว่า ค่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ในน้ำออกจะต่ำกว่าน้ำเข้า เนื่องจากภาวะบรรทุกลสารอินทรีย์เข้าระบบค่อนข้างสูงทำให้เชื้อจุลินทรีย์ต้องใช้ออกซิเจนปริมาณมากในการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ และสามารถแบ่งช่วงการบำบัดได้ 2 ช่วง เนื่องจากช่วงที่ 2 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ จะลดลงเล็กน้อย เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์เริ่มตายและหลุดออกจากตัวกลางทำให้สารอินทรีย์ในระบบเพิ่มขึ้นอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ก็จะเพิ่มขึ้น ทำให้ความต้องการออกซิเจนเพิ่มขึ้นด้วย ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ในน้ำออกจึงลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhiqiang และคณะ [21] ได้ใช้ระบบ RBC บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ ที่เป็นป้อนสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจนที่ระยะเวลาเก็บ 5-9 ชั่วโมง และภาวะบรรทุกลสารอินทรีย์เท่ากับ 16-40 กรัมซีไอดี/ตารางเมตร-วัน พบว่าค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ของของน้ำเข้าระบบเท่ากับ 8.1 มิลลิกรัม/ลิตร และเมื่อผ่านไป 5 วัน ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำออกลดลงเหลือ 3.9 มิลลิกรัม/ลิตร

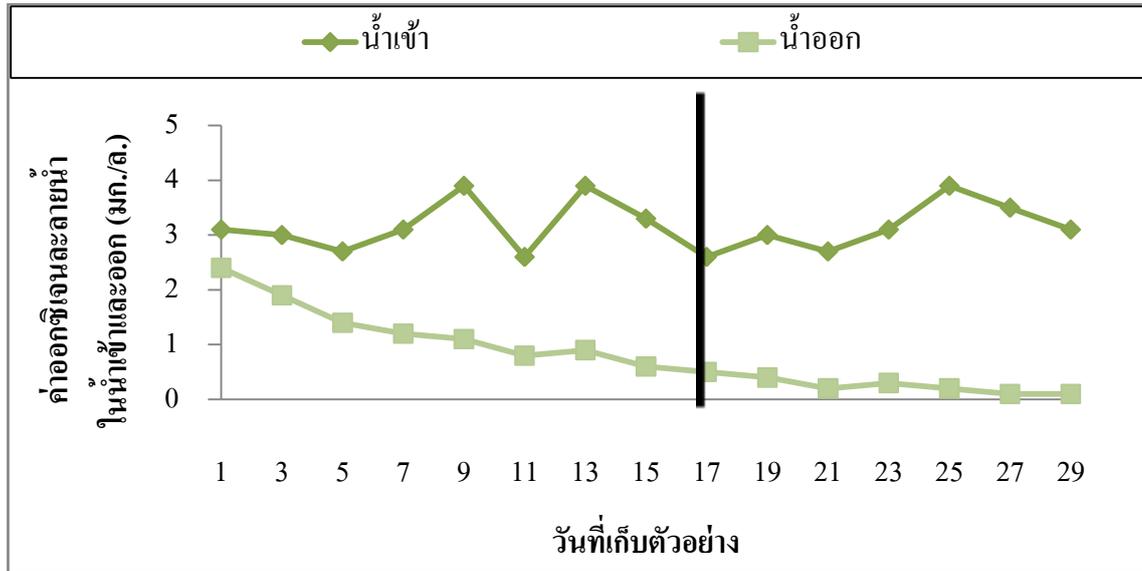
เมื่อนำมาแสดงในรูปกราฟเพื่อเปรียบเทียบค่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.124-4.126



รูปที่ 4.124 ค่าออกซิเจนละลายน้ำช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 13.59 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



รูปที่ 4.125 ค่าออกซิเจนละลายน้ำช่วงที่ 1 และ 2 ของน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 18.00 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



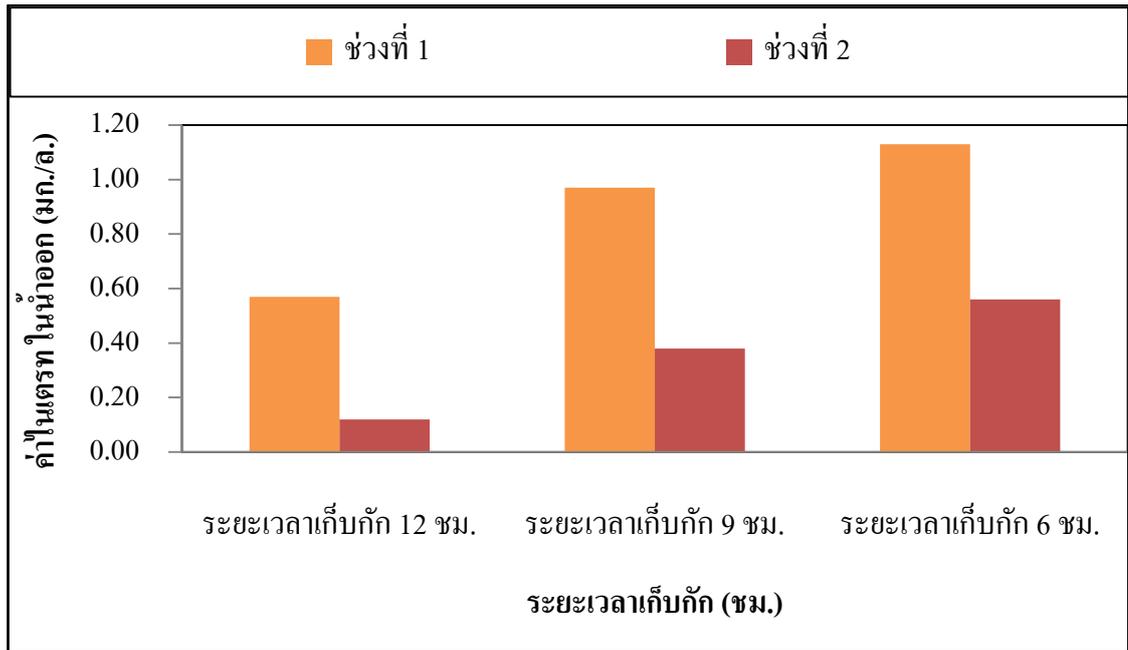
รูปที่ 4.126 ค่าออกซิเจนละลายน้ำช่วงที่ 1 และ 2 ของน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)

4.3.8 ปริมาณไนเตรทของน้ำเสียในระบบ (Nitrate)

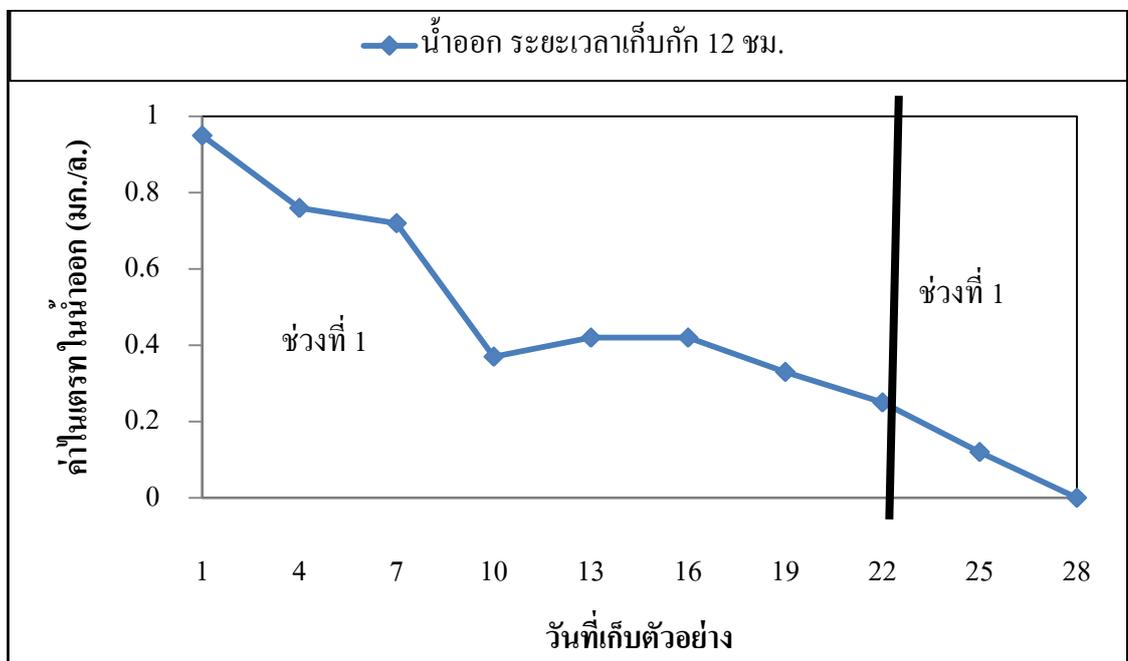
จากการวิเคราะห์ค่าไนเตรทที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 600 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าทั้ง 3 ระยะเวลาเก็บกักสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่าไนเตรทของน้ำเสียออกระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วงอย่างเห็นได้ชัด โดยที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่าไนเตรทน้อยมากหรือเท่ากับ 0 น้ำเสียออกระบบช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 มีค่าไนเตรท คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.53 ± 0.23 และ 0.12 ± 0.13 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่าไนเตรทน้อยมากหรือเท่ากับ 0 น้ำเสียออกระบบมีค่าไนเตรท ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.97 ± 0.30 และ 0.38 ± 0.19 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่าไนเตรทน้อยมากหรือเท่ากับ 0 น้ำเสียออกระบบมีค่าไนเตรทช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 คิดเป็นค่าเฉลี่ย 1.13 ± 0.24 และ 0.56 ± 0.16 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าไนเตรทของน้ำเสียออกระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2

การศึกษาพบว่าในน้ำเข้าพบว่ามีค่าไนเตรทน้อยมากหรือเท่ากับ 0 ในขณะที่น้ำออกสามารถตรวจพบค่าไนเตรท โดยค่าไนเตรทในน้ำออกมีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัด และสามารถแบ่งช่วงการบำบัดเป็น 2 ช่วงเนื่องจากช่วงที่ 2 จะมีอัตราการเกิดของไนเตรทลดลงอย่างเห็นได้ชัดเป็นผลมาจากค่าการระบรทุกสารอินทรีย์ที่ค่อนข้างสูงที่ส่งผลให้อัตราการใช้ออกซิเจนเพื่อเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์สูงขึ้น จึงทำให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำต่ำลง จนสามารถเกิดกระบวนการ Denitrification ได้กล่าวคือ Denitrification เป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากจุลินทรีย์ประเภท Facultative Organisms ซึ่งจะใช้ออกซิเจนในรูปออกซิเจนละลายน้ำหรือออกซิเจนที่อยู่ในรูปสารประกอบเพื่อนำมาใช้ในกระบวนการ Metabolism สารอินทรีย์ต่างๆ ในน้ำเสีย โดยถ้าออกซิเจนละลายน้ำไม่เพียงพอจุลินทรีย์ประเภทนี้จะเริ่มดึงออกซิเจนที่อยู่ในรูปสารประกอบ รวมทั้งไนเตรทมาใช้ [23] จึงทำให้ค่าไนเตรทในน้ำมีแนวโน้มลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhiqiang และคณะ [21] ได้ใช้ระบบ RBC บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ปนเปื้อนสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจน พบว่าถ้าที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 ชั่วโมง การระบรทุกสารอินทรีย์จาก 40 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน พบไนเตรทในน้ำเสียออกกระบบ 8.8 ± 0.3 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ถ้าเพิ่มระยะเวลาเก็บกักเป็น 9 ชั่วโมง การระบรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 16 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน ค่าไนเตรทในน้ำเสียออกกระบบจะลดลงเป็น 8.3 ± 0.6 มิลลิกรัม/ลิตร และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sirianuntapiboon และคณะ [10] ได้ศึกษาการใช้ระบบ Packed Cage RBC ในการบำบัดน้ำเสียที่มีไซยาไนด์ปนเปื้อน ที่ระยะเวลาเก็บกัก 16, 12 และ 8 ชั่วโมงพบว่าที่ความเข้มข้นของไซยาไนด์ 40 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกักมากที่สุดเท่ากับ 16 ชั่วโมง ซึ่งมีการระบรทุกสารอินทรีย์ต่ำสุดเท่ากับ 2.04 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน น้ำเสียออกจากระบบจะมีค่าไนเตรทต่ำสุดเท่ากับ 0.3 ± 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้อยที่สุดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งมีการระบรทุกสารอินทรีย์สูงสุดคือ 4.07 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน จะมีค่าไนเตรทในน้ำออกมากที่สุดคือ 1.7 ± 0.4 มิลลิกรัม/ลิตร

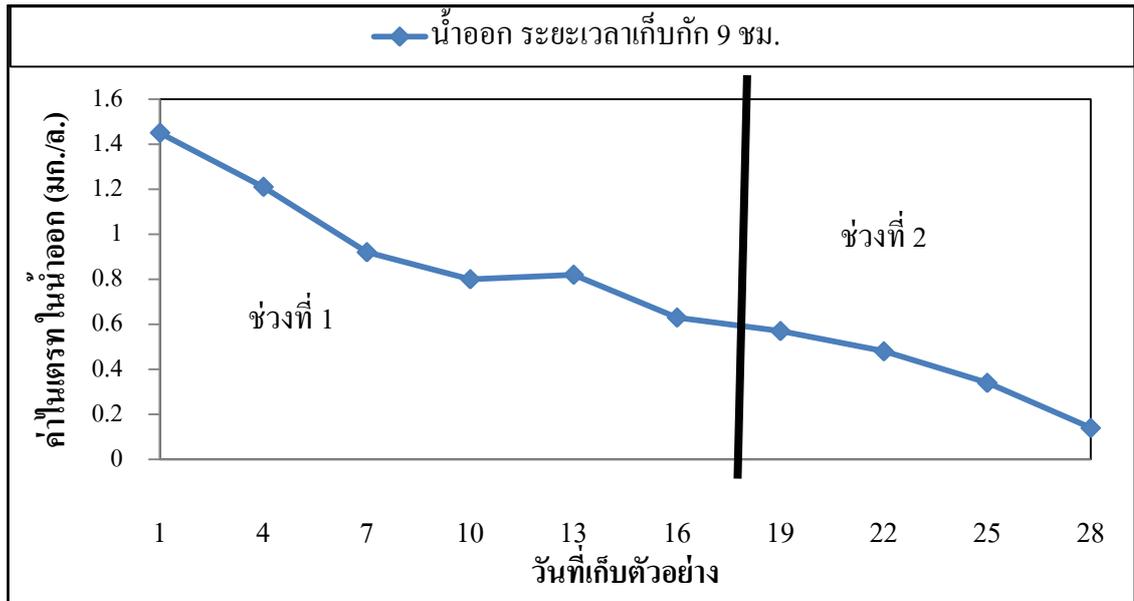
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่าไนเตรทในน้ำออกจากระบบบำบัดที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.127 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.128-4.130



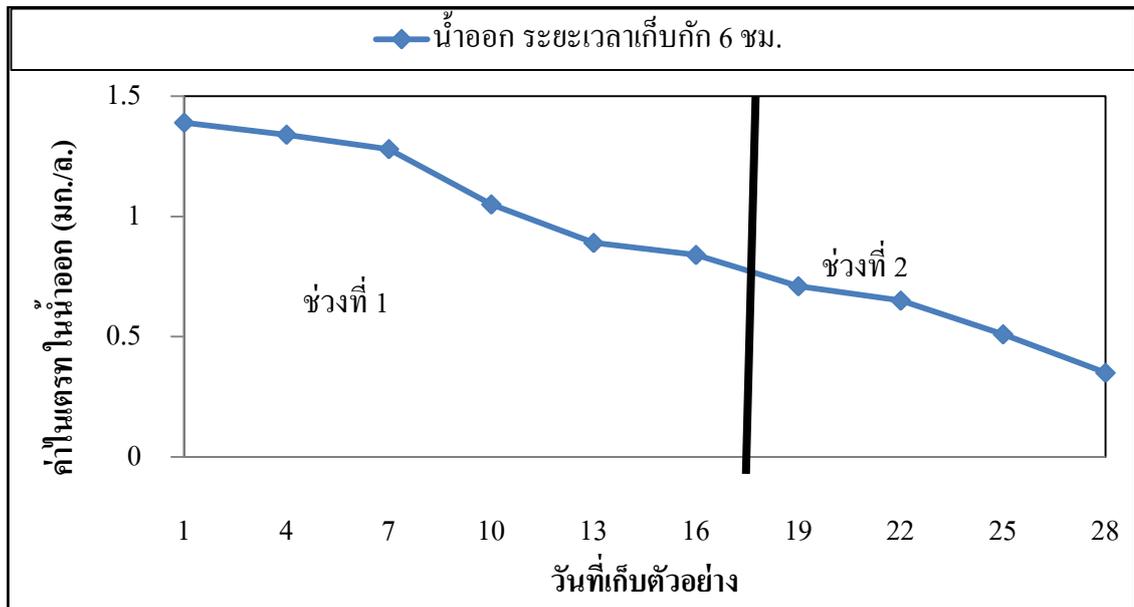
รูปที่ 4.127 ค่าไนเตรทในช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออกระบบ ที่มีน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 13.59, 18.00 และ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.128 ค่าไนเตรทช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออกของระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 13.59 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.129 ค่าไนเตรทช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออกของระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 18.00 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



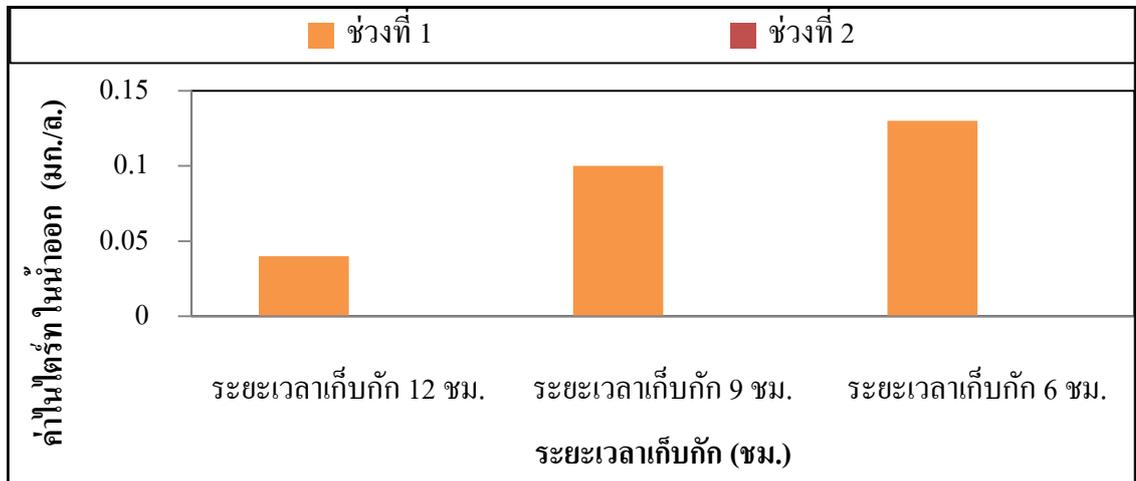
รูปที่ 4.130 ค่าไนเตรทช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออกของระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

4.3.9 ปริมาณไนไตรท์ของน้ำเสียในระบบ (Nitrite)

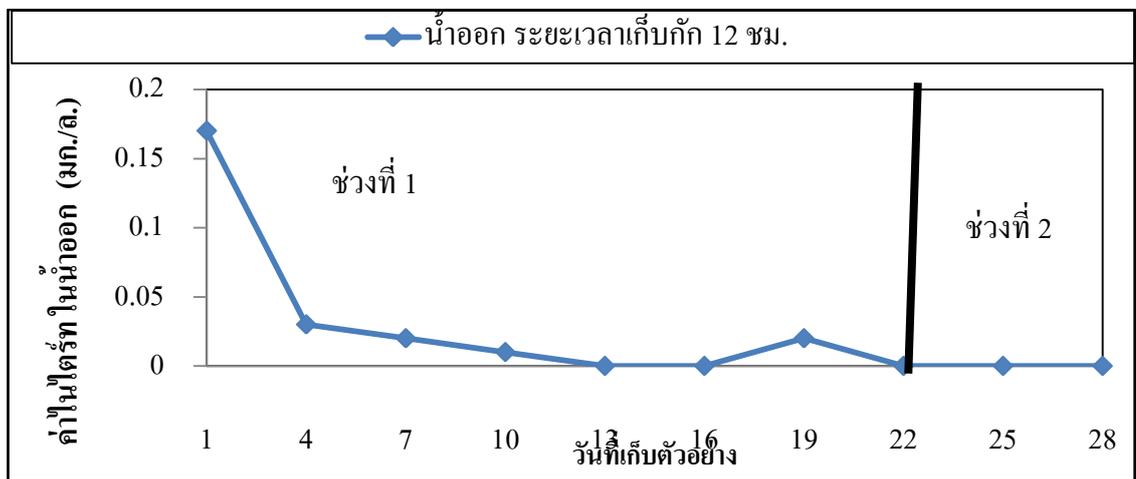
จากการวิเคราะห์ค่าไนไตรท์ที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 600 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าทั้ง 3 ระยะเวลาเก็บกักสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่าไนไตรท์ของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วงอย่างเห็นได้ชัด โดยที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่าไนไตรท์น้อยมากหรือเท่ากับ 0 น้ำเสียออกจากระบบช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 มีค่าไนไตรท์ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.04 ± 0.06 และ 0.00 ± 0.00 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่าไนไตรท์น้อยมากหรือเท่ากับ 0 น้ำเสียออกจากระบบมีค่าไนไตรท์ ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.10 ± 0.12 และ 0.00 ± 0.00 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่าไนไตรท์น้อยมากหรือเท่ากับ 0 น้ำเสียออกจากระบบมีค่าไนไตรท์ ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.13 ± 0.09 และ 0.00 ± 0.00 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าไนไตรท์ของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2

จากการศึกษาพบว่า ในน้ำเข้าพบว่ามีค่าไนไตรท์น้อยมากหรือเท่ากับ 0 ในขณะที่น้ำออกสามารถตรวจพบค่าไนไตรท์ปริมาณไนไตรท์ในน้ำเสียน้อยมาก เนื่องจากไนไตรท์เป็นสารตัวกลางในการเปลี่ยนแปลงของไนเตรทของกระบวนการ Denitrification และสามารถแบ่งช่วงการบำบัดเป็น 2 ช่วง ไนไตรท์มีแนวโน้มลดลงจากการบวนการ Denitrification ที่ Facultative Organism จะเปลี่ยนแปลงไนเตรทเป็นไนไตรท์ซึ่งเป็นสารตัวกลางเพื่อนำออกซิเจนที่อยู่ในรูปสารประกอบมาใช้และสิ้นสุดที่ก๊าซไนโตรเจน [23] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhiqiang และคณะ [21] ได้ใช้ระบบ RBC บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ ที่เป็นป้อนสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจน พบว่าถ้าที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 ชั่วโมง ภาระบรรทุกสารอินทรีย์จาก 40 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน พบไนไตรท์ในน้ำเสียออกระบบ 1.5 ± 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ถ้าเพิ่มระยะเวลาเก็บกักเป็น 9 ชั่วโมง ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 16 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน ค่าไนไตรท์ในน้ำเสียออกระบบจะลดลงเป็น 3.6 ± 0.6 มิลลิกรัม/ลิตร และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sirianuntapiboon และ Chuamkaew [10] ได้ศึกษาการใช้ระบบ Packed Cage RBC ในการบำบัดน้ำเสียที่มีไซยาไนด์ปนเปื้อน ที่ระยะเวลาเก็บกัก 16, 12 และ 8 ชั่วโมงพบว่าที่ความเข้มข้นของไซยาไนด์ 40 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกักมากที่สุดเท่ากับ 16 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำสุดเท่ากับ 2.04 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน น้ำเสียออกจากระบบจะมีค่าไนไตรท์ต่ำสุดเท่ากับ 0.5 ± 0.3 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้อยที่สุดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงสุดคือ 4.07 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน จะมีค่าไนไตรท์ในน้ำออกมาก

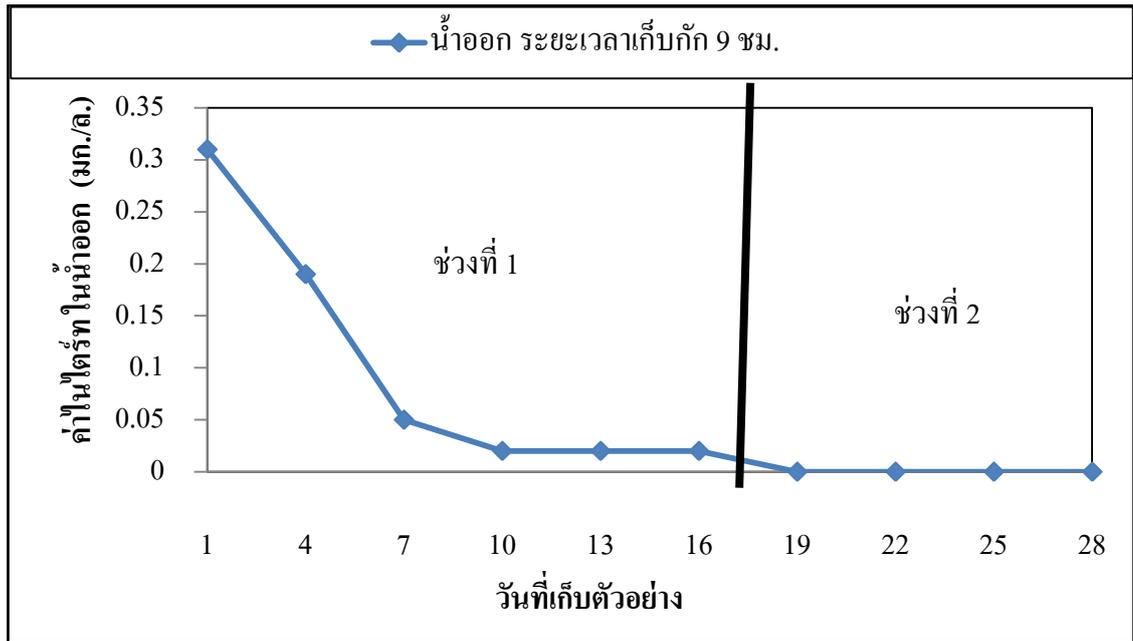
ที่สุดคือ 0.7 ± 0.6 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปแบบกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า ไนโตรเจนในน้ำออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.131 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.132-4.134



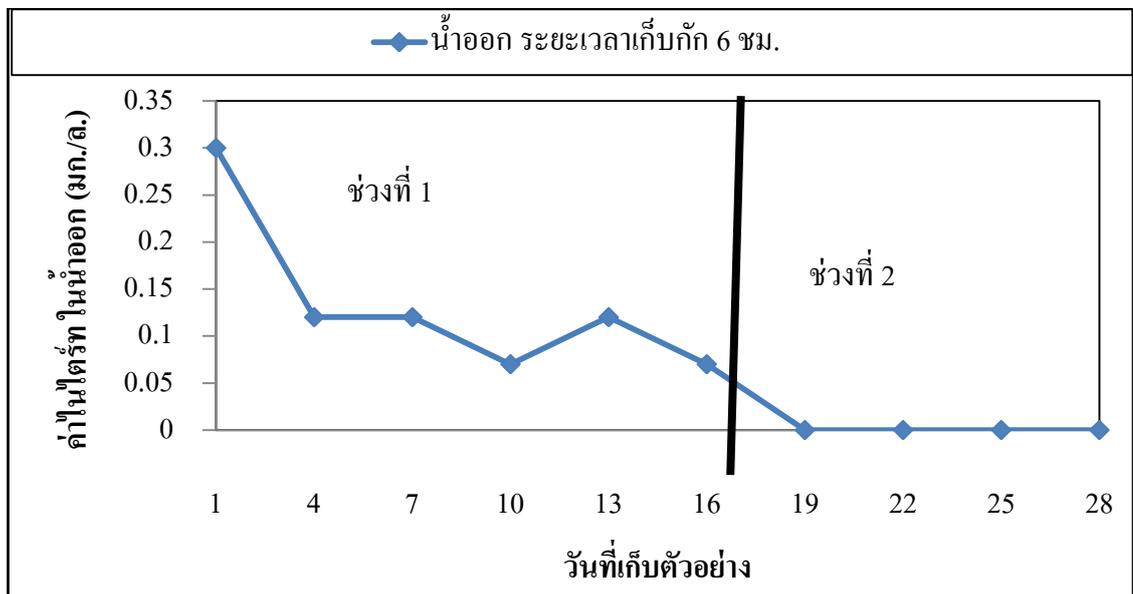
รูปที่ 4.131 ค่าไนโตรเจนในน้ำออก ของระบบที่มีน้ำมันเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (การระบรทุกสารอินทรีย์ 13.59, 18.00 และ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



รูปที่ 4.132 ค่าไนโตรเจนช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออกของระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การระบรทุกสารอินทรีย์ 13.59 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



รูปที่ 4.133 ค่าไนโตรเจนช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออกของระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 18.00 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



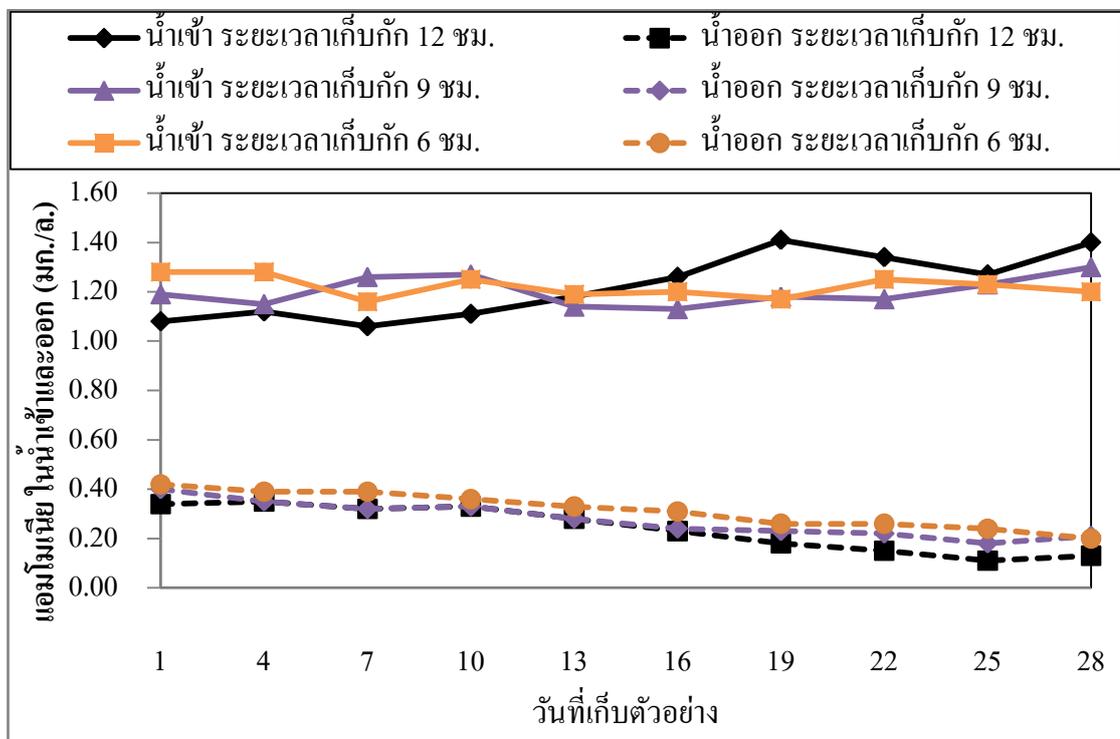
รูปที่ 4.134 ค่าไนโตรเจนช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออก ของระบบที่มีน้ำมันเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

4.3.10 ปริมาณแอมโมเนียของน้ำเสียในระบบ (Ammonia)

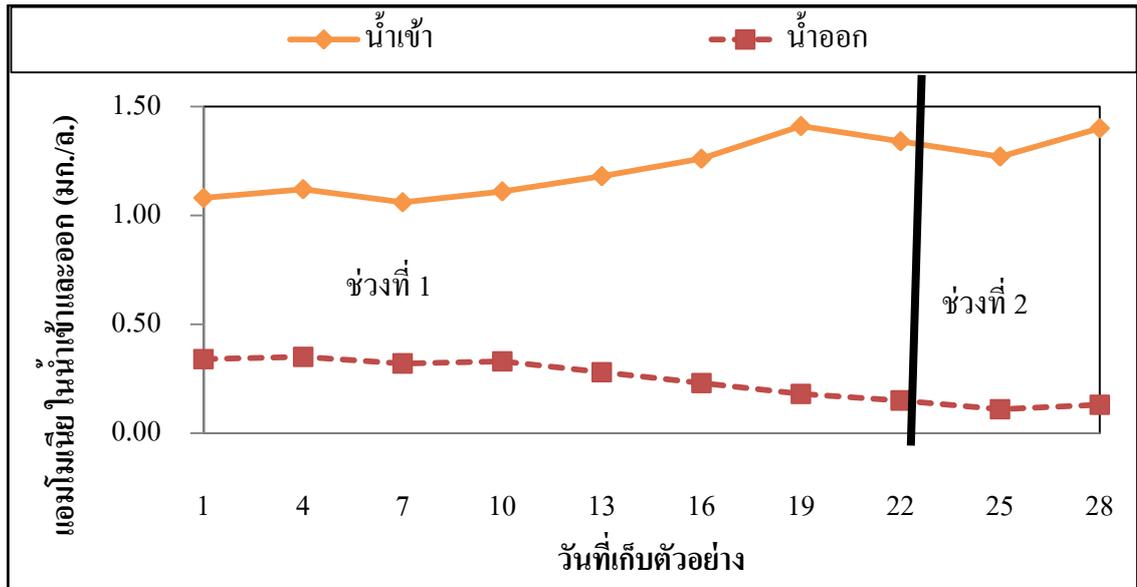
จากการวิเคราะห์ค่า แอมโมเนีย ที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 600 มิลลิกรัม /ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าทั้ง 3 ระยะเวลาเก็บกักสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่าแอมโมเนียของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วงอย่างเห็นได้ชัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า แอมโมเนีย คิดเป็นค่าเฉลี่ย 1.17 ± 0.12 และ 1.34 ± 0.07 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า แอมโมเนีย คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.29 ± 0.06 และ 0.13 ± 0.02 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 74.66 ± 7.37 และ 90.29 ± 1.32 ตามลำดับ ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าแอมโมเนียคิดเป็นค่าเฉลี่ย 1.19 ± 0.06 และ 1.22 ± 0.06 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า แอมโมเนีย คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.32 ± 0.06 และ 0.21 ± 0.02 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 73.13 ± 4.43 และ 82.73 ± 2.27 ตามลำดับ และที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าแอมโมเนียคิดเป็นค่าเฉลี่ย 1.23 ± 0.05 และ 1.21 ± 0.04 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่าแอมโมเนียคิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.37 ± 0.04 และ 0.24 ± 0.03 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 70.12 ± 3.00 และ 80.20 ± 2.36 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าแอมโมเนียของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 2 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 1 และประสิทธิภาพการบำบัดของช่วงที่ 2 จะสูงกว่าช่วงที่ 1 ด้วย

จากการศึกษาพบว่าระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าแอมโมเนีย โดยน้ำออกจะมีค่าแอมโมเนียลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเข้า และอัตราการบำบัดแอมโมเนียมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อเวลาผ่านไปฟิล์มชีวภาพที่หนาขึ้นทำให้ชั้นในสุดของฟิล์มชีวภาพเกิดสภาวะไร้อากาศและหลุดลอกออกในที่สุด ทำให้เกิดการย่อยสลายฟิล์มที่หลุดลอกหรืออาจกล่าวได้ว่าเกิดการย่อยสลายเซลล์จุลินทรีย์ที่ตายแล้วเพิ่มขึ้น จึงทำให้เกิดการย่อยสลายแอมโมเนียเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhiqiang และคณะ [21] ได้ใช้ระบบ RBC บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ปนเปื้อนสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจน พบว่าถ้าที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 ชั่วโมง ภาระบรรทุกสารอินทรีย์จาก 40 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน พบแอมโมเนียในน้ำเสียออกจากระบบ 19.4 ± 1.3 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ถ้าเพิ่มระยะเวลาเก็บกักเป็น 9 ชั่วโมง ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 16 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน ค่าแอมโมเนียในน้ำเสียออกจากระบบจะลดลงเป็น 10.1 ± 1.3 มิลลิกรัม/ลิตร และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sirianuntapiboon และคณะ [10] ได้ศึกษาการใช้ระบบ Packed Cage RBC ในการบำบัดน้ำเสียที่มีไซยาไนด์ปนเปื้อน ที่ระยะเวลาเก็บกัก 16, 12 และ 8 ชั่วโมง พบว่าที่ความเข้มข้นของไซยาไนด์ 40 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกักมาก

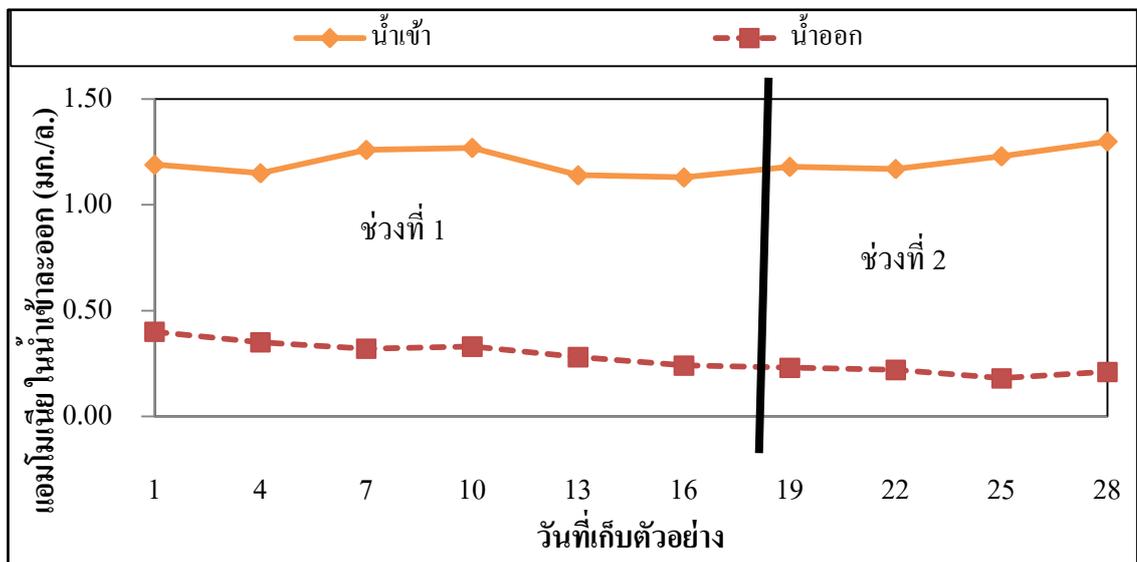
ที่สุดเท่ากับ 16 ชั่วโมง ซึ่งมีการบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำสุดเท่ากับ 2.04 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน น้ำเสียออกจากระบบจะมีค่าแอมโมเนียต่ำสุดเท่ากับ 7.9 ± 1.8 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้อยที่สุดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งมีการบรรทุกสารอินทรีย์สูงสุดคือ 4.07 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน จะมีค่าแอมโมเนียในน้ำออกมากที่สุดคือ 9.2 ± 1.6 มิลลิกรัม/ลิตรเมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่าแอมโมเนียของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.135 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.136-4.138 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่าแอมโมเนียของทั้งสองช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.139



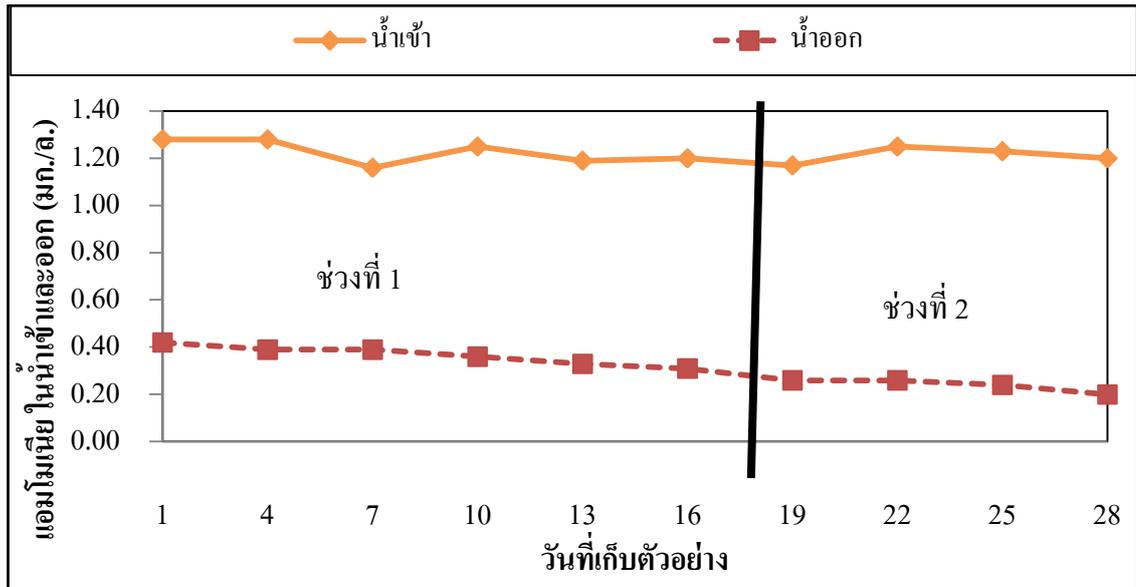
รูปที่ 4.135 ค่าแอมโมเนียในน้ำเข้าและออกของระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (การบรรทุกสารอินทรีย์ 13.59, 18.00 และ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



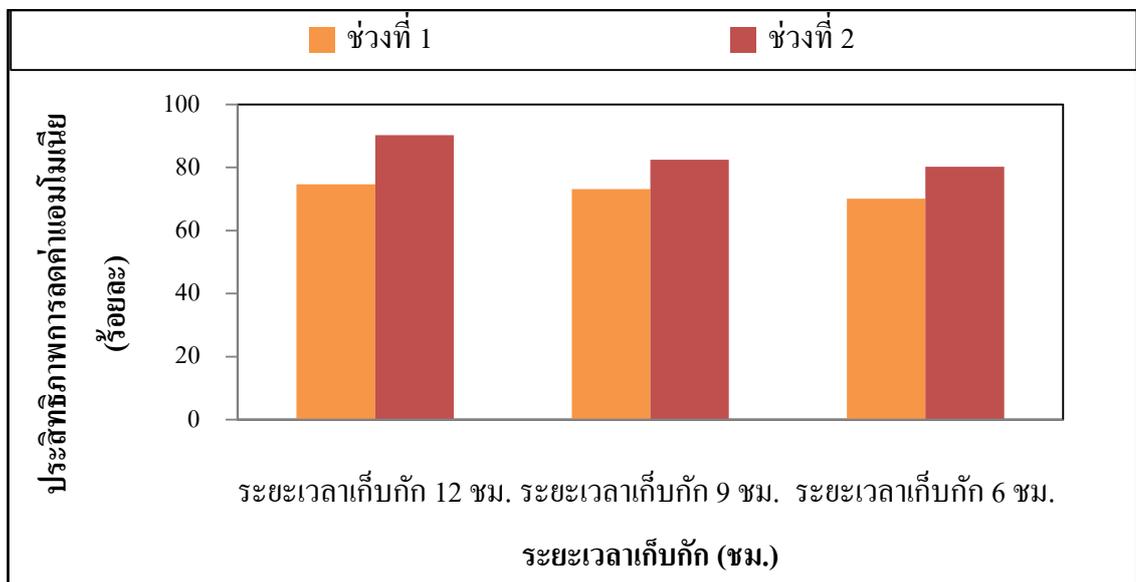
รูปที่ 4.136 ค่าแอมโมเนียช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 13.59 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



รูปที่ 4.137 ค่าแอมโมเนียช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 18.00 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



รูปที่ 4.138 ค่าแอมโมเนียช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



รูปที่ 4.139 ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียช่วงที่ 1 และ ช่วงที่ 2 ที่ความเข้มข้นของน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 13.59, 18.00 และ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

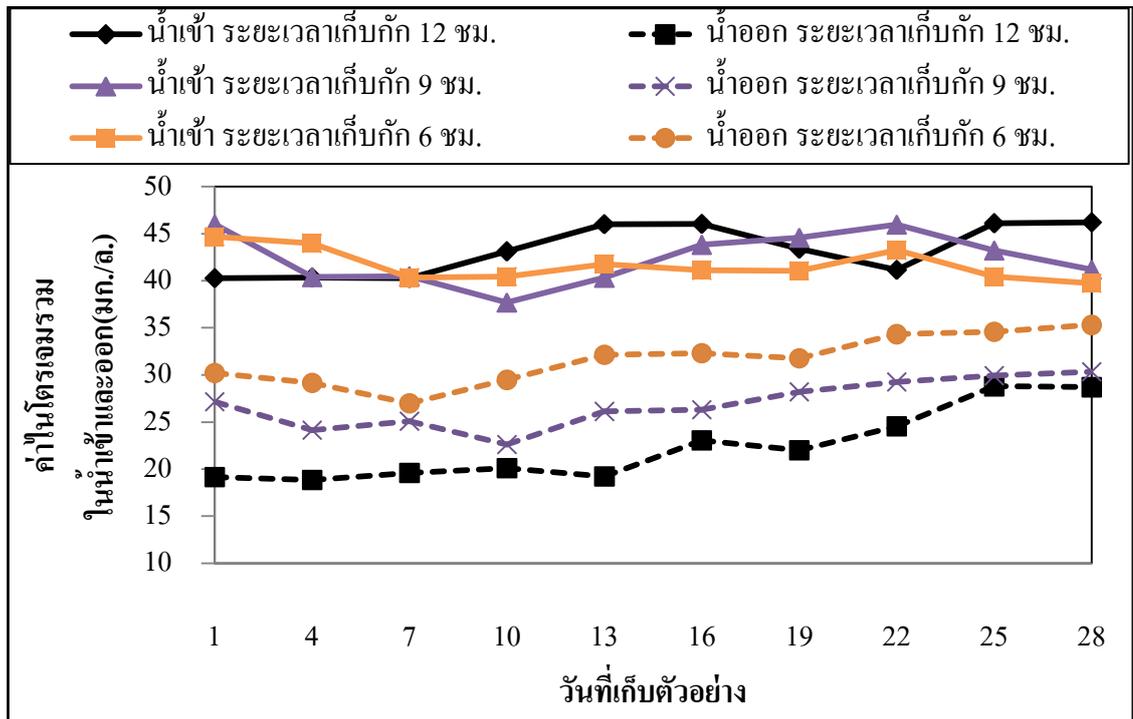
4.3.11 ประสิทธิภาพการลดค่าผลรวมไนโตรเจนของระบบ (Total Nitrogen)

จากการวิเคราะห์ค่าผลรวมไนโตรเจนที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 600 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าทั้ง 3 ระยะเวลาเก็บกักสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่าผลรวมไนโตรเจนของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วงอย่างเห็นได้ชัด โดยที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าผลรวมไนโตรเจนคิดเป็นค่าเฉลี่ย 42.79 ± 2.59 และ 44.50 ± 2.89 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่าผลรวมไนโตรเจนคิดเป็นค่าเฉลี่ย 20.28 ± 1.61 และ 27.35 ± 2.43 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 52.57 ± 2.94 และ 38.61 ± 1.54 ตามลำดับ ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าผลรวมไนโตรเจนคิดเป็นค่าเฉลี่ย 41.46 ± 2.96 และ 43.76 ± 2.04 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่าผลรวมไนโตรเจนคิดเป็นค่าเฉลี่ย 25.24 ± 1.65 และ 29.44 ± 0.94 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 39.07 ± 2.12 และ 32.56 ± 4.97 ตามลำดับ ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าผลรวมไนโตรเจนคิดเป็นค่าเฉลี่ย 42.07 ± 1.85 และ 41.13 ± 1.52 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่าผลรวมไนโตรเจนคิดเป็นค่าเฉลี่ย 30.05 ± 2.00 และ 34.00 ± 1.54 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 28.48 ± 5.39 และ 17.22 ± 5.33 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าผลรวมไนโตรเจนของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2 และประสิทธิภาพการบำบัดของช่วงที่ 1 จะสูงกว่าช่วงที่ 2 ด้วย

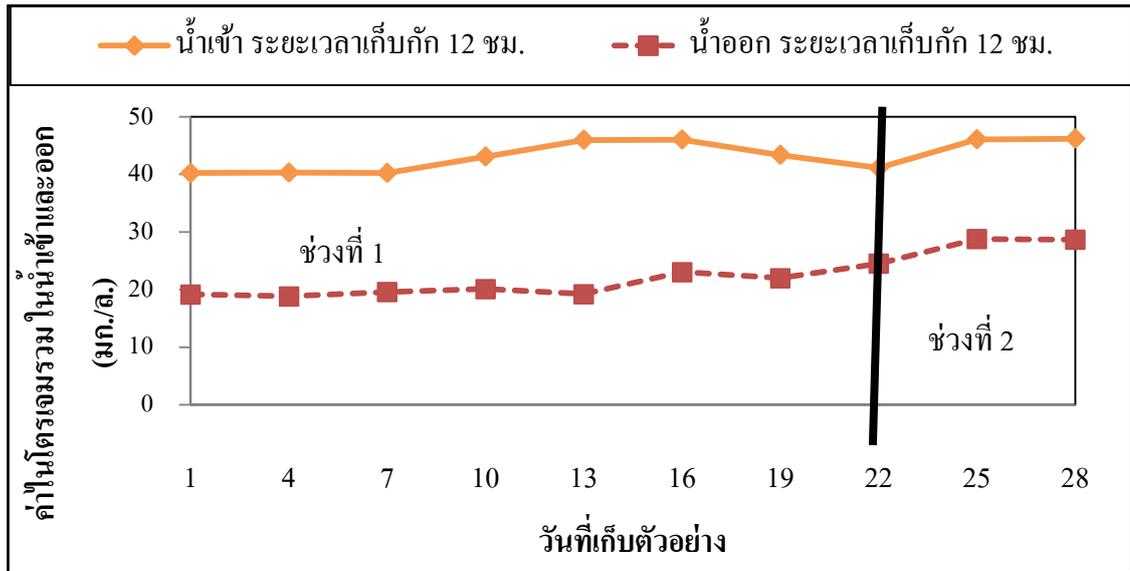
จากการศึกษาพบว่า ระบบ Packed Cage RBC มีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าผลรวมไนโตรเจนและ ประสิทธิภาพการบำบัดค่าผลรวมไนโตรเจนจะแปรผันตามระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย หรือแปรผกผันกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ โดยระบบที่มีระยะเวลาเก็บกักนาน หรือมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำ จะมีประสิทธิภาพการบำบัดที่ดีกว่า เนื่องจากจุลินทรีย์ที่เติบโตในระบบที่รับภาระบรรทุกต่ำจะมีอัตราการเจริญเติบโตและตายช้ากว่าระบบที่รับภาระบรรทุกสูง และ พบว่าสามารถแบ่งช่วงการบำบัดเป็น 2 ช่วงเนื่องจากช่วงที่ 2 จะมีประสิทธิภาพการบำบัดลดลง เนื่องจากฟิล์มชีวะที่เริ่มหนาเกินไปจะเริ่มหลุดลอกออกจากตัวกลาง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhiqiang และคณะ [21] ได้ใช้ระบบ RBC บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ปนเปื้อนสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจน พบว่าถ้าที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 ชั่วโมง ภาระบรรทุกสารอินทรีย์จาก 40 กรัมซีไอดี/ตารางเมตร-วัน พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดค่าผลรวมไนโตรเจนคิดเป็นร้อยละ 40.2 แต่ถ้าเพิ่มระยะเวลาเก็บกักเป็น 9 ชั่วโมง ภาระบรรทุก

สารอินทรีย์เท่ากับ 16 กรัมซีไอดี/ตารางเมตร-วัน ประสิทธิภาพการบำบัดค่าผลรวมไนโตรเจนจะเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 61.4

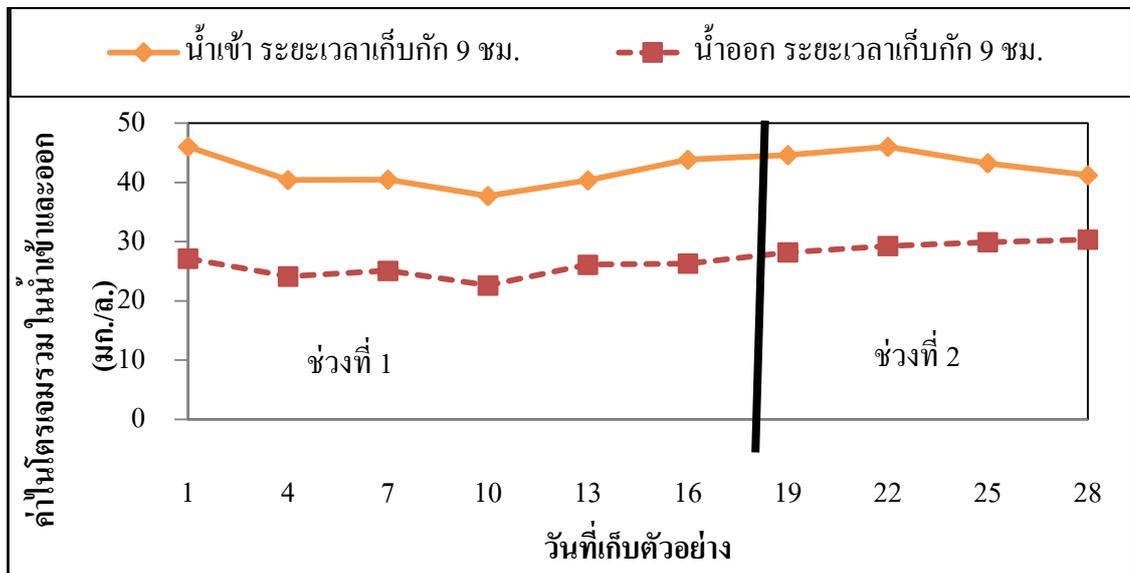
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า ค่าผลรวมไนโตรเจน ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.140 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.141-4.143 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่าผลรวมไนโตรเจน ของทั้งสองช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.144



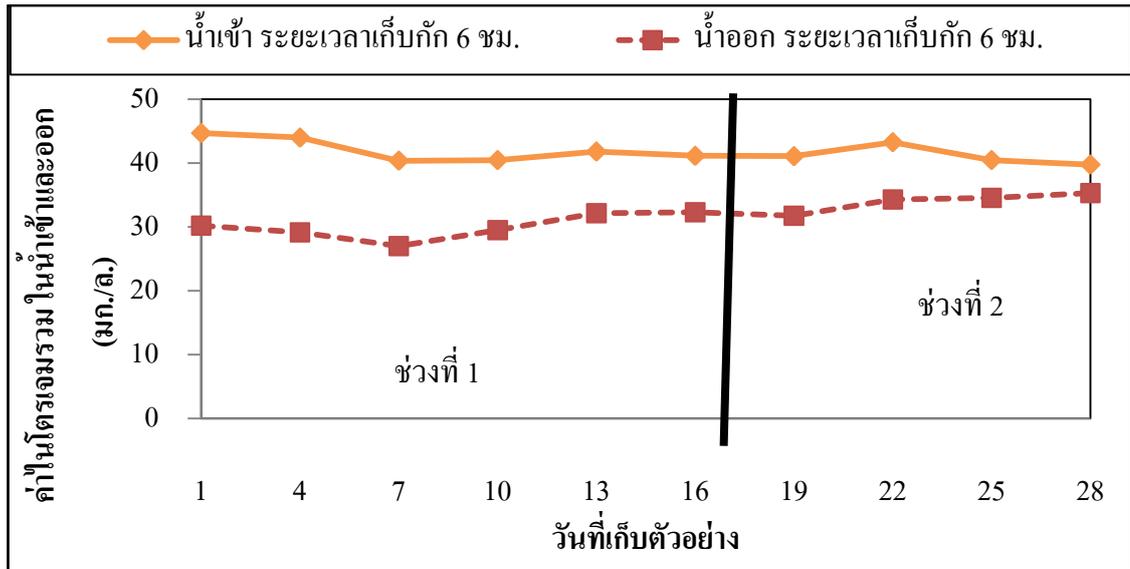
รูปที่ 4.140 ค่าผลรวมไนโตรเจน ในน้ำเข้าและออกของระบบที่มีน้ำมันเข้มข้น 600 มิลลิลิตร/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ถาระบรทุกสารอินทรีย์ 13.59, 18.00 และ 27.15 กรัมบีไอซี/ตารางเมตร-วัน)



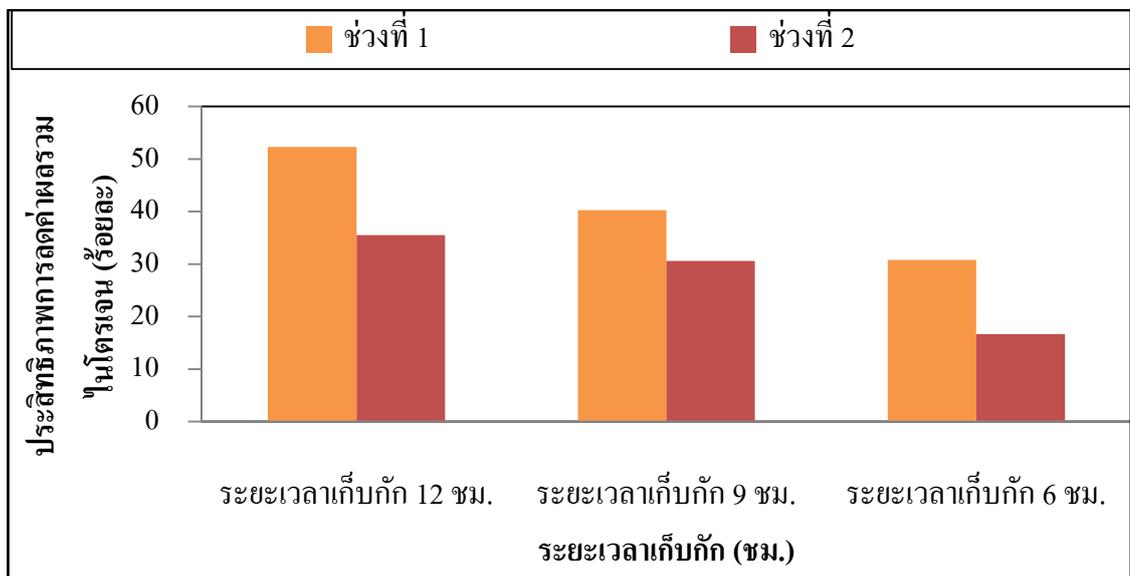
รูปที่ 4.141 ค่าผลรวมไนโตรเจนช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันปาล์มเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 13.59 กรัม/ปีโอดี /ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.142 ค่าผลรวมไนโตรเจนช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบที่มีน้ำมันปาล์มเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 18.00 กรัมปีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



รูปที่ 4.143 ค่าผลรวมไนโตรเจนช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันปาล์มเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



รูปที่ 4.144 ประสิทธิภาพการลดค่าผลรวมไนโตรเจนช่วงที่ 1 และ 2 ของระบบที่มีน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ 13.59, 18.00 และ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

4.4 ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มชีวะ

ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มชีวะที่ความเข้มข้นน้ำมันปลา 200, 400 และ 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่าฟิล์มชีวะของระบบที่มีน้ำมันปลา 200 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งรับภาระบรรทุกน้อยกว่าระบบที่มีความเข้มข้น 400 และ 600 มิลลิกรัม/ลิตร จะมีลักษณะของฟิล์มชีวะเป็นสีน้ำตาลเข้มมากกว่าแสดงถึงลักษณะของจุลินทรีย์แบบใช้อากาศและเมื่อลดระยะเวลาเก็บกักของระบบที่มีน้ำมันปลา 200 มิลลิกรัม/ลิตร (เพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์) จะทำให้ฟิล์มชีวะเริ่มหลุดจากตัวกลาง เนื่องจากการเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์นี้จะทำให้เชื้อจุลินทรีย์ในระบบเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์มากขึ้นส่งผลให้มีอัตราการเติบโตสูงจนทำให้ฟิล์มหนาขึ้นและชั้นในของฟิล์มชีวะเกิดสภาวะไร้อากาศเชื้อจุลินทรีย์จึงเริ่มตายและทำให้ฟิล์มชีวะเริ่มหลุดลอก ส่งผลให้ช่วงที่เชื้อหลุดประสิทธิภาพการบำบัดของระบบลดลงและทำให้ค่าของแอมโมเนียของระบบสูงขึ้น ส่วนระบบ ที่มีน้ำมันปลาเข้มข้น 400 และ 600 มิลลิกรัม/ลิตร ฟิล์มชีวะจะหลุดเร็วขึ้น เนื่องจากความเข้มข้นของน้ำมันที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ฟิล์มชีวะหลุดลอกได้มากขึ้น และความเข้มข้นน้ำมันที่เพิ่มขึ้นทำให้ระบบรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงขึ้นมากและ เมื่อลดระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย (หรือเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์) จะยิ่งทำให้เชื้อหลุดเร็วขึ้นอีกเพราะรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่สูงมากเชื้อ มีอัตราการเติบโตที่เร็วเกินไป ประสิทธิภาพการบำบัดหลังจากเชื้อหลุดจากตัวกลางจึงลดลงอย่างเห็นได้ชัด และลักษณะของฟิล์มชีวะมีสีน้ำตาลอ่อนลง ดังรูปที่ 4.145 4.161



รูปที่ 4.145 ลักษณะของฟิล์มชีวะของระบบที่สภาวะความเข้มข้นน้ำมันปลา 200 มิลลิกรัม/ลิตร ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 7.56 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.146 ลักษณะของฟิล์มชีวะของระบบที่สภาวะความเข้มข้นน้ำมันปาล์ม 200 มิลลิกรัม/ลิตร
ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ในช่วงที่ 1 ช่วงก่อนเชื้อหลุด (การะบรทุกสารอินทรีย์
10.03 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.147 ลักษณะของฟิล์มชีวะของระบบที่สภาวะความเข้มข้นน้ำมันปาล์ม 200 มิลลิกรัม/ลิตร
ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง เชื้อจะเริ่มหลุดเมื่อเดินระบบประมาณ 24 วัน (ช่วงที่ 2)
(การะบรทุกสารอินทรีย์ 10.03 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.148 ลักษณะของฟิล์มชีวะของระบบที่สภาวะความเข้มข้นน้ำมันปาล์ม 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ในช่วงที่ 1 ช่วงก่อนเชื้อหลุด (การะบรทุกสารอินทรีย์ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.149 ลักษณะของฟิล์มชีวะของระบบที่สภาวะความเข้มข้นน้ำมันปาล์ม 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง เชื้อจะเริ่มหลุดเมื่อเดินระบบประมาณ 18 วัน (ช่วงที่ 2) (การะบรทุกสารอินทรีย์ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.150 ลักษณะของฟิล์มชีวะของระบบที่สภาวะความเข้มข้นน้ำมันปาล์ม 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง ในช่วงที่ 1 ช่วงก่อนเชื้อหลุด (การะบรทุกสารอินทรีย์ 6.6 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.151 ลักษณะของฟิล์มชีวะของระบบที่สภาวะความเข้มข้นน้ำมันปาล์ม 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง เชื้อจะเริ่มหลุดเมื่อเดินระบบประมาณ 24 วัน (ช่วงที่ 2) (การะบรทุกสารอินทรีย์ 9.66 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.152 ลักษณะของฟิล์มชีวะของระบบที่สภาวะความเข้มข้นน้ำมันปาล์ม 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ในช่วงที่ 1 ช่วงก่อนเชื้อหลุด (การะบรทุกสารอินทรีย์ 12.81 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.153 ลักษณะของฟิล์มชีวะของระบบที่สภาวะความเข้มข้นน้ำมันปาล์ม 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง เชื้อจะเริ่มหลุดเมื่อเดินระบบประมาณ 22 วัน (ช่วงที่ 2) (การะบรทุกสารอินทรีย์ 12.81 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.154 ลักษณะของฟิล์มชีวะของระบบที่สภาวะความเข้มข้นน้ำมันปาล์ม 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ในช่วงที่ 1 ช่วงก่อนเชื้อหลุด (การะบรทุกสารอินทรีย์ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.155 ลักษณะของฟิล์มชีวะของระบบที่สภาวะความเข้มข้นน้ำมันปาล์ม 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง เชื้อจะเริ่มหลุดเมื่อเดินระบบประมาณ 16 วัน (ช่วงที่ 2) (การะบรทุกสารอินทรีย์ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.156 ลักษณะของฟิล์มชีวะของระบบที่สภาวะความเข้มข้นน้ำมันปาล์ม 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง ในช่วงที่ 1 ช่วงก่อนเชื้อหลุด (การะบรทุกสารอินทรีย์ 13.59 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.157 ลักษณะของฟิล์มชีวะของระบบที่สภาวะความเข้มข้นน้ำมันปาล์ม 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง เชื้อจะเริ่มหลุดเมื่อเดินระบบประมาณ 22 วัน (ช่วงที่ 2) (การะบรทุกสารอินทรีย์ 13.59 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.158 ลักษณะของฟิล์มชีวะของระบบที่สภาวะความเข้มข้นน้ำมันปาล์ม 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ในช่วงที่ 1 ช่วงก่อนเชื้อหลุด (การะบรทุกสารอินทรีย์ 18.00 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.159 ลักษณะของฟิล์มชีวะของระบบที่สภาวะความเข้มข้นน้ำมันปาล์ม 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง เชื้อจะเริ่มหลุดเมื่อเดินระบบประมาณ 18 วัน (ช่วงที่ 2) (การะบรทุกสารอินทรีย์ 18.00 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.160 ลักษณะของฟิล์มชีวะของระบบที่สภาวะความเข้มข้นน้ำมันปาล์ม 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ในช่วงที่ 1 ช่วงก่อนเชื้อหลุด (การะบรทุกสารอินทรีย์ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.161 ลักษณะของฟิล์มชีวะของระบบที่สภาวะความเข้มข้นน้ำมันปาล์ม 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง เชื้อจะเริ่มหลุดเมื่อเดินระบบประมาณ 17 วัน (ช่วงที่ 2) (การะบรทุกสารอินทรีย์ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

บทที่ 5 รูปและข้อเสนอแนะ

5.1 รูป

จากการทดลองศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำมันปลาต่อประสิทธิภาพระบบ Packed Cage RBC ในการบำบัดน้ำเสียที่มีน้ำมันปลาปนเปื้อน โดยใช้แบบจำลอง Packed Cage RBC ระดับห้องปฏิบัติการย่อยส่วน โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีน้ำมันปลาเข้มข้น 200, 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าบีโอดีเฉลี่ยประมาณ 1,116.31, 1,427.06 และ 2,003.37 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และมีการแปรผันระยะเวลาเก็บกักที่ 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

1) จากการทดลองพบว่าที่ความเข้มข้นน้ำมันปลาเท่ากับ 200 มิลลิกรัม/ลิตร ฟิล์มชีวจะหลุดออกจากตัวกลางช้ากว่าที่ความเข้มข้นน้ำมันปลาเท่ากับ 400 และ 600 มิลลิกรัม/ลิตร และเมื่อลดระยะเวลาเก็บกักในทุกๆ ความเข้มข้นจะทำให้ฟิล์มชีวหลุดออกออกจากตัวกลางเร็วขึ้นอีก เนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นน้ำมันปลาและการลดระยะเวลาเก็บกักเป็นการเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์ให้กับระบบ ทำให้เชื้อจุลินทรีย์มีอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น เชื้อจุลินทรีย์จะมีการเจริญเติบโตเร็ว ฟิล์มชีวจะเจริญและหนาขึ้นเร็วกว่าเดิมทำให้ชั้นในสุดของฟิล์มชีวเกิดสภาวะไร้ออกซิเจน ออกซิเจนแพร่ผ่านเข้าไปไม่ถึง จึงทำให้เชื้อจุลินทรีย์ด้านในตายและหลุดลอก ประสิทธิภาพของระบบจึงลดลง และยังทำให้ค่าของแอมโมเนียในน้ำเสียสูงขึ้นอีกด้วย

2) จากการทดลองสถานะที่ทดลองที่ส่งเสริมให้ระบบ Packed Cage RBC มีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดคือ ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง และความเข้มข้นของน้ำมันปลาเท่ากับ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องด้วยประสิทธิภาพการบำบัดค่า บีโอดีสูงสุด เท่ากับร้อยละ 94.52 ± 2.06 , ค่าปริมาณ ไนโตรเจนและน้ำมันเท่ากับ ร้อยละ 85.14 ± 3.05 และค่าของแอมโมเนียของน้ำเสียที่ออกจากระบบไม่สูงมาก (16 ± 10.21 มิลลิกรัมต่อลิตร) เนื่องด้วยระบบมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ไม่สูงมากนัก เท่ากับ 7.56 กรัมบีโอดี/ตร.ม-วัน ทำให้ฟิล์มชีวมีการตายและหลุดลอกไม่มากนักและใช้เวลานานกว่าในการหลุดลอก จึงทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดที่สถานะนี้ค่อนข้างเหมาะสมต่อการเดินระบบ

3) เมื่อทำการแปรผันความเข้มข้นของน้ำมันปลาเท่ากับ 200, 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าค่าความเข้มข้นของน้ำมันปลาที่สูงขึ้นส่งผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดของระบบ Packed Cage RBC โดยระบบที่มีน้ำเสียเข้าระบบที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีประสิทธิภาพในการ

บำบัดสูงกว่าระบบที่มีน้ำเสียเข้าระบบที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และเมื่อแปรผันระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียเท่ากับ 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าที่ระยะเวลาเก็บกักสูงสุดคือ 12 ชั่วโมง ระบบ Packed Cage RBC จะมีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุด

4) จากผลการทดลอง สามารถแบ่งช่วงบำบัดได้เป็นสองช่วง เนื่องจากช่วงเวลาการหลุดลอกของฟิล์มชีวะขึ้นอยู่กับระยะเวลาเก็บกัก ความเข้มข้นของน้ำมันที่ต่างกัน และ ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ ส่งผลให้ระยะเวลาการหลุดลอกของฟิล์มชีวะไม่เท่ากัน และการหลุดลอกของฟิล์มชีวะที่ต่างกันยังส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการบำบัดของระบบ Packed Cage RBC ด้วย โดยระบบที่รับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำ จะใช้เวลาในการหลุดลอกนานกว่าระบบที่รับภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูง ซึ่งทำให้ระบบที่เชื่อหลุดลอกช้ากว่าจะมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงกว่า

5) ค่าปริมาณสารแขวนลอยในน้ำออกจากระบบ เกิดจากการที่ฟิล์มชีวะที่ยึดเกาะตัวกลางตายลง และหลุดลอกออกจากระบบ โดยการหลุดลอกของจุลินทรีย์นี้จะแปรผันตรงกับค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เข้าระบบ โดยที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง ระบบที่มีน้ำเสียเข้าระบบมีน้ำมันปาล์มเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 7.56 กรัมบีโอดี/ตร.ม-วัน จะมีค่าสารแขวนลอยต่ำสุดคือ 16 ± 10.21 มิลลิกรัม/ลิตร ในขณะที่ระบบที่มีน้ำมันปาล์มเข้มข้น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ระบบจะมีค่าสารแขวนลอยสูงขึ้น ในช่วงที่ 1 และ 2 เท่ากับ 47.08 ± 26.24 และ 90 ± 5.00 ตามลำดับ และค่าสารแขวนลอยจะแปรผกผันกับระยะเวลาเก็บกักกล่าวคือ ถ้าระยะเวลาเก็บกัก

6) ค่าออกซิเจนละลายน้ำในระบบจะแปรผกผันกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ โดยระบบที่รับภาระบรรทุกสารอินทรีย์เข้าระบบสูง จะมีค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของน้ำเสียออกจากระบบค่อนข้างต่ำกว่าระบบที่มีภาระบรรทุกสารอินทรีย์เข้าระบบต่ำ

7) เนื่องด้วยอัตราการหมุนของ Packed Cage RBC คงที่ ที่ 3 รอบ/นาที ดังนั้น ค่า DO ของน้ำเสียเข้าระบบจะค่อนข้างใกล้เคียงกัน แต่เนื่องด้วยภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่สูงขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำมัน ทำให้เชื่อมีการเจริญเติบโตเร็วเพราะได้สารอาหารจากน้ำเสียเพิ่มขึ้นทำให้ฟิล์มชีวะหนาขึ้น และชั้นในสุดของฟิล์มชีวะเกิดสภาวะไร้อากาศและหลุดลอกออก จึงทำให้ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูง หรือความเข้มข้นของน้ำมันสูง ประสิทธิภาพของระบบจะลดลง

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) เวลาบรรจุตัวกลางในระบบ Packed Cage RBC ควรบรรจุให้แน่น เพราะนอกจากจะเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวให้จุลินทรีย์ยึดเกาะแล้ว ยังทำให้ตัวกลางไม่มีการเสียดสีกันมากจนทำให้ฟิล์มชีวะหลุดลอกออกจากระบบได้ง่าย
- 2) ควรศึกษาประสิทธิภาพของระบบ Packed Cage RBC เมื่อเปลี่ยนอัตราเร็วการหมุนรอบ
- 3) ควรศึกษาประสิทธิภาพของระบบ Packed Cage RBC เมื่อมีการเปลี่ยนชนิดของตัวกลาง
- 4) ควรมีการศึกษาประสิทธิภาพของระบบ Packed Cage RBC เมื่อเปลี่ยนระยะจมน้ำ
- 5) ควรออกแบบอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการเดินระบบให้แข็งแรง ทนทานต่อการเดินระบบ โดยเฉพาะเพลลาหมุน มิฉะนั้นถ้าเพลลาและโซ่หลุดระหว่างเดินระบบจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเดินระบบได้

เอกสารอ้างอิง

1. พรชัย เหลืองอากาศพงศ์, 2548, **คัมภีร์ปาล์มน้ำมัน**, สำนักพิมพ์มติชน, กรุงเทพฯ, หน้า 21-38.
2. Ibrahim, S., Ang, H. and Wang, S., 2009, "Removal of emulsified food and mineral oils from wastewater using surfactant modified barley straw", **Bioresource Technology**, Vol. 100, pp. 5744-5749.
3. Matsuda, T., Miura, A., Iiyama, T. and Shinzato, N., 2004, "Effect of fatty oil dispersion on oil-containing wastewater treatment", **Journal of Hazardous Materials**, Vol. 118, pp. 225-258.
4. Kang, J., Lu, L., Zhan, W., Li, B., Li, D., Ren, Y. and Liu, D., 2011, "Photocatalytic pretreatment of oily wastewater from the restaurant by a vacuum ultraviolet/TiO₂ system", **Hazardous Materials**, Vol. 186, pp. 849-854.
5. Frank D. Gunstone, 2011, **Vegetable oils in Food Technology Composition (Properties and Uses)**, 2nd ed., Wiley-Blackwell, Britain, pp. 25-53.
6. Najafpour, G., Yieng, H., A., Younesi, H., and Zinatizadeh, A., 2005, "Effect of organic loading on performance of rotating biological contactors using Palm oil Mill effluents", **Process Biochemistry**, Vol. 40, pp. 2879-2884.
7. Sirianuntapiboon, S., 2006, "Treatment of wastewater containing Cl₂ residue by Packed Cage rotating biological contactor (RBC) system", **Bioresource Technology**, Vol. 97, pp. 1735-1744.
8. Sirianuntapiboon, S., 2005, "Some Properties of Packed Cage RBC System on the treatment of Synthetic Domestic Wastewater", **Thammasat Int. J. Sc. Tech.**, Vol. 5, No. 1, pp. 40-49.

9. Sirianuntapiboon, S. and Tondee, T., 2000, "Application of Packed Cage RBC System for treating Waste Water Contaminated with Nitrogenous Compounds", **Thammasat Int. J. Sc. Tech.**, Vol.5, No.1, pp.28-34.
10. Sirianuntapiboon, S., Chuamkaew, C., 2007, "Packed Cage Rotating Biological Contactor system for treatment of cyanide wastewater", **Bioresource Technology** , Vol. 98, No. 2, pp. 266–272.
11. Malandra, L., Wolfaardt, G., Zietsman, A. and Viljoen-Bloom, M., 2003, "Microbiology of a biological contactor for winery wastewater treatment", **Water Research**, Vol. 37, pp. 4125-4134.
12. อรรคพล ปิ่นแก้ว และ ฤทธิรงค์ วงษ์พระจันทร์ , 2542, การศึกษาการทำงานของระบบ **Rotating Biological Contactor (RBC)** เพื่อบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, หน้า 7-15.
13. พงษ์ระพีพันธ์ ยูพันธ์ , 2535, การบำบัดน้ำเสียจากภัตตาคารด้วยระบบอาร์บีซี , วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สหสาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 8-12.
14. ภิสรากร เรือนใหม่ และ อัจฉรีย์ มานะกิจ , 2552, การศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารด้วยระบบถังกรองไร้อากาศ, ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม ภาควิชาเทคโนโลยีเกษตรกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, หน้า 7-10.
15. กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2549, ตำรับบำบัดมลพิษทางน้ำ, พิมพ์ครั้งที่ 3, โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, กรุงเทพฯ, หน้า 5/36-6/50.
16. สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์, 2549, ระบบบำบัดน้ำเสีย, สำนักพิมพ์ท็อป, กรุงเทพฯ, หน้า 369-403.

17. บริษัท เอนวิเทรด เอนจิเนียริ่ง จำกัด , 2549, **งานหมุนชีวภาพ Bio Warp** [Online,], Available :
http://www.envitrade.co.th/3_product/07.bio_wrap/07.01_BIOWRAP_RBC_TH.pdf.
[7 พฤษภาคม 2554]
18. อัจฉราพร ขำโสภา, 2552, **เทคโนโลยีการฟื้นฟูทางชีวภาพ**, [Online], Available :
<http://www.etm.sc.mahidol.ac.th/a10.shtml> [8 พฤษภาคม 2554]
19. อนุกรรมการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตมหาวิทยาลัย, 2546, **ชีววิทยา เล่ม 1**,
ด้านสุขภาพการพิมพ์, กรุงเทพฯ, หน้า 29-33.
20. Gerardi, M., H., 1994, **Wastewater Biology : The Life Processes**, Water Environment
Federation, Alexandria, pp. 89-97.
21. Zhiqiang, C., Qinxue, W., Jianlong, W., Fang, L., 2006, "Simultaneous removal of carbon and
nitrogen from municipal-type synthetic wastewater using net-like rotating biological contactor
(NRBC)", **Process Biochemistry**, Vol. 41, pp. 2468-2472.
22. Metcalf & Eddy, 2004, **Wastewater Engineering Treatment and Reuse**, 4th edition,
McGraw-Hill, Singapore, pp. 1820.
23. The Water Planet Company, 2008, **Nitrification & Denitrification**, [Online], Available :
http://www.thewaterplanetcompany.com/docs/WPC_Nitrification%20&%20Denitrification%20.pdf [18 เมษายน 2555]

ภาคผนวก ก
วิธีวิเคราะห์ตัวอย่าง

การวิเคราะห์ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด โดยวิธีการทำให้แห้งที่ 103-105°C

1. หลักการ

กรองน้ำตัวอย่างผ่านกระดาษกรอง GF/C ที่ทราบน้ำหนัก ตะกอนที่ทราบน้ำหนัก ตะกอนที่ติดอยู่บนกระดาษกรองจะนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105°C และทำให้เย็นในโถทำแห้ง แล้วชั่งน้ำหนักที่เพิ่มคือ น้ำหนักของของแข็งแขวนลอยทั้งหมดต่อปริมาตรตัวอย่างน้ำที่ใช้

2. การเก็บและรักษาตัวอย่าง

ควรเก็บตัวอย่างน้ำในขวดแก้วหรือขวดพลาสติกที่จะไม่ทำให้สารแขวนลอยติดที่ข้างภาชนะ รีบนำส่งห้องวิเคราะห์ และควรจะรีบวิเคราะห์ทันที แต่ถ้าไม่สามารถทำได้ให้รักษาตัวอย่างไว้โดยนำไปแช่เย็นที่ 4°C ทางที่ดีไม่ควรเก็บไว้เกิน 1 วัน แต่ถ้าเก็บไว้เกิน 7 วัน ไม่ควรนำตัวอย่างนั้นมาใช้วิเคราะห์อีก เมื่อจะนำตัวอย่างน้ำที่แช่เย็นไว้มาวิเคราะห์ ต้องทิ้งให้หายเย็นที่อุณหภูมิห้องเสียก่อน

3. เครื่องมือและอุปกรณ์

- 3.1 โถทำแห้ง พร้อมสารดูดความชื้น
- 3.2 ตู้อบที่มีเครื่องควบคุมอุณหภูมิ
- 3.3 ตาชั่งละเอียด ที่สามารถชั่งได้ถึง 0.0001 กรัม
- 3.4 กระดาษกรอง GF/C ขนาด 4.7 เซนติเมตร
- 3.5 ชุดกรอง ที่มี Membrane Filter Funnel
- 3.6 เครื่องดูดสุญญากาศ (Suction Pump) พร้อมขวดดูดสุญญากาศขนาด 500-1000 มิลลิลิตร
- 3.7 ถ้วยอลูมิเนียมฟอยล์
- 3.8 ปากกีสบ

4. วิธีวิเคราะห์

- 4.1 นำกระดาษกรอง GF/C ไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103-105°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในโถทำแห้ง

- 4.2 ชั่งน้ำหนักกระดาษกรอง GF/C สมมุติมีน้ำหนัก A กรัม วางบนถ้วยอะลูมิเนียมฟอยล์
- 4.3 ใช้ปากคีบหนีบกระดาษกรอง GF/C วางบนกรวยบุคเนอร์ เปิดเครื่องดูดสุญญากาศ ล้างกระดาษกรองด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้งติดต่อกัน โดยล้างครั้งละ 20 มิลลิลิตร เปิดเครื่องดูดสุญญากาศต่อให้ดูน้ำออกจนแห้ง ทิ้งน้ำล้างไป
- 4.4 เลือกปริมาตรตัวอย่างน้ำที่จะใช้โดยพิจารณาจากลักษณะน้ำ ถ้าน้ำขุ่นมีของแข็งแขวนลอยมาก ควรใช้ปริมาณน้อยๆ แต่ถ้าน้ำใสควรใช้ปริมาณน้ำตัวอย่างให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ (ควรเลือกให้มีค่าของแข็งแขวนลอยที่ติดบนกระดาษกรองไม่เกิน 200 มิลลิกรัม และไม่ควรต่ำกว่า 1 มิลลิกรัม เนื่องจากถ้ามีของแข็งปริมาณมากเกินไปอาจจะจับเอาน้ำไว้) เขย่าตัวอย่างให้เข้ากันอย่างดี เทตัวอย่างที่ทราบปริมาตรลงกรองโดยค่อยๆ เททีละน้อยอย่างต่อเนื่องจนหมดน้ำกลั่น ฉีดล้างภาชนะที่ใช้ตวงตัวอย่างเทลงกรอง และฉีดน้ำกลั่นที่ด้านข้างของกรวยบุคเนอร์รวมทั้งบนกระดาษกรอง GF/C ปล่อยให้เครื่องดูดสุญญากาศดูดน้ำออกจนแห้ง ปิดเครื่อง
- 4.5 ใช้ปากคีบหนีบขอบกระดาษกรองขึ้นวางบนถ้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103-105°C อย่างน้อยเป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบปล่อยให้เย็นในโถทำแห้งชั่งน้ำหนักกระดาษกรอง
- 4.6 ควรทำข้อ 4.5 ซ้ำจนได้น้ำหนักคงที่ หรือจนกระทั่งมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักน้อยกว่า 4% ของน้ำหนักครั้งก่อน หรือประมาณ 0.5 มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$\text{ของแข็งทั้งหมด, มิลลิกรัม/ลิตร} = \frac{(A - B) \times 10^6}{\text{ปริมาตรน้ำตัวอย่าง (มล.)}}$$

เมื่อ : A = น้ำหนักของตัวอย่างและกระดาษกรอง, กรัม

B = น้ำหนักของกระดาษกรอง, กรัม

การวิเคราะห์หาค่าบีโอดี (BOD : Biological Oxygen Demand)

1. หลักการ

การวิเคราะห์หาค่า บีโอดีเป็นการวัดความสกปรกของน้ำเสียในเทอมของออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ภายใต้สภาวะมีออกซิเจน การหา บีโอดีเป็นกระบวนการทดสอบทางชีววิทยาเพื่อหาปริมาณค่าออกซิเจนซึ่งแบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียภายใต้สภาวะที่เหมือนกับเกิดในธรรมชาติที่สุด เพื่อที่จะให้การวิเคราะห์เป็นปริมาณวิเคราะห์ จึงต้องทำให้แฟลคเตอร์ต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่ออัตราการย่อยสลายคงที่ นั่นคือค่า บีโอดี มาตรฐานต้องบ่ม (Incubate) ที่อุณหภูมิ $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 5 วัน

โดยวิธีที่ใช้วิเคราะห์จะเลือกแบบเจือจาง ซึ่งใช้กับตัวอย่างที่มีความสกปรกมาก เช่น ค่า บีโอดีเกิน 7 มิลลิกรัม /ลิตร เนื่องจากปริมาณออกซิเจนที่ใช้ไปในการย่อยสลายสารอินทรีย์จะเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับจำนวนสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำนั้น เมื่อตัวอย่างน้ำมีสารอินทรีย์จำนวนมาก จึงต้องเจือจางตัวอย่างเพื่อให้มีออกซิเจนเพียงพอต่อแบคทีเรียที่จะใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์นั้น ซึ่งจะวิเคราะห์แบบไม่ต้องมีการเติมหัวเชื้อ (No seeding) เพราะเหมาะสมสำหรับตัวอย่างน้ำเสียหรือน้ำทิ้งโดยทั่วไปซึ่งมีจุลินทรีย์เพียงพอและมี ความเป็นกรด-ด่าง เหมาะสมสำหรับการย่อยสลายทางชีวภาพ ตัวอย่างน้ำจะต้องไม่ผ่านการเติมคลอรีนหรือความร้อนมาก่อน

2. การเก็บและรักษาตัวอย่างน้ำ

หลังจากเก็บตัวอย่างควรจะรีบวิเคราะห์ทันที แต่ถ้าไม่สามารถทำได้ให้รักษาตัวอย่างไว้โดยนำไปแช่เย็นที่ 4°C ทางที่ดีไม่ควรเก็บไว้เกิน 1 วัน เมื่อจะนำตัวอย่างน้ำที่แช่เย็นไว้มาวิเคราะห์ ต้องทิ้งให้หายเย็นที่อุณหภูมิห้องเสียก่อน

3. เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1 ขวดบีโอดีขนาด 250-300 มิลลิลิตรที่มีจุกปิดสนิท ส่วนใหญ่ใช้ขวดที่ทำพิเศษเพื่อหา DO โดยเฉพาะ ขวดที่ใช้ต้องสะอาดปราศจากสารอินทรีย์

3.2 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งควบคุมอุณหภูมิได้ที่ $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ และต้องมีค

3.3 อุปกรณ์เครื่องแก้วต่างๆ เช่น กระจกตวง, บิวเรต, ขวดรูปกรวย เป็นต้น

3.4 เครื่องจ่ายลม แบบเดียวกับที่ใช้กับตู้เลี้ยงปลาสวยงามสวยงามและหัวลูกฟูก (หัวจ่ายลม)

4. สารเคมี

- 4.1 น้ำกลั่น
- 4.2 สารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์
- 4.3 สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต
- 4.4 สารละลายแคลเซียมคลอไรด์
- 4.5 สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์
- 4.6 สารละลายแมงกานีสซัลเฟต
- 4.7 สารละลายอัลคาไล-ไอโอไดค์-เฮไซค์
- 4.8 กรดซัลฟูริกเข้มข้น
- 4.9 น้ำแข็ง
- 4.10 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล

5. วิธีเตรียมน้ำเจือจาง (Dilution Water)

น้ำเจือจางหมายถึงน้ำสะอาดที่มีออกซิเจนละลายอยู่มากหรือเกือบอิ่มตัว วิธีเตรียมน้ำทำได้โดยการพ่นอากาศเข้าไปในน้ำ น้ำเจือจางจะต้องมี ความเป็นกรด-ด่าง ที่เหมาะสมและมีสารอาหารที่จำเป็นแก่การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยมีวิธีเตรียมนดังนี้

- 5.1 ตวงน้ำกลั่นให้มากกว่าปริมาตรที่จะใช้ 1 ลิตร ใส่ขวดแอสไพเรเตอร์ที่สะอาด
- 5.2 เป่าอากาศที่สะอาดเพื่อเติมออกซิเจน อย่างน้อย 1 ชั่วโมง
- 5.3 เติมสารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์ แมกนีเซียมซัลเฟต แคลเซียมคลอไรด์ และเฟอร์ริกคลอไรด์ อย่างละ 1 มิลลิลิตร ต่อน้ำเจือจาง 1 ลิตร

6. วิธีวิเคราะห์

6.1 การเลือกปริมาณตัวอย่างที่จะใช้ ถ้าไม่ทราบค่า บีโอดี โดยประมาณของตัวอย่างน้ำ ต้องหา ซีโอดี ก่อนหรือจะดูจากค่า Rapid ซีโอดี (ซีโอดี อย่างง่าย) พร้อมกับพิจารณาลักษณะของตัวอย่างน้ำ แหล่งเก็บตัวอย่างน้ำร่วมด้วย เพื่อกะประมาณค่าบีโอดีการเลือกตัวอย่างนิยมให้มีปริมาณออกซิเจนเหลืออยู่ อย่างน้อย 1 มิลลิกรัม/ลิตร และควรจะมีการใช้ออกซิเจนอย่างน้อย 2 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อทราบค่าบีโอดี

โดยประมาณควรเลือกปริมาณตัวอย่างที่คาดว่าจะให้ค่า บีโอดีอยู่ในช่วงที่กำหนดแล้วจึงเลือกปริมาณตัวอย่างที่ใช้สูงกว่าและต่ำกว่าที่อยู่ติดกันตามตาราง

6.2 เมื่อเลือกปริมาณตัวอย่างได้แล้ว ปิเปิดตัวอย่างตามจำนวนที่เลือกไว้ลงในขวด บีโอดีขนาด 300 มิลลิลิตร อย่างละ 2 ขวด เติมน้ำเจือจางจนเต็มขวด บีโอดี โดยระวังอย่างให้เกิดฟองอากาศ ปิดฝาให้แน่น นำขวด บีโอดีขวดหนึ่งของแต่ละปริมาตรที่เลือกมาหาค่าออกซิเจนละลายที่มีเริ่มต้น สมมุติให้เป็น DO_0 ส่วนอีกขวดให้นำเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ $20^{\circ}C$ เป็นเวลา 5 วัน

6.3 เมื่อครบ 5 วันให้นำขวด บีโอดีที่บ่มไว้มาหาค่าออกซิเจนละลายที่เหลืออยู่ สมมุติเป็น DO_5

การคำนวณ

$$\text{บีโอดี, มิลลิกรัม/ลิตร} = \frac{(DO_0 - DO_5) \times 100}{\text{เปอร์เซ็นต์เจือจาง}}$$

การวิเคราะห์ซีไอดีโดยวิธีฟลักซ์ปิดแบบไตเตรชัน

1. หลักการ

ภายใต้สภาวะการรีฟลักซ์ในสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้นที่อุณหภูมิสูง สารอินทรีย์ในน้ำจะถูกออกซิไดส์โดยสารละลายโปแตสเซียมไดโครเมตที่ทราบความเข้มข้นและมีปริมาตรเกินพอที่ทราบจำนวน หลังจากรีฟลักซ์ วัดปริมาณโปแตสเซียมไดโครเมตที่เหลือโดยนำไปไตเตรตกับเฟรตแอมโมเนียมซัลเฟต และใช้เฟอร์โรนเป็นอินดิเคเตอร์ ทำให้ทราบปริมาณของโปแตสเซียมไดโครเมตที่ใช้ในการออกซิไดส์สารอินทรีย์ได้

2. การเก็บและรักษาตัวอย่าง

ควรเก็บตัวอย่างน้ำใส่ขวดแก้วและนำมาวิเคราะห์ทันที แต่ถ้าไม่สามารถทำได้ควรแช่เย็นไว้ก่อนหากไม่สามารถวิเคราะห์ภายใน 1 วัน ให้เติมกรดซัลฟูริกจนตัวอย่างน้ำมี ความเป็นกรด-ด่าง น้อยกว่า 2

3. เครื่องมือและอุปกรณ์

- 3.1 หลอดย่อย (Digestion Vessels) เป็นหลอดแก้วบอโรซิลิเกต (Borosilicate) ซึ่งใช้เลี้ยงเชื้อขนาด 25X150 มิลลิเมตร มีฝาเกลียวซึ่งทำด้วย TFE
- 3.2 เตาอบ ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ประมาณ $150 \pm 2^{\circ}\text{C}$
- 3.3 บิวเรต
- 3.4 ขวดรูปกรวย

4. สารเคมี

- 4.1 สารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมต เข้มข้น 0.1 นอร์มัล
- 4.2 กรดซัลฟูริกและซิลเวอร์ซัลเฟต
- 4.3 สารละลายมาตรฐานเฟรตแอมโมเนียมซัลเฟต 0.05 นอร์มัล
- 4.4 สารละลายเฟอร์โรนอินดิเคเตอร์

วิธีการตรวจสอบความเข้มข้นของสารละลาย FAS

ปิเปตสารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมต 0.1 นอร์มัล 5.0 มิลลิลิตร ใส่ขวดรูปกรวย เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร แล้วจึงค่อยๆ เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 15 มิลลิลิตร ทิ้งให้เย็น เติมเฟอร์โรอิน 2-3 หยด ไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐาน FAS จนได้สีน้ำตาลเป็นจุดยุติ

5. วิธีวิเคราะห์

ต้องล้างหลอดแก้วและฝาปิดด้วยสารละลายกรดกำมะถัน 20% เสมอทุกครั้งก่อนใช้งาน

5.1 การเลือกขนาดหลอดแก้วสำหรับคัมซีโอดีให้เหมาะสม

ในกรณีนี้มีค่าซีโอดีค่อนข้างสูงจะเลือกใช้หลอดแก้วขนาด 20X150 มิลลิเมตร (ปริมาตรน้ำตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร) และอาจเจอจากตัวอย่างได้อีกถ้าตัวอย่างมีค่าซีโอดีที่สูงมาก

5.2 การเลือกปริมาตรน้ำตัวอย่าง

ถ้าตัวอย่างมีค่า ซีโอดีสูงมากจะต้องเจือจางน้ำตัวอย่างก่อนนำมาใช้ ควรประมาณค่า ซีโอดีของน้ำตัวอย่างอย่างคร่าวๆ ก่อนเพื่อนที่จะได้เลือกใช้ปริมาณตัวอย่างที่เหมาะสม การประมาณค่า ซีโอดีสามารถทำได้จากการพิจารณาลักษณะตัวอย่างน้ำ แหล่งที่มาของน้ำ และจากค่า Rapid ซีโอดี

5.3 ใส่น้ำตัวอย่าง

5.3.1 ใส่น้ำตัวอย่างที่เจือจางแล้ว 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดแก้วขนาดที่เหมาะสม เติมน้ำย่าย่อยสลาย หรือโปแตสเซียมไดโครเมต 3 มิลลิลิตร ตามด้วยกรดกำมะถัน 7 มิลลิลิตร อย่างช้าๆ ปิดฝาให้แน่น เขย่าให้ผสมกันอย่างดี สำหรับแบบลงค้ำใช้น้ำกลั่นแล้วทำเหมือนกับตัวอย่างทุกอย่าง

5.3.2 วางหลอดแก้วในบล็อคแล้วใส่ตู้อบที่ตั้งอุณหภูมิไว้ $150 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อครบ 2 ชั่วโมงแล้วนำออกจากตู้อบ ปล่อยให้เย็น

5.4 การทำไตเตรชัน

เทสารละลายออกจากหลอดแก้วลงในขวดรูปกรวย ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างสารละลายในหลอดแก้วให้หมด แล้วเทลงขวดรูปกรวย เติมเฟอร์โรอินอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด แล้วไตเตรทด้วยสารละลาย FAS สีของสารละลายจะค่อยๆ เปลี่ยนจาก เหลือง --> เขียวอมฟ้า --> ฟ้า --> น้ำตาลแดง ซึ่งแสดงว่าถึงจุดยุติ จุดปริมาณ FAS ที่ใช้ไตเตรต

การคำนวณ

ซีไอดี, มิลลิกรัม/ลิตร = $(A - B) \times N \times 8,000$

ปริมาตรน้ำตัวอย่าง, มล

เมื่อ : A = มิลลิกรัมของ FAS ที่ใช้ไตเตรทแบบลงค์

B = มิลลิกรัมของ FAS ที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่างน้ำ

N = นอร์มัลลิตี ของ FAS

การวิเคราะห์ไขมันและน้ำมันโดยวิธีสกัดด้วยกรวยแยก (Partition Gravimetric Method)

1. หลักการ

ปรับ ความเป็นกรด-ด่าง ของตัวอย่างให้เป็นกรดโดยให้ ความเป็นกรด-ด่าง น้อยกว่า 2 สกัดน้ำมัน และไขมันด้วยตัวทำละลายในกรวยแยก จากนั้นระเหยตัวทำละลายออกจนแห้ง ทิ้งให้เย็นในโลทำแห้ง ชั่งน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากน้ำหนักของไขมันและน้ำมัน ตัวทำละลายที่ใช้จะเป็นเฮกเซน หรือ ฟริออน

2. การเก็บและรักษาตัวอย่างน้ำ

ตัวอย่างน้ำที่จะนำมาวิเคราะห์ควรเก็บใส่ในขวดแก้วปากกว้างที่ล้างด้วยเฮกเซนแล้ว เพื่อกำจัดคราบของผงซักฟอกออก ควรเก็บให้ได้ปริมาณที่พอดีสำหรับวิเคราะห์ไขมันและน้ำมัน ไม่ควรเก็บมามากแล้วแบ่งมาวิเคราะห์ ถ้าเก็บตัวอย่างแล้วยังไม่ได้วิเคราะห์ทันที ต้องเก็บรักษาไว้ด้วยกรดกำมะถันเข้มข้นในอัตรา 2 มิลลิลิตร ต่อตัวอย่างน้ำ 1 ลิตร แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 4°C

3. เครื่องมือ

- 3.1 กรวยแยก (Separatory Funnel) ขนาด 500 มิลลิลิตร ซึ่งล้างด้วยเฮกเซนแล้ว
- 3.2 ถ้วยระเหย
- 3.3 เครื่องอ่างไอน้ำ (Water Bath)
- 3.4 กระดาษกรองขนาด 11 เซนติเมตร เบอร์ 40
- 3.5 กรวยกรอง
- 3.6 บีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร และ 100 มิลลิลิตร ซึ่งล้างด้วยเฮกเซนแล้ว
- 3.7 เครื่องชั่งละเอียด

4. สารเคมี

- 4.1 กรดกำมะถันเข้มข้น
- 4.2 เฮกเซน
- 4.3 โซเดียมซัลเฟต ปราศจากน้ำ

4. วิธีวิเคราะห์

- 4.1 เทตัวอย่างน้ำที่รู้ปริมาตรจำนวนหนึ่ง 500 มิลลิลิตร หรือน้อยกว่าใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร เติมกรดกำมะถันเข้มข้นจน ความเป็นกรด-ด่าง น้อยกว่า 2
- 4.2 เทตัวอย่างน้ำจากบีกเกอร์ใส่กรวยแยก เติมเฮกเซน 10-15 มิลลิลิตร เขย่าอย่างแรง 2 นาที ตั้งทิ้งไว้ สารผสมจะแยกชั้น ชั้นเฮกเซนจะอยู่ส่วนบน ส่วนตัวอย่างน้ำจะอยู่ด้านล่าง
- 4.3 ถ่ายชั้นน้ำลงในบีกเกอร์เดิม เพื่อนำมาสกัดอีกที
- 4.4 ถ่ายชั้นเฮกเซนซึ่งมีไขมันและน้ำมันละลายอยู่ ผ่านกรวยกรองที่มีโซเดียมซัลเฟตบนกระดาษกรองลงในถ้วยระเหยซึ่งได้ทำให้แห้งและมีน้ำหนักคงที่และได้ชั่งน้ำหนักไว้แล้ว
- 4.5 ทำการสกัดซ้ำ ด้วยวิธีเดียวกันหลายๆครั้ง จนกระทั่งไขมันและน้ำมันถูกสกัดออกมาจากน้ำตัวอย่างจนหมด
- 4.6 นำถ้วยระเหยซึ่งมีไขมันและน้ำมันละลายอยู่ ไประเหยเอาเฮกเซนออกบนเครื่องอังไอน้ำที่อุณหภูมิ 70°C จนปราศจากความชื้น แล้วปล่อยให้เย็นในโถทำแห้งประมาณ 30 นาที แล้วชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\text{น้ำมันและไขมัน, มิลลิกรัม/ลิตร} = \frac{(A - B) \times 1,000}{\text{ปริมาตรน้ำตัวอย่าง, มล}}$$

เมื่อ : A = น้ำหนักของถ้วยระเหยหลังการทดลอง , กรัม

B = น้ำหนักของถ้วยระเหยก่อนการทดลอง , กรัม

การวิเคราะห์ Total Kjeldahl Nitrogen หรือ ทีเคเอ็น

1. หลักการ

สารอินทรีย์ไนโตรเจนจะถูกย่อยสลายเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียโดยการออกซิไดส์ของกรดกำมะถัน ทำให้ไนโตรเจนหลุดออกมาในรูปแอมโมเนียดังกล่าว ส่วนคาร์บอนและไฮโดรเจนจะถูกออกซิไดส์เป็น CO_2 และ H_2O แล้วนำไปกลั่นเพื่อเก็บอออนแอมโมเนียในกรดบอริก จากนั้นจึงนำกรดบอริกไปหาปริมาณแอมโมเนียโดยวิธี Nesslerization หรือไตเตรตด้วยสารละลายกรดแก่มาตรฐาน ทำให้ทราบปริมาณทีเคเอ็นที่มีอยู่ในตัวอย่างน้ำ

2. การเก็บและรักษาตัวอย่างน้ำ

เมื่อเก็บตัวอย่างน้ำแล้วควรนำมาวิเคราะห์ทันที ถ้ายังไม่วิเคราะห์ให้เก็บรักษาตัวอย่างโดยเติมกรดกำมะถันเข้มข้น 0.8 มิลลิลิตร ต่อตัวอย่างน้ำ 1 ลิตร แล้วนำไปแช่เย็น

3. สารเคมี

1. น้ำยาสำหรับย่อยสลาย (Digestion Reagent)
2. สารละลาย Mixed Indicator
3. กรดบอริก

4. วิธีการวิเคราะห์

1. นำตัวอย่างมา 25 มิลลิลิตร หรือเจือจางกับน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่เติม Digestion Solution ลงไป 50 มิลลิลิตร
2. ใส่ Boiling Bead ลงไป 2-3 เม็ด จากนั้นนำไปต้มบนเตา จะเกิดควันสีขาว ต้มจนกว่าควันจะหมดไป
3. ยกขวดรูปชมพู่ลงจากเตา ทิ้งให้เย็นจากนั้นเติมน้ำกลั่นลงไป 50 มิลลิลิตร
4. นำไปเข้าเครื่องกลั่นทีเคเอ็น

การวิเคราะห์แอมโมเนีย โดยวิธีเนสเลอร์เซชัน

1. หลักการ

การทำโดยตรงจะต้อง Pre-treatment ด้วย $ZnSO_4$ และด่าง เพื่อให้ แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก และ ซัลไฟด์ ตกตะกอนก่อน จะได้ไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลายเนสเลอร์เกิดความขุ่นขึ้น ในระหว่างขั้นตอนทำให้เกิดสี แอมโมเนียในโตรเจนจะทำปฏิกิริยากับน้ำยานสเลอร์ได้สีเหลืองจนถึงน้ำตาล ความเข้มข้นของสีเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับปริมาณแอมโมเนีย และการเติม EDTA ในขั้นตอนนี้เพื่อยับยั้งการตกตะกอนของแคลเซียมและแมกนีเซียมที่หลุดจากการทำ Pretreatment เมื่อเติมน้ำยานสเลอร์ วิธีนี้เหมาะสำหรับใช้หาแอมโมเนีย น้ำธรรมชาติ หรือตัวอย่างที่มีแอมโมเนียค่อนข้างต่ำ

2. เครื่องมือและอุปกรณ์

- 2.1 สเปกโตรโฟโตมิเตอร์
- 2.2 เครื่องวัด ความเป็นกรด-ด่าง
- 2.3 หลอดเนสเลอร์ขนาด 100 และ 50 มิลลิลิตร

3. สารเคมี

- 3.1 สารละลายซิงค์ซัลเฟต (Zinc Sulfate Solution)
- 3.2 สารละลาย EDTA
- 3.3 น้ำยานสเลอร์ (Nessler Reagent)
- 3.4 สารละลายสต็อกแอมโมเนีย (Stock Ammonia Solution)
- 3.5 สารละลายมาตรฐานแอมโมเนีย

4. วิธีวิเคราะห์

4.1 การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ไม่ผ่านการกลั่น ถ้าตัวอย่างมีคลอรีนให้กำจัดออกก่อน ตวงตัวอย่างน้ำ 100 มิลลิลิตร ใส่หลอดเนสเลอร์ เติมสารละลายซิงค์ซัลเฟต 1 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6

นอร์มัล 0.5 มิลลิลิตร เพื่อปรับ ความเป็นกรด-ด่าง ให้ได้ 10.5 คนให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 2-3 นาทีเพื่อให้ ตะกอนตกลงมาได้น้ำใสและไม่มีสีอยู่ด้านบน แยกน้ำใสออกมาโดยใช้เครื่องเหวี่ยง

4.2 การทำให้เกิดสี

ตวงตัวอย่างน้ำที่ผ่านการเตรียมแล้ว 50 มิลลิลิตร หรือน้อยกว่า แล้วเติมน้ำกลั่นให้เป็น 50 มิลลิลิตร ใส่หลอดเนสเลอร์ ถ้าส่วนที่ไม่ได้กลั่นมีแคลเซียม แมกนีเซียม หรืออิออนตัวอื่นที่ทำให้เกิดความขุ่น กับน้ำยาเนสเลอร์ในปริมาณมาก ให้เติมน้ำยา EDTA 1-2 หยด เติมน้ำยาเนสเลอร์ 2.0 มิลลิลิตร ผสม ให้เข้ากันโดยใช้จุกยางปิดหลอดเนสเลอร์ เขย่าหลอดกลับไปมา 5-6 ครั้ง ตั้งทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยา 15 นาที แบลงค์ใช้น้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร แล้วทำเช่นเดียวกับตัวอย่างในขั้นทำให้เกิดสี เมื่อครบเวลา นำไปวัด Absorbance ที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร อ่านค่าจากกราฟมาตรฐาน

4.3 การเตรียมกราฟมาตรฐาน

เตรียมอนุกรมสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียในโตรเจน ให้มีความเข้มข้น 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 ไมโครกรัม โดยเปิดสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมา 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 มิลลิลิตร ใส่ใน หลอดเนสเลอร์ เติมน้ำกลั่นให้ครบ 50 มิลลิลิตร แล้วทำให้เกิดสีเช่นเดียวกับตัวอย่าง เขียนกราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นเป็นไมโครกรัมกับ Absorbance โดยใช้กราฟธรรมดา

การคำนวณ

$$\text{แอม โมเนีย, มิลลิกรัม/ลิตร (ในรูป N)} = \frac{\text{ไมโครกรัมแอม โมเนียที่อ่านจากกราฟ}}{\text{ปริมาตรตัวอย่าง}}$$

ภาคผนวก ข
ข้อมูลดิบของการทดลอง

ตารางที่ ข.1 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 7.56 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)						Effluent (mg/l)						
	BOD ₅	COD	TKN	O&G	pH	DO	BOD ₅	COD	TKN	O&G	SS	pH	DO
1	1094.53	1186.80	37.80	190	7.45	6.2	44.78	79.60	9.8	20	5	7.3	3.9
2		1290.00						58.87					
3	1094.53	1341.60			7.43	5.2	45.77	49.75			5	7.21	3.4
4		1290.00	42.00	220				47.76	11.9	25			
5	1094.53	1326.08			7.37	5.2	29.85	50.08			10	7.31	3
6		1326.08						29.85					
7	1074.63	1381.21	39.2	220	7.27	5.6	31.84	63.02	8.4	25	5	7.22	2.5
8		1326.08						49.75					
9	1144.28	1326.08			7.31	5.5	59.71	59.40			10	7.25	1.7
10		1377.88	42.00	225				75.51	14.7	30			
11	1044.78	1326.08			7.28	4	49.75	52.49			10	7.13	1.9
12		1316.70						59.40					
13	1114.43	1415.70	44.00	220	7.18	4.4	29.85	52.36	13.3	35	15	7.1	1.3
14		1326.08						79.60					
15	1194.03	1377.88			7.37	4.5	59.70	58.87			15	7.23	0.9
16		1341.60	36.40	190				75.51	14.7	30			

ตารางที่ ข.1 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 7.56 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน) (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)						Effluent (mg/l)						
	BOD ₅	COD	TKN	O&G	pH	DO	BOD ₅	COD	TKN	O&G	SS	pH	DO
17	1194.03	1290.00			7.21	3.8	63.02	79.60			10	7.12	0.8
18		1393.20						63.02					
19	1044.78	1326.08	42.00	225	7.28	5.7	63.02	75.51	15.4	35	15	7.08	0.4
20		1377.88						83.16					
21	1044.78	1341.60			7.22	4.3	64.68	87.02			20	7.1	0.4
22		1316.70	44.00	220				83.16	13.5	40			
23	1074.63	1326.08			7.23	4.8	89.45	87.02			20	7.13	0.5
24		1341.60						93.93					
25	1094.53	1290.00	39.90	230	7.19	4.1	89.45	93.93	17.8	40	30	7.09	0.3
26		1393.20						114.65					
27	1034.83	1393.20			7.3	4.4	79.60	104.98			35	7.14	0.4
28		1326.08	44.80	235				114.65	18.3	45			
29	1074.63	1341.60			7.25	4.7	96.04	130.68			35	7.19	0.4
30		1377.88						130.68					
ค่าเฉลี่ย	1094.53	1337.03	41.21	217.50	7.29	4.83	59.77	76.13	13.78	32.50	16	7.09	1.45
SD.	49.89	44.61	2.81	15.32	0.08	1.42	21.72	25.19	3.15	7.91	10.21	0.15	1.22

ตารางที่ ข.2 ในโตรเจนพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ 7.56 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)					Effluent (mg/l)				
	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN
1	39.0	0	0	1.23	37.80	10.5	0.47	0.08	0.26	9.8
2										
3										
4	43.3	0	0	1.25	42.00	12.5	0.38	0.04	0.24	11.9
5										
6										
7	40.5	0.02	0	1.23	39.2	8.9	0.26	0.01	0.21	8.4
8										
9										
10	43.2	0.01	0	1.19	42.00	15.1	0.23	0.01	0.17	14.7
11										
12										
13	45.2	0	0	1.19	44.00	13.6	0.16	0	0.15	13.3
14										

ตารางที่ ข.2 ในโตรเจนพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ 7.56 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน) (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)					Effluent (mg/l)				
	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN
15										
16	37.7	0	0	1.26	36.40	14.9	0.09	0	0.14	14.7
17										
18										
19	43.2	0	0	1.18	42.00	15.5	0.02	0	0.08	15.4
20										
21										
22	45.3	0.02	0	1.27	44.00	13.6	0	0	0.06	13.5
23										
24										
25	41.2	0	0	1.25	39.90	17.8	0	0	0.04	17.8
26										
27										
28	46.1	0.02	0	1.28	44.80	18.3	0	0	0.02	18.3

ตารางที่ ข.2 ในโตรเจนพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ 7.56 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน) (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent					Effluent				
	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN
29										
30										
ค่าเฉลี่ย	42.5	0	0	1.20	41.21	14.1	0.2	0	0.1	13.78
SD.	2.81	0.01	0	0.04	2.81	2.95	0.17	0.03	0.08	3.15

ตารางที่ ข.3 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 10.03 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)						Effluent (mg/l)						
	BOD ₅	COD	TKN	O&G	pH	DO	BOD ₅	COD	TKN	O&G	SS	pH	DO
1	1094.53	1366.20	39.20	235	7.22	4.4	116.92	182.16	12.60	50	35	7.2	3.2
2		1267.20						281.16					
3	1034.83	1280.70			7.34	5.9	116.92	228.36			20	7.25	2.9
4		1432.20	39.20	220				254.76	17.50	55			
5	1114.28	1366.20			7.26	5.5	164.08	226.16			20	7.09	2.7
6		1316.70						215.16					
7	1114.28	1267.20	44.80	210	7.16	5	184.08	274.56	15.30	60	20	7.03	2.8
8		1366.20						320.76					
9	1044.78	1366.20			7.25	4.8	164.18	234.96			25	7.19	1.8
10		1316.70	44.80	200				261.36	14.70	65			
11	1044.78	1280.70			7.35	4.5	154.23	248.16			25	7.13	2.2
12		1415.70						234.96					
13	1044.78	1333.20	37.90	195	7.16	4.5	184.08	263.56	15.30	45	45	7.15	1.5
14		1316.70						228.36					
15	1044.78	1333.20			7.37	4.7	179.10	215.16			75	7.26	1
16		1267.20	42.00	185				261.3	17.50	55			
17	1094.53	1326.08			7.11	4.3	184.80	274.56			65	7.12	0.7
18		1366.2						261.36					

ตารางที่ ข.3 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 10.03 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน) (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)						Effluent (mg/l)						
	BOD ₅	COD	TKN	O&G	pH	DO	BOD ₅	COD	TKN	O&G	SS	pH	DO
19	1144.28	1290.00	42.00	190	7.15	5.8	179.10	281.16	20.30	50	70	7.01	0.6
20		1415.70						287.76					
21	1044.78	1393.20			7.24	5.1	181.95	291.06			75	7.03	0.5
22		1316.70	39.90	195				294.36	20.30	60			
23	1194.03	1267.20			7.12	5.2	238.80	291.06			90	6.9	0.2
ค่าเฉลี่ยช่วงที่ 1	1084.56	1333.36	41.23	203.75	7.23	4.98	170.69	257.06	16.69	55.00	47.08	7.11	1.71
SD	50.36	51.52	2.61	16.85	0.09	1.08	32.48	32.59	2.72	6.55	26.24	0.11	1.62
24		1393.20						294.36					
25	1044.78	1316.70	44.80	190	7.14	4.9	256.22	320.76	22.40	65	90	6.94	0.4
26		1217.70						320.76					
27	1144.28	1267.20			7	4.9	256.22	340.56			85	6.87	0.2
28		1341.60	37.80	185				386.76	22.40	65			
29	1194.03	1290.00			7.2	4.1	273.63	393.36			95	6.89	0.2
30		1326.08						386.76					
ค่าเฉลี่ยช่วงที่ 2	1227.70	1307.50	41.30	187.50	7.23	4.63	76.72	349.05	22.40	65.00	90	6.90	0.27
SD.	75.99	56.17	4.95	3.54	0.21	0.46	10.05	39.73	0.00	0.00	5.00	0.07	0.46

ตารางที่ ข.4 ไนโตรเจน พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 10.03 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)					Effluent (mg/l)				
	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN
1	40.5	0	0	1.29	39.20	13.7	0.82	0.13	0.31	12.60
2										
3										
4	40.5	0.01	0.02	1.27	39.20	18.4	0.65	0.08	0.27	17.50
5										
6										
7	46.1	0	0.01	1.27	44.80	16.1	0.54	0.04	0.27	15.30
8										
9										
10	46.1	0.04	0	1.22	44.80	15.4	0.41	0.02	0.25	14.70
11										
12										
13	39.1	0	0	1.21	37.90	15.9	0.37	0.01	0.22	15.30
14										

ตารางที่ ข.4 ไนโตรเจน พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 10.03 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน) (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)					Effluent (mg/l)				
	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN
15										
16	43.2	0	0	1.23	42.00	18	0.32	0.01	0.21	17.50
18										
19	43.3	0.02	0	1.25	42.00	20.7	0.26	0	0.18	20.30
20										
21										
22	41.2	0.02	0	1.23	39.90	20.6	0.18	0	0.16	20.30
23										
ค่าเฉลี่ยช่วงที่ 1	42.5	0.01	0.00	1.25	41.23	17.35	0.44	0.04	0.23	22.40
SD	2.63	0.01	0.01	0.03	2.61	2.51	0.21	0.05	0.05	16.69
24										2.72
25	46	0	0.01	1.23	44.80	22.6	0.09	0	0.08	22.40
26										

ตารางที่ ข.4 ไนโตรเจน พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 10.03 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน) (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)					Effluent (mg/l)				
	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN
27										
28	39.1	0	0	1.27	37.80	22.5	0.07	0	0.03	22.40
29										
30										
ค่าเฉลี่ยช่วงที่ 2	42.55	0.00	0.01	1.25	41.30	22.55	0.08	0.00	0.06	22.40
SD										

ตารางที่ ข.5 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)						Effluent (mg/l)						
	BOD ₅	COD	TKN	O&G	pH	DO	BOD ₅	COD	TKN	O&G	SS	pH	DO
1	1194.03	1289.08	42.00	190	7.24	3.2	315.09	465.96	21.50	65	55	7.17	2.7
2		1289.08						492.36					
3	1194.03	1289.08			7.33	3.9	328.36	495.76			65	7.23	2.4
4		1240.98	40.60	195				485.76	19.06	60			
5	1218.91	1240.98			7.25	3.6	412.94	485.76			60	7.25	2.2
6		1289.08						536.36					
7	1114.43	1337.18	44.80	185	7.37	3.7	363.18	525.16	21.00	65	65	7.19	2.4
8		1240.98						495.76					
9	1144.28	1385.28			7.29	3.3	373.13	485.76			75	7.23	2.3
10		1337.18	44.80	185				536.36	25.20	70			
11	1194.75	1337.18			7.49	3.8	402.99	525.16			80	7.27	1.7
12		1358.28						536.36					
13	1144.28	1333.20	40.60	225	7.28	3.1	421.67	538.56	24.40	75	80	7.16	1.5
14		1385.28						545.16					
15	1194.03	1337.18			7.27	3.3	462.69	584.90			95	7.14	1.2
16		1289.08	41.20	210				584.90	24.40	75			
17	1114.43	1326.08			7.25	2.6	462.69	589.08			90	7.16	1.3

ตารางที่ ข.5 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน) (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)						Effluent (mg/l)						
	BOD ₅	COD	TKN	O&G	pH	DO	BOD ₅	COD	TKN	O&G	SS	pH	DO
ค่าเฉลี่ยช่วงที่ 1	1168.13	1313.66	42.33	198.33	7.31	3.39	393.64	524.07	22.68	68.33	73.89	7.20	1.97
SD	39.06	48.09	1.98	16.02	0.08	0.41	53.11	38.02	2.28	6.06	13.64	0.05	0.51
18		1240.98						589.08					
19	1034.83	1415.70	40.60	210	7.27	3.9	537.00	625.33	25.30	80	95	7.15	0.7
20		1289.08						629.17					
21	1034.83	1316.70			7.15	3.3	567.16	625.33			105	7.03	0.5
22		1393.20	42.00	225				633.00	27.30	80			
23	1094.53	1267.20			7.05	3.4	567.16	652.24			100	6.89	0.3
24		1290.00						671.48					
25	1094.53	1341.60	39.90	230	7.19	2.9	606.96	652.24	28.10	90	105	6.86	0.4
26		1366.20						690.72					
27	1074.63	1366.20			7.22	3	606.96	709.96			115	6.94	0.2
28		1217.70	44.00	220				719.58	28.10	95			
29	1144.28	1415.70			7.11	3.3	616.92	719.58			120	6.93	0.1
30		1231.30						709.96					
ค่าเฉลี่ยช่วงที่ 2	1079.61	1319.35	41.63	221.25	7.17	3.30	583.69	663.67	27.20	86.25	106.67	6.97	0.37
SD	41.62	69.30	1.81	8.54	0.08	0.35	31.35	43.04	1.32	7.50	9.31	0.11	0.44

ตารางที่ ข.6 ไนโตรเจน พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)					Effluent (mg/l)				
	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN
1	43.3	0.01	0	1.29	42.00	22.7	0.87	0.19	0.34	21.50
2										
3										
4	41.9	0	0	1.27	40.60	20.7	0.78	0.08	0.31	19.06
5										
6										
7	46	0	0.03	1.22	44.80	22	0.73	0.04	0.26	21.00
8										
9										
10	46	0	0	1.21	44.80	26.1	0.65	0.04	0.26	25.20
11										
12										
13	41.8	0	0	1.17	40.60	25.1	0.46	0.02	0.23	24.40
14										

ตารางที่ ข.6 ไนโตรเจน พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การบำบัดทุกสารอินทรีย์ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน) (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)					Effluent (mg/l)				
	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN
15										
16	42.4	0	0	1.17	41.20	25	0.42	0.02	0.21	24.40
17										
ค่าเฉลี่ยช่วงที่ 1	43.57	0.01	0.01	1.22	42.33	23.60	0.65	0.07	0.27	22.68
SD	1.96	0.01	0.01	0.05	1.98	2.11	0.18	0.07	0.05	2.28
18										
19	41.8	0	0.02	1.16	40.60	25.8	0.35	0	0.17	25.30
20										
21										
22	43.2	0	0	1.23	42.00	27.7	0.27	0	0.16	27.30
23										
24										
25	41.2	0.02	0	1.23	39.90	28.5	0.22	0	0.13	28.10
26										

ตารางที่ ข.6 ไนโตรเจน พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน) (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)					Effluent (mg/l)				
	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN
27										
28	45.2	0.03	0.01	1.21	44.00	28.3	0.12	0	0.07	28.10
29										
30										
ค่าเฉลี่ยช่วงที่ 1	42.85	0.01	0.01	1.21	41.63	27.58	0.24	0.00	0.13	27.20
SD	1.78	0.02	0.01	0.03	1.81	1.23	0.10	0	0.05	1.32

ตารางที่ ข.7 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 9.66 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)						Effluent (mg/l)						
	BOD ₅	COD	TKN	O&G	pH	DO	BOD ₅	COD	TKN	O&G	SS	pH	DO
1	1452.05	1674.64	42.00	395	7.42	3.6	268.66	395.61	14.70	80	15	7.38	2.8
2		1771.44						472.38					
3	1424.09	1629.92			7.32	3.5	278.61	421.63			15	7.37	2.5
4		1771.44	42.00	400				524.01	13.50	85			
5	1480.01	1674.64			7.49	3.5	278.61	498.20			20	7.3	2.7
6		1650.44						485.29					
7	1368.16	1698.84	42.00	400	7.41	3.3	261.20	485.29	15.00	85	15	7.35	1.9
8		1698.84						511.12					
9	1368.16	1650.44			7.41	3.1	263.28	511.12			40	7.29	2.2
10		1650.44	44.80	380				485.29	18.90	80			
11	1424.89	1626.24			7.45	2.7	278.61	472.38			70	7.31	1.7
12		1626.24						459.48					
13	1424.09	1626.24	44.80	385	7.32	3.4	303.49	498.20	18.90	95	70	7.23	1.3
14		1674.64						498.20					
15	1452.05	1727.52			7.35	3.6	328.36	493.90			85	7.24	0.8
16		1656.20	39.20	380				498.20	19.60	100			
17	1480.01	1652.23			7.29	2.6	328.41	493.90			85	7.22	0.5
18		1771.44						524.01					

ตารางที่ ข.7 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 9.66 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน) (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)						Effluent (mg/l)						
	BOD ₅	COD	TKN	O&G	pH	DO	BOD ₅	COD	TKN	O&G	SS	pH	DO
19	1432.84	1650.44	39.20	400	7.29	3	323.38	536.92	20.40	115	95	7.19	0.6
20		1626.24						541.22					
21	1511.15	1724.40			7.31	2.7	398.01	536.92			110	7.08	0.4
22		1626.24	37.80	385				555.64	21.20	125			
23	1442.79	1616.13			7.32	3.1	398.01	593.96			120	6.97	0.2
ค่าเฉลี่ยช่วงที่ 1	1438.36	1672.84	41.48	390.63	7.37	3.18	309.09	499.69	17.78	95.63	56.36	7.24	1.47
SD.	42.25	49.91	2.59	9.04	0.07	0.36	48.21	41.94	2.93	16.78	36.20	0.12	0.49
24		1538.72						601.45					
25	1368.16	1683.36	44.00	410	7.28	3.9	417.91	632.28	22.60	135	120	6.76	0.3
26		1538.72						627.26					
27	1368.16	1626.24			7.22	3.5	437.81	622.96			125	6.89	0.1
28		1652.23	44.00	415				665.98	23.10	155			
29	1424.09	1626.24			7.36	3.8	477.61	670.60			125	6.81	0.2
30		1616.13						670.60					
ค่าเฉลี่ยช่วงที่ 2	1386.80	1611.66	44.00	412.50	7.29	3.73	444.44	641.59	22.85	145.00	122.50	6.82	0.20
SD	32.29	54.58	0.00	3.54	0.07	0.21	30.40	27.47	0.35	14.14	2.89	0.07	0.47

ตารางที่ ข.8 ในโตรเจนพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ 9.66 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)					Effluent (mg/l)				
	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN
1	43.2	0	0	1.15	42.00	15.7	0.72	0.15	0.29	14.70
2										
3										
4	43.2	0	0	1.18	42.00	14.4	0.58	0.03	0.28	13.50
5										
6										
7	43.2	0.02	0.02	1.17	42.00	15.8	0.53	0.01	0.26	15.00
8										
9										
10	46	0.01	0	1.21	44.80	19.4	0.29	0.02	0.21	18.90
11										
12										
13	46	0.02	0	1.22	44.80	19.4	0.24	0	0.21	18.90
14										

ตารางที่ ข.8 ในโตรเจนพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ 9.66 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน) (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)					Effluent (mg/l)				
	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN
15										
16	40.4	0	0	1.24	39.20	20	0.25	0	0.18	19.60
17										
18										
19	40.5	0	0.01	1.27	39.20	20.8	0.23	0.02	0.15	20.40
20										
21										
22	39.2	0	0	1.35	37.80	21.5	0.19	0	0.13	21.20
23										
ค่าเฉลี่ยช่วงที่ 1	42.71	0.01	0.00	1.22	41.48	18.38	0.38	0.03	0.21	17.78
SD	2.53	0.01	0.01	0.06	2.59	7.86	0.20	0.05	0.06	2.93
24										
25	45.2	0	0	1.22	44.00	22.7	0.02	0	0.09	22.60
26										

ตารางที่ ข.8 ไนโตรเจนพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ 9.66 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน) (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)					Effluent (mg/l)				
	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN
27										
28	45.4	0.02	0	1.34	44.00	23.2	0	0	0.05	23.10
29										
30										
ค่าเฉลี่ยช่วงที่ 2	45.3	0.01	0.00	1.28	44.00	22.95	0.01	0.00	0.07	22.85
SD	0.14	0.01	0.00	0.08	0.00	0.35	0.01	0.00	0.03	0.35

ตารางที่ ข.9 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 12.81 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)						Effluent (mg/l)						
	BOD ₅	COD	TKN	O&G	pH	DO	BOD ₅	COD	TKN	O&G	SS	pH	DO
1	1373.13	1580.70	40.60	390	7.38	3	383.31	632.28	19.60	110	25	7.22	2.3
2		1580.70						632.28					
3	1432.84	1616.13			7.37	3.4	437.81	670.60			30	7.35	2.1
4		1538.72	42.00	380				646.65	19.60	110			
5	1442.79	1597.25			7.34	3.3	424.54	651.44			30	7.38	2.3
6		1616.13						651.44					
7	1432.84	1677.71	37.80	440	7.39	3	411.28	641.86	22.40	120	40	7.30	1.7
8		1724.40						670.60					
9	1373.13	1626.24			7.27	3.7	411.28	641.86			50	7.11	1.9
10		1626.24	39.20	395				661.02	17.50	125			
11	1442.84	1580.70			7.27	3.7	447.66	661.02			80	7.09	1.4
12		1677.71						651.44					
13	1442.79	1652.23	44.80	415	7.25	3.6	467.66	613.12	18.90	125	115	7	0.9
14		1652.23						613.12					
15	1343.28	1677.71			7.29	3.6	487.56	632.28			100	7.15	0.7
16		1677.71	44.00	410				670.60	22.60	155	100		
17	1368.16	1783.56			7.29	3	487.56	708.92				7.12	0.5

ตารางที่ ข.9 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 12.81 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน) (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)						Effluent (mg/l)						
	BOD ₅	COD	TKN	O&G	pH	DO	BOD ₅	COD	TKN	O&G	SS	pH	DO
18		1580.70						708.92			110		
19	1511.15	1580.70	42.00	420	7.18	3	477.61	708.92	27.30	145		7.17	0.2
20		1538.72						728.08			120		
21	1542.29	1683.36			7.17	3.4	507.46	715.31				7.07	0.1
ค่าเฉลี่ยช่วงที่ 1	1427.75	1631.88	41.49	407.14	7.29	3.34	449.43	662.46	21.13	127.14	63.33	7.18	1.28
SD	61.20	61.51	2.50	20.38	0.07	0.29	39.30	33.79	3.28	17.04	35.44	0.12	0.29
22		1597.25	40.60	395				737.66	27.30	180			
23	1480.01	1677.71			7.14	3.3	552.24	748.84			125	6.96	0.3
24		1652.23						760.01					
25	1424.09	1652.23	44.00	385	7.22	3.3	597.01	728.08	29.40	190	130	6.93	0.4
26		1652.23						744.05					
27	1480.01	1616.13			7.09	3.5	616.92	760.01			130	6.87	0.3
28		1677.71	42.00	390				811.11	29.40	200			
29	1424.09	1616.13			7.21	2.3	606.97	862.20			135	6.79	0.1
30		1538.72						862.20					
ค่าเฉลี่ยช่วงที่ 2	1452.05	1631.15	42.20	390	7.17	3.10	593.29	779.35	28.70	190	130	6.89	0.28
SD	32.29	44.46	1.71	5.00	0.06	0.54	28.55	52.47	1.21	10.00	4.08	0.07	0.46

ตารางที่ ข.10 ในโตรเจนพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง(การะบรทุกสารอินทรีย์ 12.81 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)					Effluent (mg/l)				
	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN
1	41.8	0	0.01	1.22	40.60	21.1	1.15	0.22	0.35	19.60
2										
3										
4	43.2	0	0.02	1.23	42.00	20.9	0.94	0.11	0.32	19.60
5										
6										
7	39.1	0	0	1.27	37.80	23.4	0.76	0.05	0.27	22.40
8										
9										
10	40.5	0.03	0	1.27	39.20	18.4	0.62	0.03	0.24	17.50
11										
12										
13	46	0	0.01	1.19	44.80	19.6	0.46	0.01	0.22	18.90
14										

ตารางที่ ข.10 ไนโตรเจนพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง(การะบรทุกสารอินทรีย์ 12.81 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน) (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)					Effluent (mg/l)				
	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN
15										
16	45.2	0	0	1.17	44.00	23.2	0.43	0.01	0.21	22.60
17										
18										
19	43.3	0.02	0	1.23	42.00	27.9	0.35	0	0.21	27.30
20										
21										
ค่าเฉลี่ยช่วงที่ 1	42.73	0.01	0.01	1.23	41.49	22.07	0.67	0.06	0.26	21.13
SD	2.46	0.01	0.01	0.04	2.50	3.13	0.29	0.08	0.06	3.28
22	41.8	0	0	1.21	40.60	27.7	0.22	0	0.16	27.30
23										
24										
25	45.2	0	0	1.23	44.00	29.7	0.18	0	0.13	29.40
26										

ตารางที่ ข.10 ไนโตรเจนพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง(การบรรทุกสารอินทรีย์ 12.81 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน) (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)					Effluent (mg/l)				
	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN
27										
28	43.3	0	0	1.26	42.00	29.5	0.04	0	0.08	29.40
29										
30										
ค่าเฉลี่ยช่วงที่ 2	43.43	0.00	0.00	1.23	42.20	28.97	0.15	0.00	0.12	28.70
SD	1.70	0.00	0.00	0.03	1.71	1.10	0.09	0.00	0.04	1.21

ตารางที่ ข.11 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)						Effluent (mg/l)						
	BOD ₅	COD	TKN	O&G	pH	DO	BOD ₅	COD	TKN	O&G	SS	pH	DO
1	1393.04	1733.46	42.00	390	7.39	3.8	776.12	999.55	22.40	160	45	7.25	2.8
2		1656.20						926.10					
3	1492.54	1656.20			7.31	3.3	781.81	926.10			45	7.15	2.3
4		1652.23	44.80	390				999.55	25.20	170			
5	1472.64	1783.56			7.21	3.9	776.12	1092.18			60	7.19	2.5
6		1783.56						1079.66					
7	1467.66	1677.71	44.80	420	7.38	3.8	815.92	1097.60	27.30	165	70	7.22	1.7
8		1683.36						1073.10					
9	1467.67	1608.21			7.26	3.59	796.02	1092.18			70	7.15	1.9
10		1652.23	38.50	425				1079.66	23.10	175			
11	1393.04	1538.72			7.29	3.4	796.02	1079.66			105	7.28	21.4
12		1633.26						1092.18					
13	1442.79	1677.71	39.20	385	7.26	3.4	815.92	1097.60	23.10	190	100	7.21	1.1
14		1677.71						1097.60					
15	1442.79	1656.20			7.31	3.6	895.52	1079.66			120	7.22	0.6
ค่าเฉลี่ย ช่วงที่ 1	1446.52	1671.35	41.86	402	7.31	3.59	806.68	1054.16	24.22	172	76.88	7.21	1.79
SD.	36.73	61.96	2.99	18.91	0.06	0.22	39.24	60.78	2.02	11.51	28.28	0.05	0.36

ตารางที่ ข.11 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน) (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)						Effluent (mg/l)						
	BOD ₅	COD	TKN	O&G	pH	DO	BOD ₅	COD	TKN	O&G	SS	pH	DO
16		1677.71	40.60	420				1092.18	25.50	195			
17	1373.13	1677.71			7.37	3.6	915.42	1096.36			120	7.13	0.9
18		1674.64						1117.23					
19	1432.84	1538.72	42.00	420	7.16	2.8	935.32	1167.48	27.30	210	130	7.05	0.5
20		1783.56						1146.60					
21	1442.79	1656.20			7.22	2.6	925.37	1179.27			135	7.01	0.4
22		1650.44	40.60	385				1209.08	28.10	240			
23	1424.09	1650.44			7.22	3.1	935.32	1220.10			145	6.88	0.2
24		1783.56						1242.48					
25	1442.79	1597.25	39.20	430	7.21	3.9	975.13	1236.43	31.70	240	155	6.81	0.4
26		1656.20						1242.48					
27	1424.09	1674.64			7.14	3.5	1014.93	1281.35			155	6.81	0.1
28		1597.25	38.50	410				1261.92	31.70	255			
29	1393.04	1652.23			7.16	3.8	1034.83	1261.92			160	6.69	0.2
30		1626.24						1281.35					
ค่าเฉลี่ย ช่วงที่ 2	1418.97	1659.79	40.18	413	7.21	3.33	962.33	1202.42	28.86	228	142.86	6.91	0.39
SD.	26.31	63.01	1.36	17.18	0.08	0.50	46.93	65.35	2.76	24.65	14.96	0.16	0.42

ตารางที่ ข.12 ในโตรเจนพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 400 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การบรรทุกสารอินทรีย์ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)					Effluent (mg/l)				
	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN
1	43.3	0	0	1.25	42.00	23.9	1.16	0.26	0.38	22.40
2										
3										
4	46.1	0	0	1.26	44.80	26.7	1.13	0.15	0.36	25.20
5										
6										
7	46	0	0	1.18	44.80	28.6	0.96	0.08	0.32	27.30
8										
9										
10	39.6	0	0	1.14	38.50	24.2	0.82	0.06	0.28	23.10
11										
12										
13	40.3	0	0	1.11	39.20	24	0.67	0.03	0.25	23.10
14										

ตารางที่ ข.12 ในโตรเจนพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 400 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน) (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)					Effluent (mg/l)				
	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN
15										
ค่าเฉลี่ยช่วงที่ 1	43.06	0.00	0.00	1.19	41.86	25.48	0.95	0.12	0.32	24.22
SD	3.06	0.00	0.00	0.07	2.99	2.75	0.21	0.09	0.05	2.02
16	41.8	0.02	0	1.15	40.60	26.3	0.61	0.01	0.23	25.50
17										
18										
19	43.2	0	0	1.17	42.00	28.1	0.54	0.01	0.21	27.30
20										
21										
22	41.8	0	0	1.23	40.60	28.7	0.44	0	0.17	28.10
23										
24										
25	40.5	0.02	0	1.23	39.20	32.2	0.32	0	0.15	31.70
26										

ตารางที่ ข.12 ในโตรเจนพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 400 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การบรรทุกสารอินทรีย์ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน) (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)					Effluent (mg/l)				
	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN
27										
28	39.7	0	0.01	1.24	38.50	32.1	0.23	0	0.12	31.70
29										
30										
ค่าเฉลี่ยช่วงที่ 2	41.40	0.01	0.00	1.20	40.18	29.48	0.43	0.00	0.18	28.86
SD.	1.35	0.01	0.00	0.04	1.36	2.59	0.16	0.01	0.04	2.76

ตารางที่ ข.13 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ 13.59 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)						Effluent (mg/l)						
	BOD ₅	COD	TKN	O&G	pH	DO	BOD ₅	COD	TKN	O & G	SS	pH	DO
1	1940.05	2332.64	39.20	660	7.24	3.8	611.94	882.82	17.70	190	40	7.24	2.7
2		2381.44						921.54					
3	1915.42	2332.96			7.33	3.9	626.87	882.82			35	7.23	2.8
4		2284.48	39.20	630				902.18	17.70	200			
5	1890.54	2258.56			7.29	3.8	626.87	882.82			30	7.27	2.3
6		2284.48						858.67					
7	1990.30	2381.44	39.20	585	7.36	3.4	616.92	858.67	18.53	200	70	7.33	1.8
8		2258.56						882.82					
9	1990.05	2332.64			7.34	3	696.52	931.22			85	7.19	1.9
10		2283.84	42.00	550				902.18	19.40	215			
11	1965.18	2283.84			7.31	3.2	716.42	960.26			95	7.23	1.3
12		2286.24						931.22					
13	1990.05	2283.84	44.80	645	7.26	3.3	731.34	921.54	18.53	240	110	7.17	1.5
14		2258.56						960.26					
15	1890.54	2284.48			7.29	3.8	731.34	1003.30			115	7.17	0.9

ตารางที่ ข.13 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 13.59 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน) (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)						Effluent (mg/l)						
	BOD ₅	COD	TKN	O&G	pH	DO	BOD ₅	COD	TKN	O & G	SS	pH	DO
16		2334.00	44.80	645				1003.30	22.40	255			
17	1840.79	2319.10			7.28	3	746.27	1018.34			120	7.13	0.6
18		2322.24						1057.06					
19													0.7
20		2283.84						1081.41					
21	1965.18	2319.10			7.24	3.3	796.02	1135.17			120	7	0.5
ค่าเฉลี่ย ช่วงที่ 1	1931.23	2306.62	41.60	612.14	7.29	3.45	699.68	954.95	19.39	222.86	85.91	7.19	1.55
SD.	46.23	36.14	2.52	43.09	0.04	0.33	69.41	80.83	1.85	28.56	36.66	0.09	0.45
22		2315.95	39.80	600				1135.47	24.14	275			
23	1990.05	2324.64			7.19	3	855.72	1139.97			130	6.97	0.2
24		2334.00						1143.45					
25	1890.54	2322.24	44.80	630	7.17	3.7	835.82	1143.45	28.57	280	135	6.94	0.3
26		2284.48						1146.92					
27	1840.79	2381.44			7.17	3.7	855.72	1153.86			140	6.94	0.1
28		2397.20	44.80	645				1153.86	28.57	320			

ตารางที่ ข.13 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 13.59 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน) (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)						Effluent (mg/l)						
	BOD ₅	COD	TKN	O&G	pH	DO	BOD ₅	COD	TKN	O & G	SS	pH	DO
29	2089.55	2334.00			7.08	3.5	895.52	1166.32			140	6.93	0.2
30		2315.95						1190.72					
ค่าเฉลี่ย ช่วงที่ 2	1952.73	2334.43	43.13	625	7.15	3.48	860.70	1152.67	27.09	291.67	136.25	6.95	0.20
SD.	110.32	34.59	2.89	22.91	0.05	0.33	25.04	16.95	2.56	24.66	4.79	0.02	0.13

ตารางที่ ข.14 ไนโตรเจนพารามิเตอร์ต่างๆ ที่น้ำมันเข้มข้น 600 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 13.59 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)					Effluent (mg/l)				
	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN
1	40.28	0	0	1.08	39.20	191.6	0.95	0.17	0.34	17.70
2										
3										
4	40.35	0.03	0	1.12	39.20	18.84	0.76	0.03	0.35	17.70
5										
6										
7	40.29	0.03	0	1.06	39.20	19.59	0.72	0.02	0.32	18.53
8										
9										
10	43.12	0.01	0	1.11	42.00	20.11	0.37	0.01	0.33	19.40
11										
12										
13	46.02	0.04	0	1.18	44.80	19.23	0.42	0	0.28	18.53
14										

ตารางที่ ข.14 ไนโตรเจนพารามิเตอร์ต่างๆ ที่น้ำมันเข้มข้น 600 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 13.59 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน) (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)					Effluent (mg/l)				
	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN
15										
16	46.06	0	0	1.26	44.80	23.05	0.42	0	0.23	22.40
17										
18										
19	43.41	0	0	1.41	42.00	22	0.33	0.02	0.18	21.47
20										
21										
ค่าเฉลี่ยช่วงที่ 1	42.79	0.02	0	1.17	41.60	20.28	0.57	0.04	0.29	19.39
SD.	2.59	0.02	0	0.12	2.52	1.61	0.24	0.06	0.06	1.85
22	41.16	0.02	0	1.34	39.80	24.54	0.25	0	0.15	24.14
23										
24										
25	46.11	0.04	0	1.27	44.80	28.8	0.12	0	0.11	28.57
26										

ตารางที่ ข.14 ไนโตรเจนพารามิเตอร์ต่างๆ ที่น้ำมันเข้มข้น 600 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 13.59 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน) (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)					Effluent (mg/l)				
	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN
27										
28	46.22	0.02	0	1.40	44.80	28.7	0	0	0.13	28.57
29										
30										
ค่าเฉลี่ยช่วงที่ 2	44.50	0.03	0	1.34	43.13	27.35	0.12	0	0.13	27.09
SD.	2.89	0.01	0	0.07	2.89	2.43	0.13	0	0.02	2.56

ตารางที่ ข.15 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (ภาระบรทุกสารอินทรีย์ 18.00 กรัมบีโอดี/เข้มข้น-วัน)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)						Effluent (mg/l)						
	BOD ₅	COD	TKN	O&G	pH	DO	BOD ₅	COD	TKN	O&G	SS	pH	DO
1	1940.30	2299.20	44.80	630	7.28	3.1	781.81	1309.27	25.00	270	45	7.38	2.5
2		2319.10						1309.27					
3	1915.42	2319.10			7.34	3.6	838.66	1341.00			60	7.37	2.2
4		2315.95	39.20	645				1340.48	22.40	285			
5	1890.54	2322.24			7.24	3.4	865.67	1447.64			45	7.3	1.8
6		2240.42						1309.64					
7	1940.30	2322.24	39.20	570	7.31	3.5	867.09	1309.27	23.80	310	65	7.21	1.4
8		2322.24						1392.92					
9	1990.05	2299.20			7.28	3.7	895.52	1340.48			90	7.24	21.7
10		2227.84	36.40	585				1371.95	21.47	315			
11	1965.18	2227.84			7.25	3.6	923.95	1309.27			115	7.18	1.3
12		2299.20						1392.92					
13	1990.05	2322.24	39.20	555	7.37	3.9	1007.67	1447.64	25.00	330	130	7.17	0.8
14		2315.95						1335.17					
15	1890.54	2315.95			7.22	3.3	1044.53	1354.69			135	7.13	0.6

ตารางที่ ข.15 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 18.00 กรัมบีโอดี/เข้มข้น-วัน) (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)						Effluent (mg/l)						
	BOD ₅	COD	TKN	O&G	pH	DO	BOD ₅	COD	TKN	O&G	SS	pH	DO
16		2322.24	42.70	645				1383.78	24.42	365			
17	1840.79	2299.20			7.29	3.2	1094.53	1424.88			135	7.05	0.5
ค่าเฉลี่ยช่วงที่ 1	2023.22	2299.42	40.25	605	7.29	3.48	924.38	2350.42	23.85		91.1	7.23	1.42
SD	59.65	33.47	42.99	39.87	0.05	0.25	103.42	58.39	21.60	312.50	38.47	0.11	0.47
18		2284.48						1482.92		33.58			
19	1915.42	2258.56	43.40	600	7.34	3.2	1114.43	1479.34	27.40	400	140	7.01	0.4
20		2381.40						1500.57					
21	1965.18	2334.00			7.44	2.7	1154.23	1543.04			155	7.03	0.3
22		2322.24	44.80	630				1583.04	28.57	415			
23	1990.05	2381.40			7.22	2.9	1114.43	1606.74			155	6.99	0.5
24		2430.40						1627.97					
25	1890.54	2397.20	42.00	615	7.42	3	1243.54	1637.86	29.40	425	165	6.98	0.2
26		2430.40						1627.97					
27	1840.79	2381.40			7.24	3.2	1333.33	1637.86			170	6.94	0.3

ตารางที่ ข.15 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (ภาระบรทุกสารอินทรีย์ 18.00 กรัมบีโอดี/เข้มข้น-วัน) (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)						Effluent (mg/l)						
	BOD ₅	COD	TKN	O&G	pH	DO	BOD ₅	COD	TKN	O&G	SS	pH	DO
28		2286.24	39.90	605				1667.01	30.00	455			
29	2089.55	2286.24			7.21	3.4	1343.28	1652.44			170	6.93	0.1
30		2381.44						1667.01					
ค่าเฉลี่ยช่วงที่ 2	2002.45	2350.42	42.53	612.50	7.31	3.07	1217.21	1593.37	28.84	423.75	159.17	6.98	0.30
SD.	26.02	58.39	2.09	13.23	0.10	0.25	105.04	69.11	1.13	23.23	11.58	0.04	0.38

ตารางที่ ข.16 ไนโตรเจน พารามิเตอร์ต่างๆ ที่น้ำมันเข้มข้น 600 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การบรรพทุกสารอินทรีย์ 18.00 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)					Effluent (mg/l)				
	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN
1	46.01	0	0.02	1.19	44.80	27.16	1.45	0.31	0.40	25.00
2										
3										
4	40.41	0.01	0.05	1.15	39.20	24.15	1.21	0.19	0.35	22.40
5										
6										
7	40.47	0	0.01	1.26	39.20	25.09	0.92	0.05	0.32	23.80
8										
9										
10	37.71	0.04	0	1.27	36.40	22.62	0.80	0.02	0.33	21.47
11										
12										
13	40.34	0	0	1.14	39.20	26.12	0.82	0.02	0.28	25.00
14										

ตารางที่ ข.16 ในโตรเจน พารามิเตอร์ต่างๆ ที่น้ำมันเข้มข้น 600 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การบรรพทุกสารอินทรีย์ 18.00 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน) (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)					Effluent (mg/l)				
	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN
15										
16	43.83	0	0	1.13	42.70	26.31	0.63	0.02	0.24	24.42
ค่าเฉลี่ยช่วงที่1	41.46	0.01	0.01	1.19	40.25	25.24	0.97	0.10	0.32	23.85
SD	2.96	0.02	0.02	0.05	2.99	1.65	0.30	0.12	0.06	1.60
17										
18										
19	44.6	0.02	0	1.18	43.40	28.2	0.57	0	0.23	27.40
20										
21										
22	45.99	0.02	0	1.17	44.80	29.27	0.48	0	0.22	28.57
23										
24										
25	43.23	0	0	1.23	42.00	29.92	0.34	0	0.18	29.40

ตารางที่ ข.16 ไนโตรเจน พารามิเตอร์ต่างๆ ที่น้ำมันเข้มข้น 600 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (การบรรทุกสารอินทรีย์ 18.00 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน) (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)					Effluent (mg/l)				
	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN
26										
27										
28	41.2	0	0	1.30	39.90	30.35	0.14	0	0.21	30.00
29										
30										
ค่าเฉลี่ย ช่วงที่ 2	43.76	0.01	0	1.22	42.53	29.44	0.38	0	0.21	28.84
SD	2.04	0.01	0	0.06	2.09	0.94	0.19	0	0.02	1.13

ตารางที่ ข.17 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (ภาระบรทุกสารอินทรีย์ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)						Effluent (mg/l)						
	BOD ₅	COD	TKN	O&G	pH	DO	BOD ₅	COD	TKN	O&G	SS	pH	DO
1	2030.35	2334.00	43.40	645	7.35	3.1	1094.53	1695.40	28.10	400	55	7.31	2.4
2		2364.00						1763.52					
3	2089.55	2430.40			7.15	3	1114.43	1733.46			55	7.24	1.9
4		2334.00	42.70	600				1796.92	27.30	425			
5	2059.95	2381.40			7.51	2.7	1127.69	1744.40			75	7.37	1.4
6		2381.40						1744.40					
7	2030.35	2324.64	39.20	645	7.49	3.1	1114.43	1663.32	25.20	455	70	7.28	1.2
8		2324.64						1683.36					
9	2039.80	2364.00			7.44	3.9	1154.23	1683.36			100	7.3	1.1
10		2381.40	39.20	570				1763.52	28.00	455			
11	2089.55	2430.40			7.34	2.6	1233.83	1695.40			120	7.21	0.8
12		2334.00						1744.40					
13	2039.80	2334.00	40.60	585	7.23	3.9	1222.24	1663.32	30.80	480	150	7.13	0.9
14		2430.40						1663.32					
15	2059.95	2397.20			7.28	3.3	1233.83	1733.46			165	7.19	0.6

ตารางที่ ข.17 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน) (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)						Effluent (mg/l)						
	BOD ₅	COD	TKN	O&G	pH	DO	BOD ₅	COD	TKN	O&G	SS	pH	DO
16		2381.44	39.90	645				1763.52	31.10	490			
ค่าเฉลี่ย ช่วงที่ 1	2054.91	2370.46	40.83	615	7.35	3.20	1161.90	1720.94	28.42	450.83	136.67	7.25	1.29
SD.	24.24	37.92	1.81	34.21	0.13	0.49	58.87	42.63	2.22	33.68	52.67	0.08	0.49
17	1990.05	2284.48			7.22	2.6	1277.24	1842.40			160	7.03	0.5
18		2332.64						1833.66					
19	2030.35	2299.20	39.90	570	7.35	3	1358.63	1863.72	30.80	515	175	7.09	0.4
20		2364.00						1883.76					
21	1965.18	2381			7.28	2.7	1382.44	1842.40			175	7.01	0.2
22		44	42.00	570				1900.39	33.40	520			
23	2039.80	2381.44			7.23	3.1	1452.67	1958.37			190	7.01	0.3
24		2284.48						2034.06					
25	2039.80	2332.64	39.20	620	7.18	3.9	1480.46	2034.06	33.80	550	190	6.98	0.2
26		2299.20						2109.21					
27	2014.93	2364.00			7.19	3.5	1521.81	2134.26			205	6.99	0.1

ตารางที่ ข.17 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นน้ำมัน 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน) (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)						Effluent (mg/l)						
	BOD ₅	COD	TKN	O&G	pH	DO	BOD ₅	COD	TKN	O&G	SS	pH	DO
28		2332.64	38.50	605				2134.26	34.60	550			
29	2059.95	2227.84			7.11	3.1	1563.04	2159.31			215	6.82	0.1
30		2286.24						2184.36					
ค่าเฉลี่ย ช่วงที่ 2	2020.01	2323.87	39.90	591.25	7.22	3.13	1433.76	1993.87	33.15	533.75	187.14	6.99	0.26
SD.	32.70	45.28	1.51	25.29	0.08	0.45	99.82	133.08	1.64	18.87	18.90	0.08	0.41

ตารางที่ ข .18 ไนโตรเจนพารามิเตอร์ต่างๆ ที่น้ำมันเข้มข้น 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)					Effluent (mg/l)				
	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN
1	44.69	0.01	0	1.28	43.40	30.21	0.45	0.3	0.42	28.10
2										
3										
4	43.98	0	0	1.28	42.70	29.15	0.51	0.12	0.39	27.30
5										
6										
7	40.36	0	0	1.16	39.20	26.99	0.54	0.12	0.39	25.20
8										
9										
10	40.45	0	0	1.25	39.20	29.48	0.71	0.07	0.36	28.00
11										
12										
13	41.79	0	0	1.19	40.60	32.14	0.84	0.12	0.33	30.80
14										

ตารางที่ ข.18 ไนโตรเจนพารามิเตอร์ต่างๆ ที่น้ำมันเข้มข้น 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การบรรทุกสารอินทรีย์ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน) (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)					Effluent (mg/l)				
	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN
15										
16	41.12	0.02	0	1.20	39.90	32.32	0.89	0.07	0.31	31.10
ค่าเฉลี่ยช่วงที่ 1	42.07	0.01	0	1.23	40.83	30.05	0.66	0.13	0.37	28.42
SD	1.85	0.02	0	0.01	1.81	0.24	0.18	0.09	0.04	2.22
17										
18										
19	41.07	0	0	1.17	39.90	31.78	1.05	0	0.26	30.80
20										
21										
22	43.25	0	0	1.25	42.00	34.33	1.28	0	0.26	33.40
23										
24										
25	40.45	0.02	0	1.23	39.20	34.58	1.34	0	0.24	33.80

ตารางที่ ข.18 ใน ไตรเจเนพารามิเตอร์ต่างๆ ที่น้ำมันเข้มข้น 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (การะบรทุกสารอินทรีย์ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน) (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	Influent (mg/l)					Effluent (mg/l)				
	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN	Total N	Nitrate	Nitrite	Ammonia	TKN
26										
27										
28	39.74	0.03	0.01	1.20	38.50	35.32	1.39	0	0.20	34.60
29										
30										
ค่าเฉลี่ย ช่วงที่ 2	41.13	0.01	0	1.21	39.90	34.00	1.27	0	0.24	33.15
SD.	1.52	0.02	0.01	0.04	1.51	1.54	0.15	0	0.03	1.64

ตารางที่ ข.19 แสดงค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดค่าต่างๆ ในน้ำเข้าระบบและน้ำออกระบบ ที่ความเข้มข้นของน้ำมัน 200, 400 และ 600 ชั่วโมง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง

ความเข้มข้น ของน้ำมัน (mg/l)	ระยะเวลา เก็บกัก (ชั่วโมง)		BOD (mg/l)	COD (mg/l)	TKN (mg/l)	SS (mg/l)	Oil & Grease (mg/l)	pH	DO (mg/l)
			Treatment efficiency	Treatment efficiency	Treatment efficiency	Effluent	Treatment efficiency	Effluent	Effluent
200	12	ช่วงที่ 1	94.52±2.06	94.31±1.86	66.59±7.34	16±10.21	85.14±3.05	7.09±0.15	3.51±1.22
		ช่วงที่ 2	94.52±2.06	94.31±1.86	66.59±7.34	16±10.21	85.14±3.05	7.09±0.15	3.51±1.22
	9	ช่วงที่ 1	84.30±2.62	80.68±2.61	59.38±7.14	47.08±26.24	72.85±3.91	7.11±0.11	2.50±1.62
		ช่วงที่ 2	76.72±1.11	73.26±3.21	45.37±6.55	90±5.00	65.33±0.65	6.90±0.07	1.17±0.46
	6	ช่วงที่ 1	66.24±4.88	60.10±2.67	46.36±5.67	73.89±13.64	65.50±2.38	7.20±0.05	2.60±0.51
		ช่วงที่ 2	45.94±1.90	49.57±4.29	34.60±3.53	106.67±9.31	61.01±3.17	6.97±0.11	1.57±0.44
400	12	ช่วงที่ 1	78.55±2.98	70.10±2.70	56.83±8.77	56.36±36.20	75.50±4.41	7.24±0.12	2.63±0.49
		ช่วงที่ 2	67.97±1.50	60.18±1.52	48.07±0.80	122.50±2.89	64.86±3.13	6.82±0.07	1.33±0.47
	9	ช่วงที่ 1	68.51±2.67	59.35±2.61	48.94±8.25	63.33±35.44	68.78±3.77	7.18±0.12	2.28±0.29
		ช่วงที่ 2	59.11±2.41	52.15±4.14	31.98±1.73	125.00±8.94	51.27±2.91	6.89±0.07	1.08±0.46
	6	ช่วงที่ 1	44.20±3.06	37.34±11.79	42.11±3.09	76.88±28.28	57.11±3.93	7.21±0.05	2.48±0.36
		ช่วงที่ 2	32.16±3.64	27.43±5.17	27.96±9.04	142.86±14.96	44.64±7.14	6.91±0.16	1.37±0.42

ตารางที่ ข.19 แสดงค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดค่าต่างๆ ในน้ำเข้าระบบและน้ำออกระบบ ที่ความเข้มข้นของน้ำมัน 200, 400 และ 600 ชั่วโมง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ต่อ)

ความเข้มข้น ของน้ำมัน (mg/l)	ระยะเวลา เก็บกัก (ชั่วโมง)		BOD (mg/l)	COD (mg/l)	TKN (mg/l)	SS (mg/l)	Oil & Grease (mg/l)	pH	DO (mg/l)
			Treatment efficiency	Treatment efficiency	Treatment efficiency	Effluent	Treatment efficiency	Effluent	Effluent
600	12	ช่วงที่ 1	53.75±3.69	58.59±3.51	53.39±3.27	85.91±36.66	63.40±5.58	7.19±0.09	2.53±0.45
		ช่วงที่ 2	55.86±1.68	50.61±1.00	37.27±1.80	136.25±4.79	53.37±2.67	6.95±0.02	1.35±0.13
	9	ช่วงที่ 1	54.39±4.04	40.85±2.02	40.67±2.79	91.11±38.47	48.11±6.79	7.23±0.11	2.44±0.47
		ช่วงที่ 2	39.21±5.22	32.20±2.79	31.98±5.69	159.17±11.58	30.79±4.23	6.98±0.04	1.20±0.38
	6	ช่วงที่ 1	43.46±2.73	27.39±1.94	30.30±6.26	136.67±52.67	26.46±7.31	7.25±0.08	2.38±0.49
		ช่วงที่ 2	29.05±4.29	19.41±10.23	16.80±5.87	187.14±18.90	9.70±1.12	6.99±0.08	1.14±0.41

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวชฎานิศ เอี่ยมแก้ว
วัน เดือน ปีเกิด	11 มีนาคม 2531
ประวัติการศึกษา	
ระดับมัธยมศึกษา มัธยมต้น	โรงเรียนราชินี พ.ศ. 2546
มัธยมปลาย	โรงเรียนวัดนวลนรดิศ พ.ศ. 2549
ระดับปริญญาตรี	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยา
ก	ณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2553
ระดับปริญญาโท	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม
	คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2555
ทุนวิจัย ทู	นอุดหนุนสนับสนุนการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา
	งบประมาณปีพ.ศ. 2553
	ทุนอุดหนุนการวิจัย ประเภทบัณฑิตศึกษา ของสำนักงาน
	คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปี 2556
ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์	ชฎานิศ เอี่ยมแก้ว และ สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์ , 2555
	"ผลของความเข้มข้นของน้ำมันปาล์มต่อประสิทธิภาพ
	ระบบ แพลคเจ อาร์ บี ซี ", การประชุมวิชาการระดับชาติ
	มหาวิทยาลัยขอนแก่น วิทยาเขตหนองคาย , ครั้งที่ 2, วันที่
	30-31 สิงหาคม 2555, ห้องประชุมเอนกประสงค์
	มหาวิทยาลัยขอนแก่น วิทยาเขตหนองคาย, หน้า 250-254