บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองชุดที่ 1

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

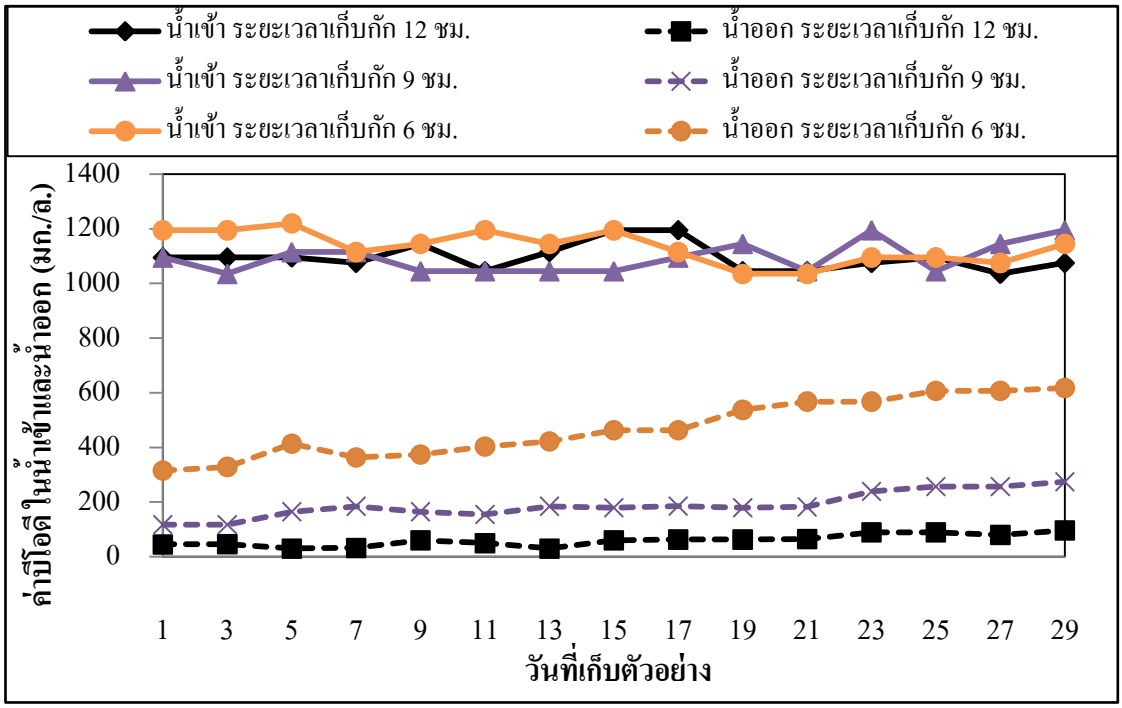
4.1.1 ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี Biological Oxygen Demand: BOD)

จากการวิเคราะห์ค่า บีโอดีที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 200 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมงน้ำเสียเข้าระบบมีค่าบีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 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 และประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 66.24±4.88 และ 45.94±1.90 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง ค่า บีโอดี ของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2 และประสิทธิภาพการบำบัดของช่วงที่ 1 จะสูงกว่าช่วงที่ 2 ด้วย

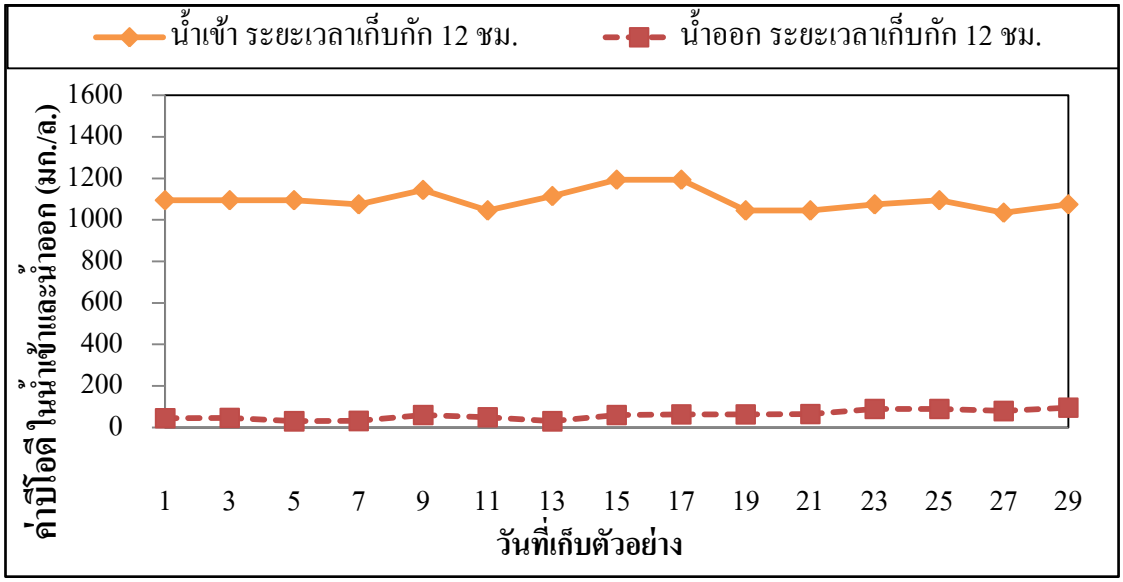
จากการทดลองนี้พบว่าประสิทธิภาพการบำบัด บีโอดี จะแปรผันตามระยะเวลาเก็บกัก กล่าวคือยิ่งระยะเวลาเก็บกักมากขึ้นประสิทธิภาพในการบำบัดจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มระยะเวลาเก็บกักเป็นการลดภาระบรรทุกสารอินทรีย์ในระบบจึงทำให้ระบบรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์น้อยลง ระบบจึงมีประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดีมากขึ้น อีกทั้งปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่มีจำกัดจึงเป็นตัวกำหนดการย่อยสลายสารอินทรีย์เพราะออกซิเจนเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ในน้ำ 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

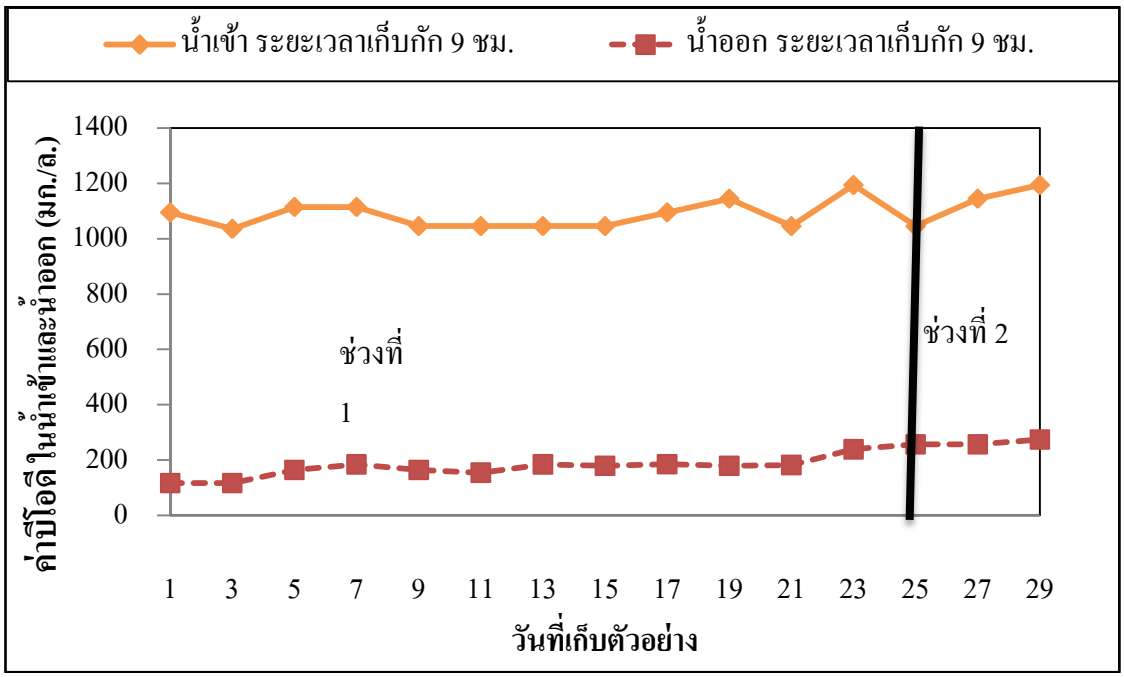
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า บีโอดีของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.1 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.2-4.4 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่า บีโอดี ของทั้งสองช่วงที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9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



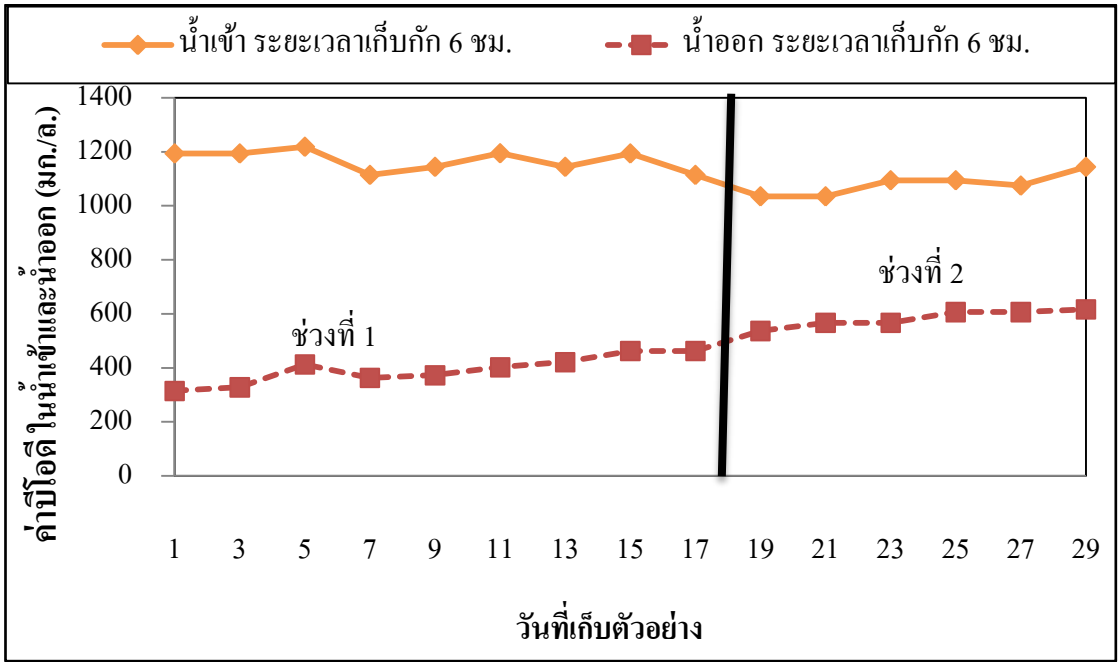
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่าบีโอดีของน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันปาล์มเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 7.56, 10.03 และ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



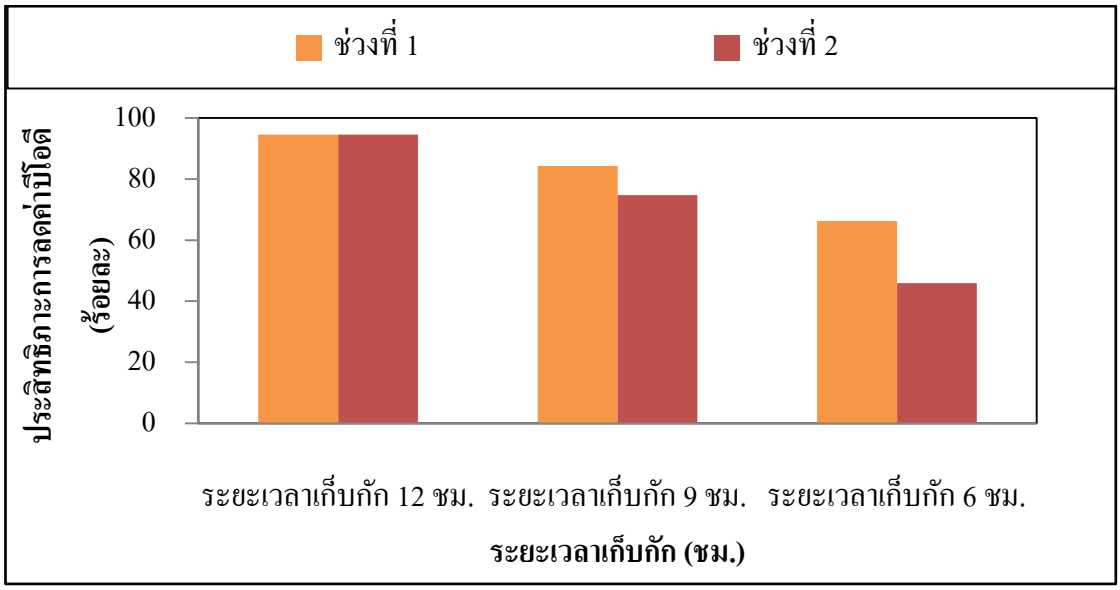
รูปที่ 4.2 ค่าบีโอดีในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 7.56 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



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



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



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

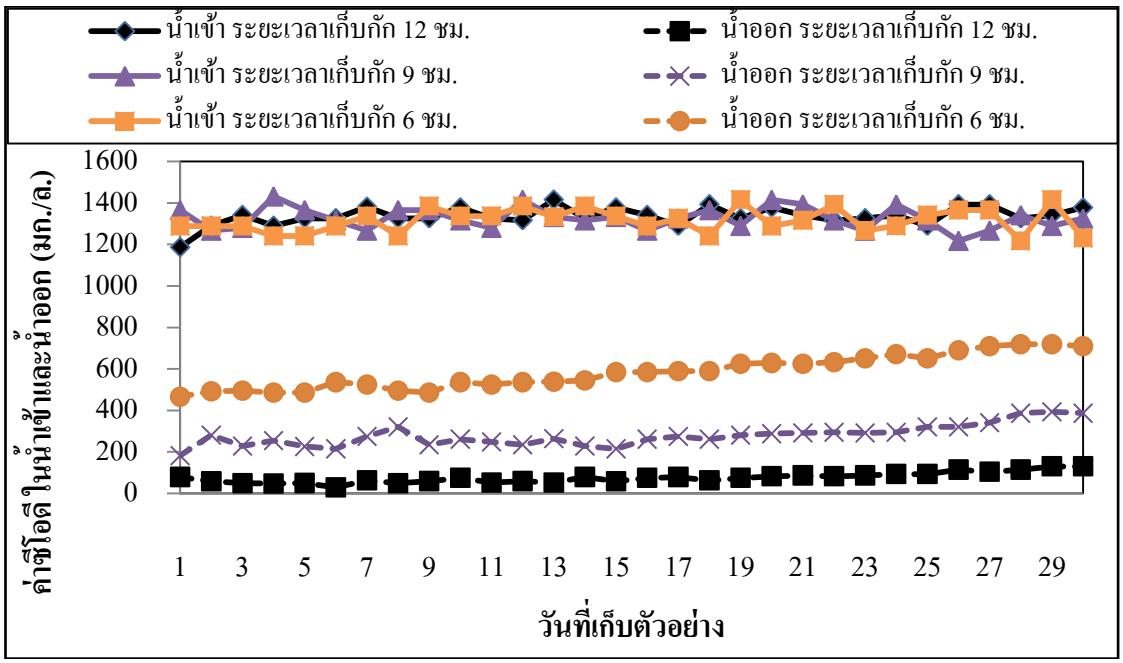
4.1.2 ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดี (Chemical Oxygen Demand: COD)

จากการวิเคราะห์ค่าซีโอดีที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 200 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมงน้ำเสียเข้าระบบมีค่าซีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 1337.03±44.61 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่าซี โอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 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 ซีโอดี คิดเป็นค่าเฉลี่ย 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 และประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 60.10±2.67 และ 49.57±4.29 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง ค่า ซีโอดี ของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2 และประสิทธิภาพการบำบัดของช่วงที่ 1 จะสูงกว่าช่วงที่ 2 ด้วย

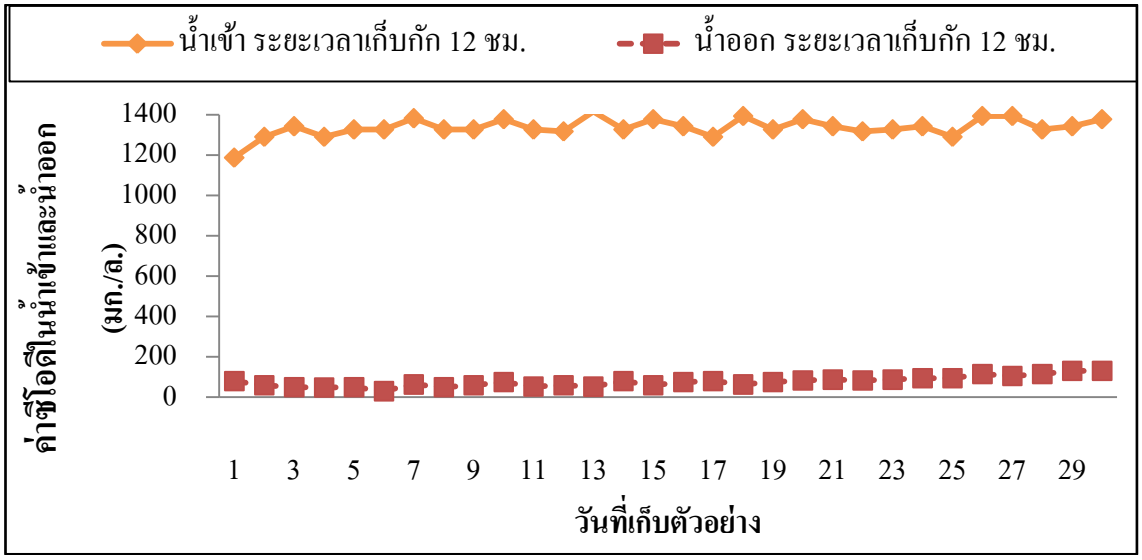
จากการทดลองพบว่าระบบบำบัด Packed Cage RBC มีประสิทธิภาพในการบำบัด ซีโอดี และถ้าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ลดลง หรือเพิ่มระยะเวลาเก็บกักจะทำให้ประสิทธิภาพการบำบัด ซีโอดีเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Malandra และคณะ. [11]ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ RBC ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตไวน์ จากการศึกษาพบว่า ค่าซีโอดีของน้ำเสียเข้าระบบมีค่าสูงถึง 6,090±3,382 มิลลิกรัม /ลิตร และเมื่อผ่านการบำบัดแล้วน้ำเสียออกจากระบบมีค่า ซีโอดี ลดลงเหลือ 3478±1715 มิลลิกรัม/ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 43 และพบว่าถ้าลดค่าซีโอดีในน้ำเข้าระบบ จะเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดของ ระบบได้
นอกจากนี้จากการทดลอง พบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมงสามารถแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วง โดยช่วงที่สองจะมีประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีที่ลดลง เนื่องจากจุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตมากขึ้นทำให้ฟิล์มชีวะเริ่มหนาจนชั้นในสุดของฟิล์มเริ่มเกิดสภาวะไร้อากาศทำให้ฟิล์มชีวะหลุดลอกโดยที่ระยะเวลาเก็บกักนานกว่า เชื้อจะหลุดลอกออกจากตัวกลางช้ากว่าระยะเวลาเก็บกักต่ำ 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

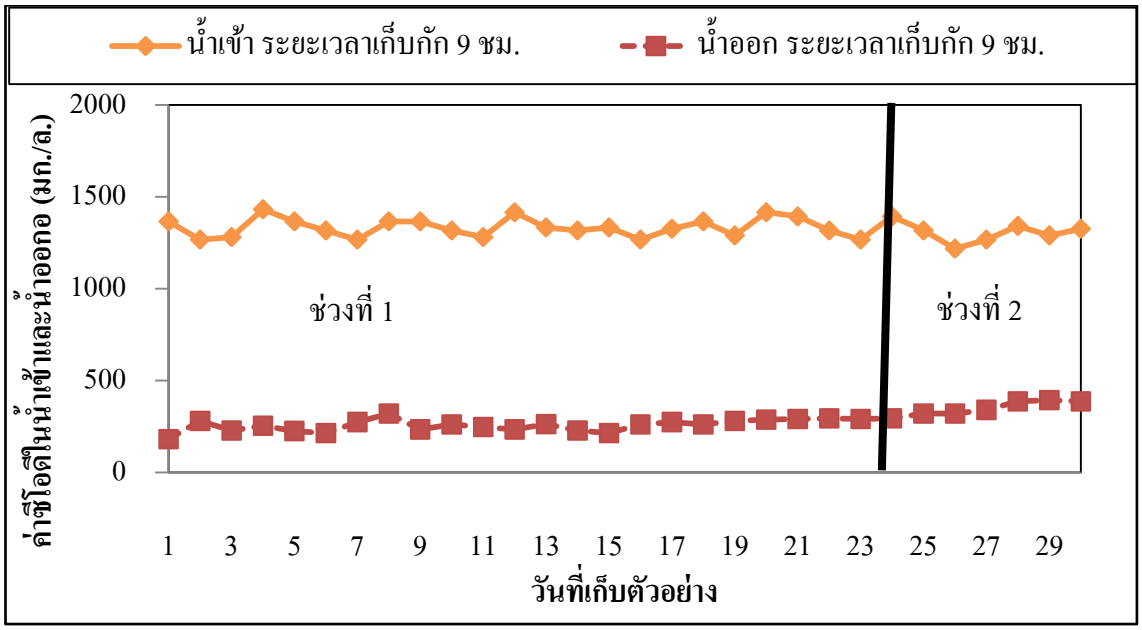
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า ซีโอดีของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.6 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.7-4.9 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่า ซีโอดีของทั้งสองช่วงที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ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



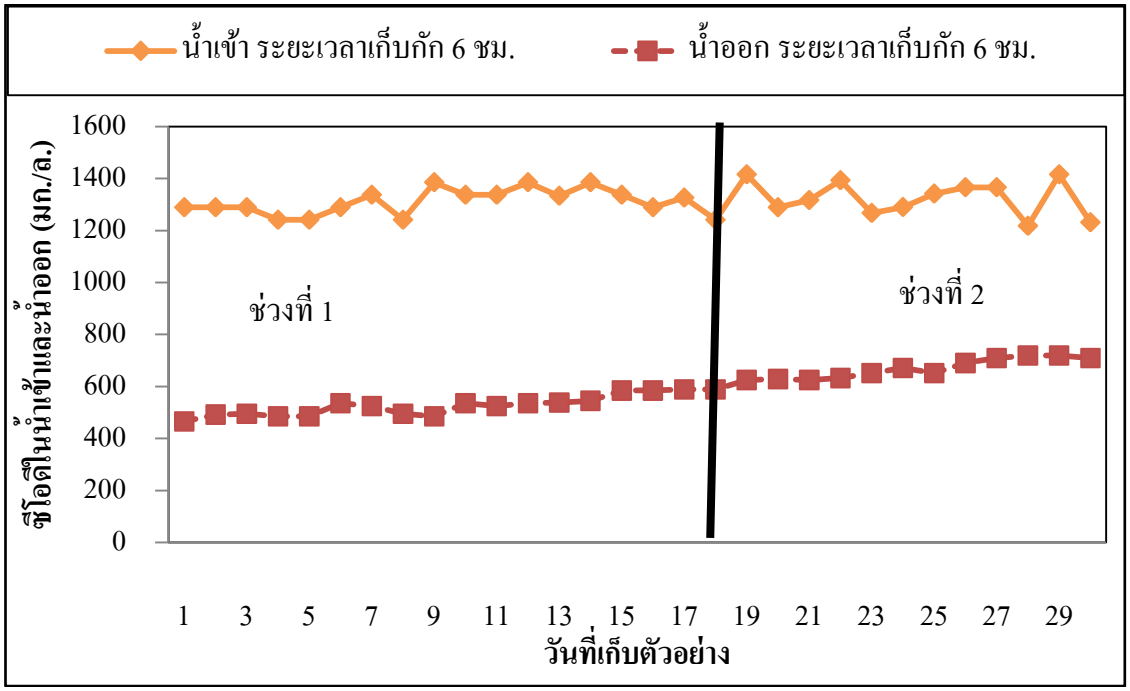
รูปที่ 4.6 ค่าซีโอดีในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 7.56, 10.03 และ 15.12 กรัม บีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



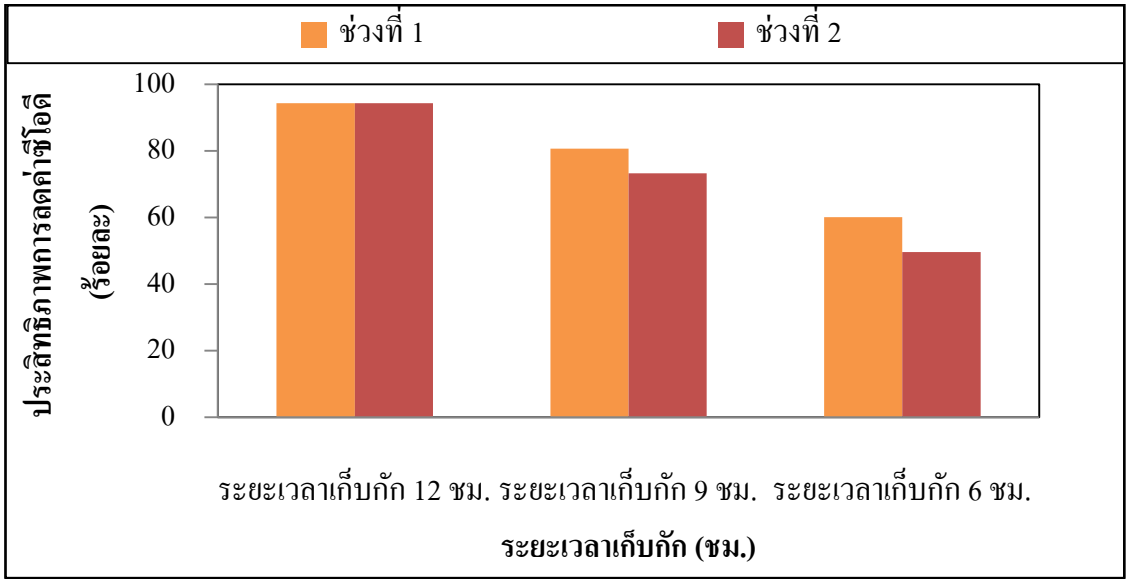
รูปที่ 4.7 ค่าซีโอดีในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 7.56 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.8 ค่าซีโอดีช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10.03 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.9 ค่าซีโอดีช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



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

4.1.3 ปริมาณสารแขวนลอยในน้ำเสียออกระบบ (Suspended Solid: SS)

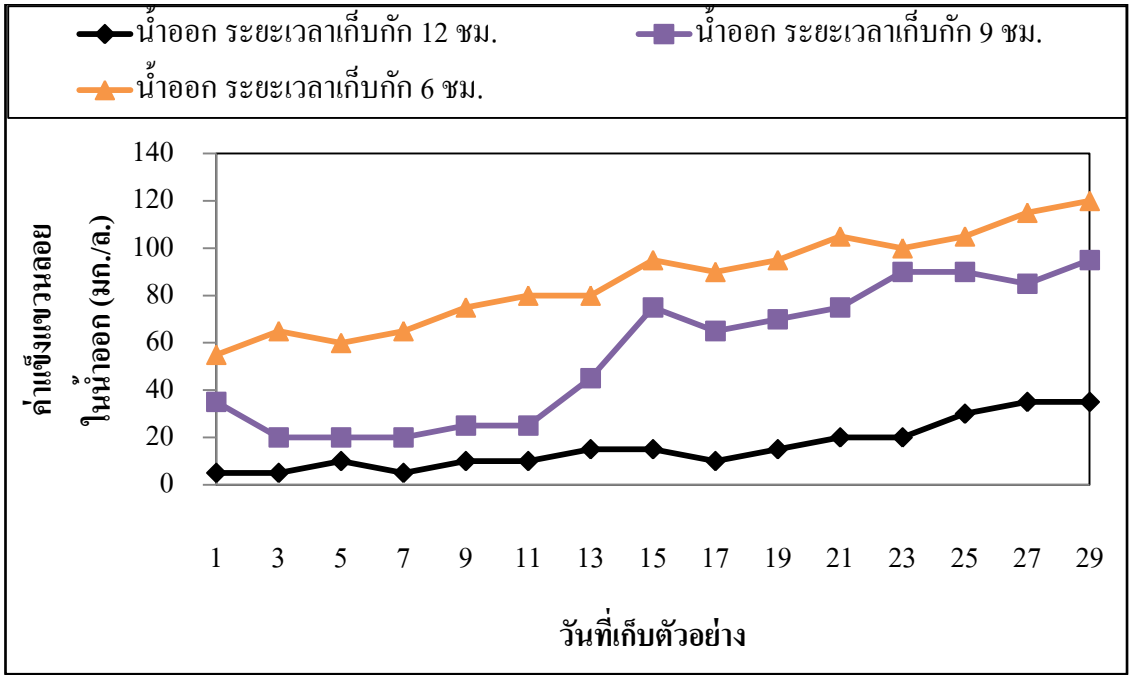
จากการวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอย ที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 200 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมงน้ำเสียออกจากระบบมีค่าของแข็งแขวนลอยคิดเป็นค่าเฉลี่ย 16±10.21 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง สามารถแบ่งช่วงการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่าของแข็งแขวนลอยของ น้ำเสียออกจากระบบที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียออกจากระบบมีค่าของแข็งแขวนลอย คิดเป็นค่าเฉลี่ย 47.08±26.24 และ 90.00±5.00 มิลลิกรัม/ลิตร และที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียออกจากระบบมีค่าของแข็งแขวนลอย คิดเป็นค่าเฉลี่ย 73.89±13.64 และ 106.67±9.31 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าของแข็งแขวนลอย ของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2

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

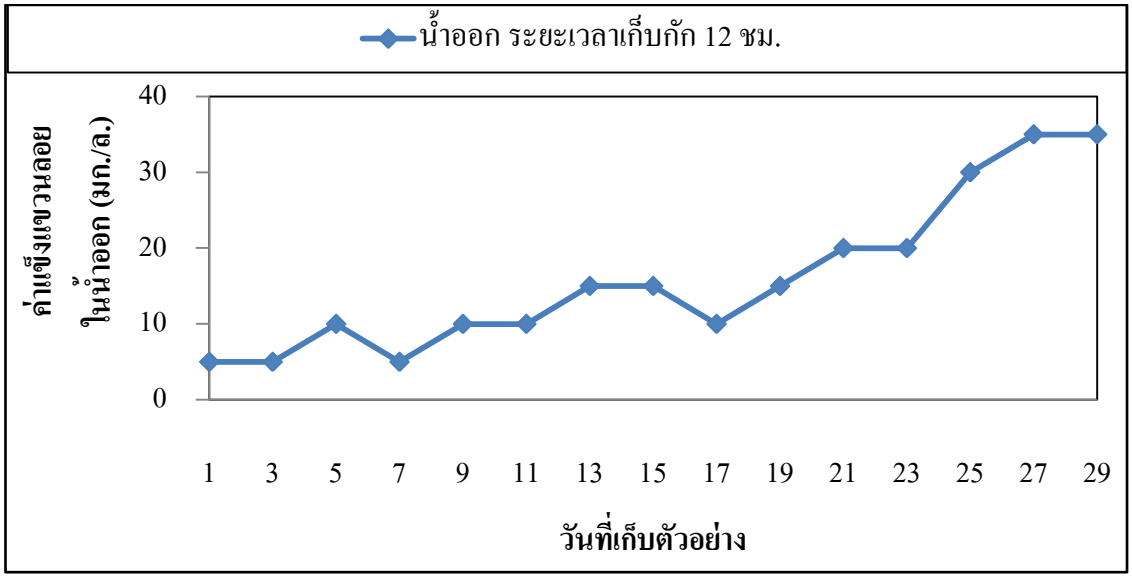
นอกจากนี้ยังพบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง สามารถแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วง เนื่องจากค่าของแข็งแขวนลอยที่แตกต่างกันอันเป็นผลมาจากการเติบโตของฟิล์มชีวะทำให้ฟิล์มชีวะหนาขึ้นเรื่อยๆ จนเกิดสภาวะไร้อากาศของชั้นในสุดของฟิล์มชีวะทำให้ฟิล์มชีวะหลุดลอ กในช่วงที่

สองของการเดินระบบ ส่งผลให้ค่าของแข็งแขวนลอยในช่วงที่สองเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งฟิล์มชีวะของระบบ ที่ใช้ระยะเวลาเก็บกักต่ำกว่าจะเกิดการหลุดลอกเร็วกว่าระบบที่ใช้ระยะเวลาเก็บกักนานกว่า เนื่องจากระยะเวลาเก็บกักที่ต่ำทำให้ระบบต้องรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่สูงกว่าทำใช้เชื้อตายเร็วกว่าและหลุดลอกออก 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

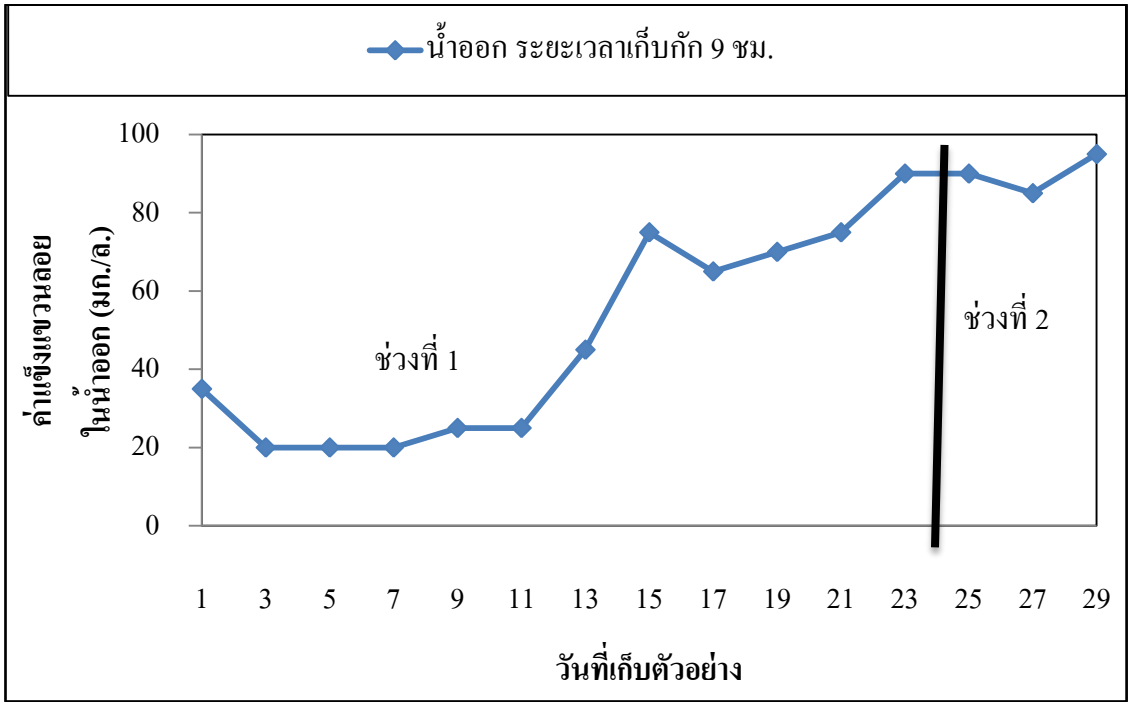
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่าของแข็งแขวนลอย ของเสียออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.11 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.12-4.14



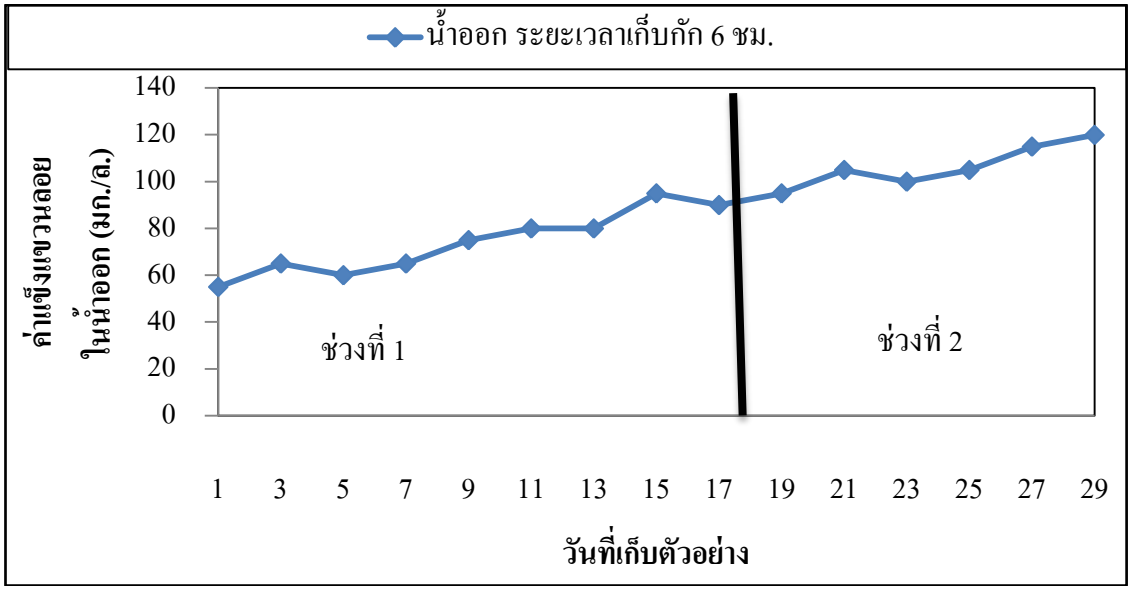
รูปที่ 4.11 ค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำออกจากระบบ ที่มีน้ำมัน 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 7.56, 10.03 และ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



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



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



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

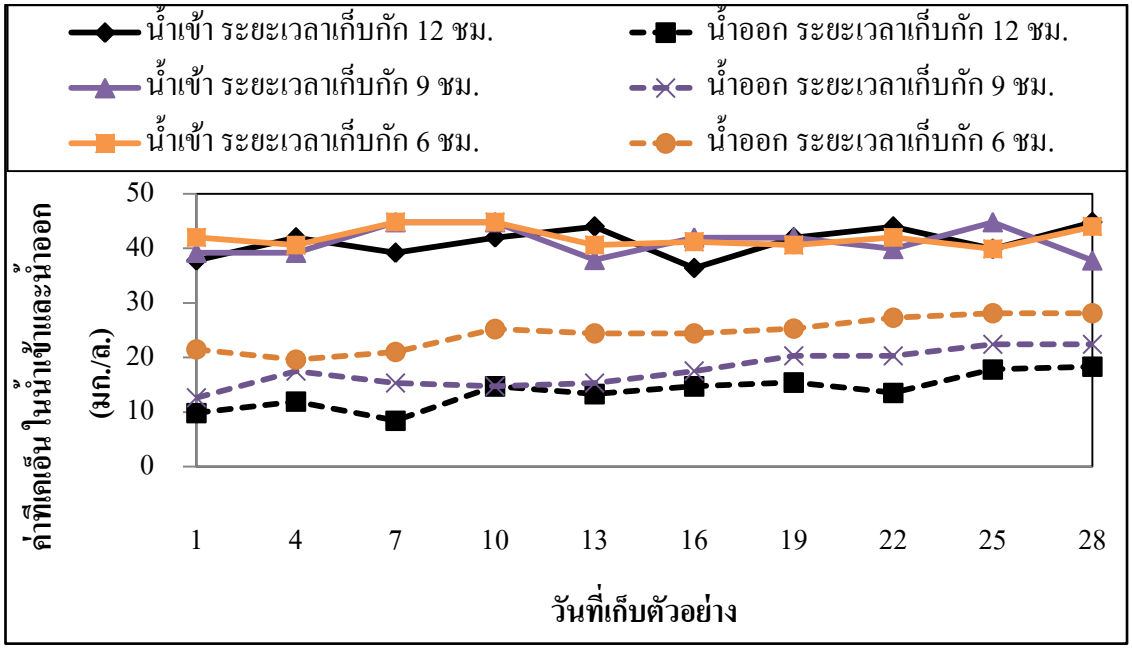
4.1.4 ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen: TKN)

จากการวิเคราะห์ค่าทีเคเอ็นที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 200 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมงน้ำเสียเข้าระบบมีค่าทีเคเอ็นคิดเป็นค่าเฉลี่ย 41.21±2.81 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ทีเคเอ็น คิดเป็นค่าเฉลี่ย 13.78±3.15 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 66.59±7.34 ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง สามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่า ทีเคเอ็น ของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ทีเคเอ็น คิดเป็นค่าเฉลี่ย 41.23±2.61 และ 41.30±4.95 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ทีเคเอ็น 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 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าทีเคเอ็น คิดเป็นค่าเฉลี่ย 42.33±1.98 และ 41.63±1.81มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่าทีเคเอ็น 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 ทีเคเอ็นของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2 และประสิทธิภาพการบำบัดของช่วงที่ 1 จะสูงกว่าช่วงที่ 2 ด้วย

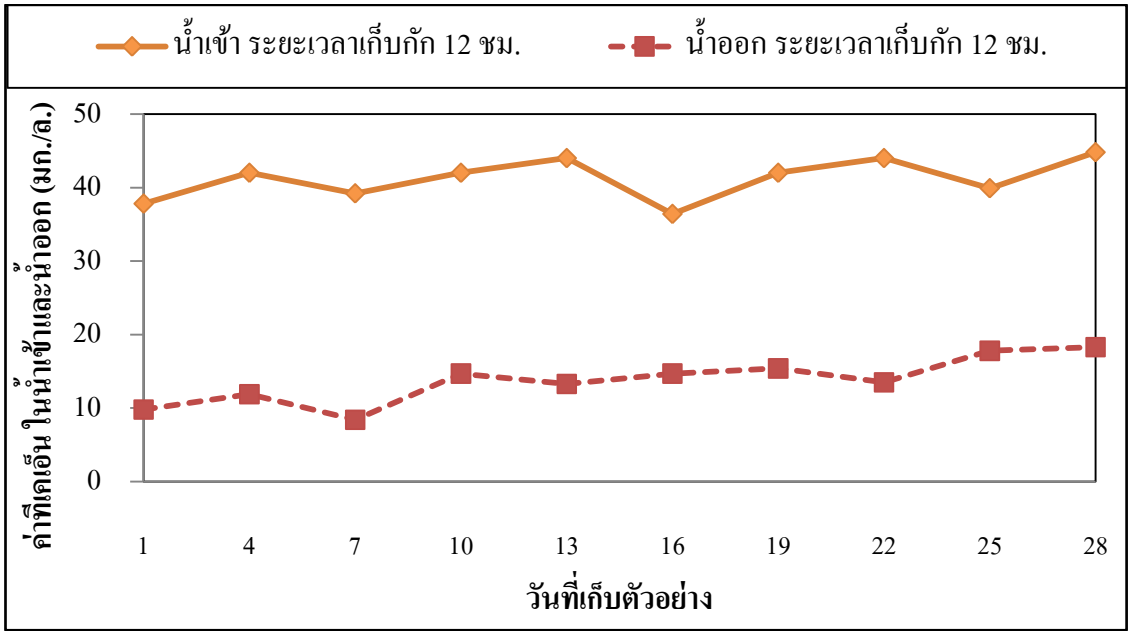
จากการศึกษาพบว่า ระบบ Packed Cage RBC มีประสิทธิภาพในการบำบัด ทีเคเอ็นและประสิทธิภาพการบำบัดทีเคเอ็นจะแปรผันตามระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย หรือแปรผกผันกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ โดยระบบที่มีระยะเวลาเก็บกักนาน หรือมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำ จะมีประสิทธิภาพการบำบัดที่ดีกว่า เนื่องจากที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำระบบจะรับภาระในการบำบัดทีเคเอ็นน้อยลงด้วย ทำให้ระบบสามารถกำจัดทีเคเอ็นได้มีประสิทธิภาพดีขึ้น อีกทั้งปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่มีจำกัด ทำให้เมื่อระบบต้องรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์มากๆ ออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการนำมาเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์และบำบัดทีเคเอ็น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Najafpour และคณะ [6] ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของภาระบรรทุกสารอินทรีย์ในน้ำเสียของอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม ต่อประสิทธิภาพระบบ RBC พบว่าเมื่อใช้ *Saccharomycese cerevisiae* เป็นจุลินทรีย์หลักในระบบ RBC เพื่อย่อยสลาย POME มีซีโอดีในน้ำเสียเข้าระบบสูงถึง 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 เชื้อจะเริ่มตายแหละหลุดลอกออกจากตัวกลาง 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

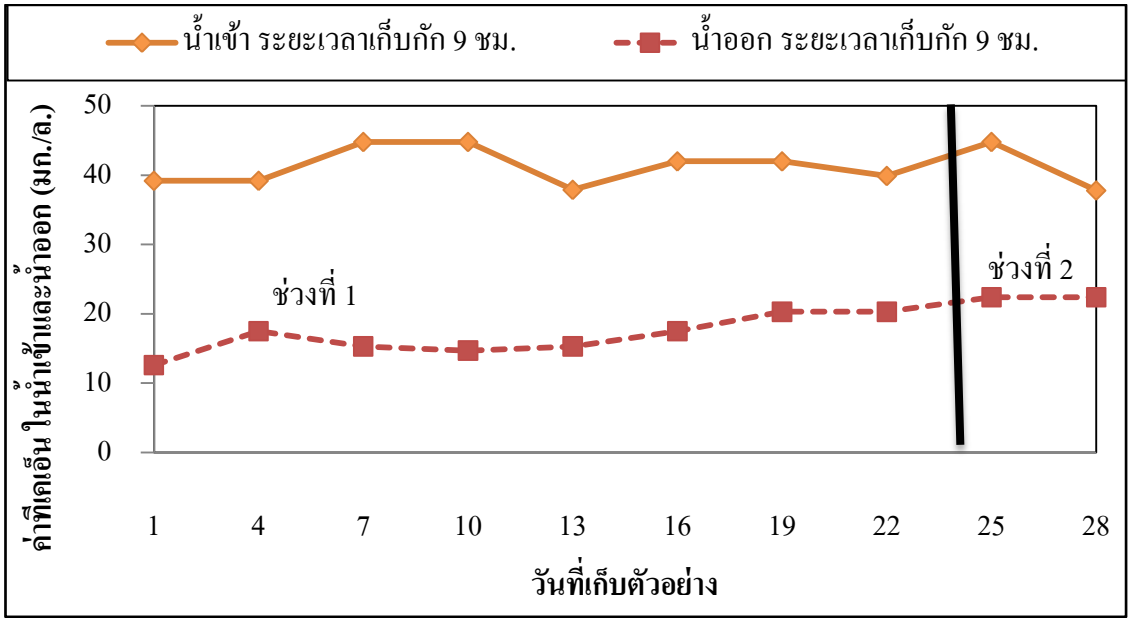
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า ทีเคเอ็น ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.15 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.16-4.18 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่า ทีเคเอ็น ของทั้งสองช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก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



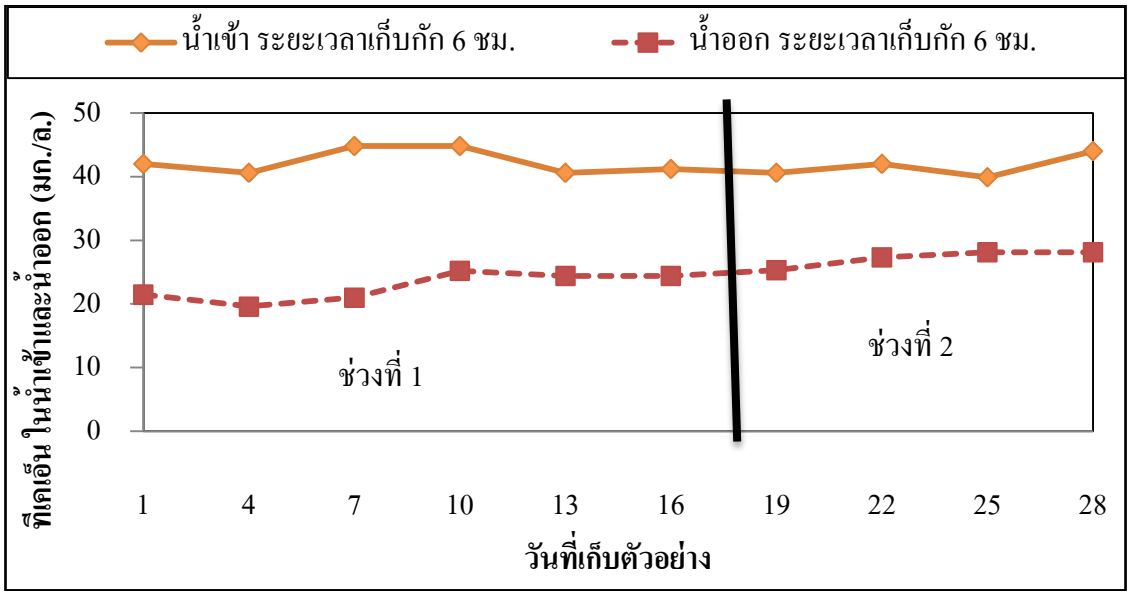
รูปที่ 4.15 ค่าทีเคเอ็นในน้ำเข้าและออกของระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 7.56,10.03 และ 15.12กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน



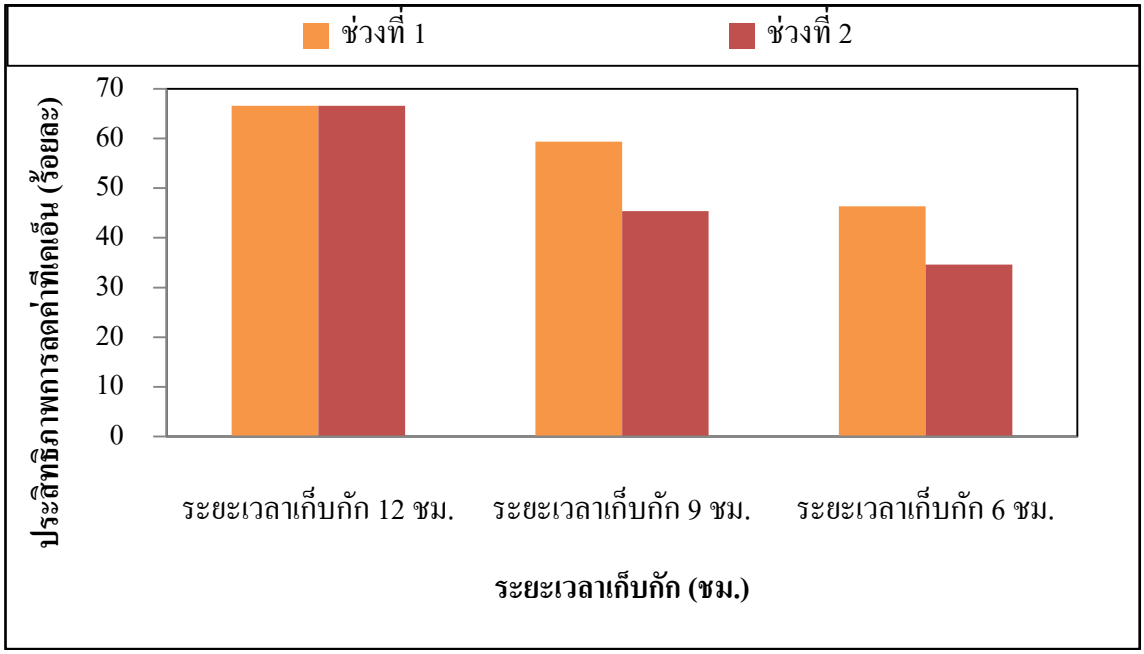
รูปที่ 4.16 ค่าทีเคเอ็นในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 7.56 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



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



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



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

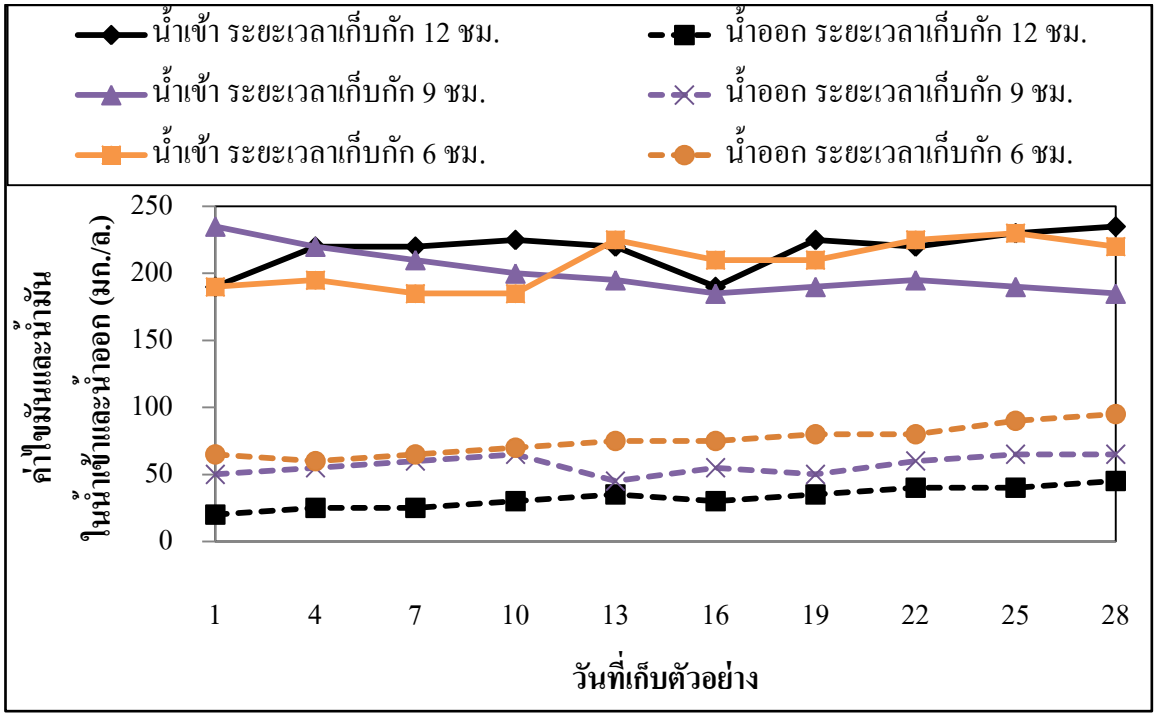
4.1.5 ประสิทธิภาพการบำบัดไขมันและน้ำมัน (Grease & Oil)

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 และประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 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

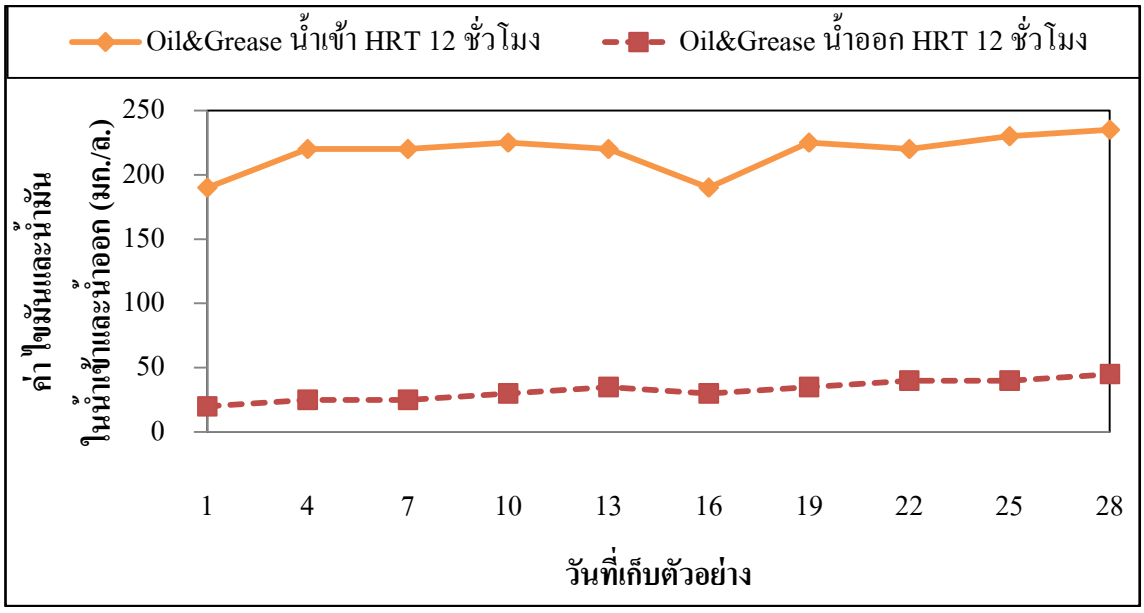
ร้อยละ 65.50±2.38 และ 61.01±3.17 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าไขมันและน้ำมัน ของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2 และประสิทธิภาพการบำบัดของช่วงที่ 1 จะสูงกว่าช่วงที่ 2 ด้วย

จากการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพของการบำบัดค่าปริมาณ ไขมันและน้ำมัน จะแปรผันตามระยะเวลาเก็บกัก หรือแปรผกผันกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ กล่าวคือถ้าเพิ่มระยะเวลาเก็บกัก หรือลดภาระบรรทุกสารอินทรีย์ จะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพการบำบัด ไขมันและน้ำมัน ดีขึ้น และที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง ยังสามารถแบ่งช่วงการบำบัด ไขมันและน้ำมัน ได้เป็น 2 ช่วง โดยช่วงที่ 2 ประสิทธิภาพการบำบัดจะลดลง เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์เริ่มตายและหลุดลอกจากตัวกลาง และที่ระยะเวลาเก็บกักมากกว่า เชื้อจะหลุดลอกจากตัวกลางช้ากว่า เนื่องจากภาระบรรทุกของน้ำเสียเข้าระบบจะต่ำกว่า เป็นผลให้เชื้อเติบโตและตายช้ากว่าระบบที่รับภาระบรรทุกสูงๆ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Najafpour และคณะ [6] ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของภาระบรรทุกสารอินทรีย์ในน้ำเสียของอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม ต่อประสิทธิภาพระบบ RBC พบว่าเมื่อใช้ *Saccharomycese cerevisiae* เป็นจุลินทรีย์หลักในระบบ RBC เพื่อย่อยสลายน้ำเสียของโรงงานน้ำมันปาล์ม ที่มีน้ำมันปนเปื้อนสูง ส่งผลให้ มีซีโอดีในน้ำเสียเข้าระบบสูงถึง 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

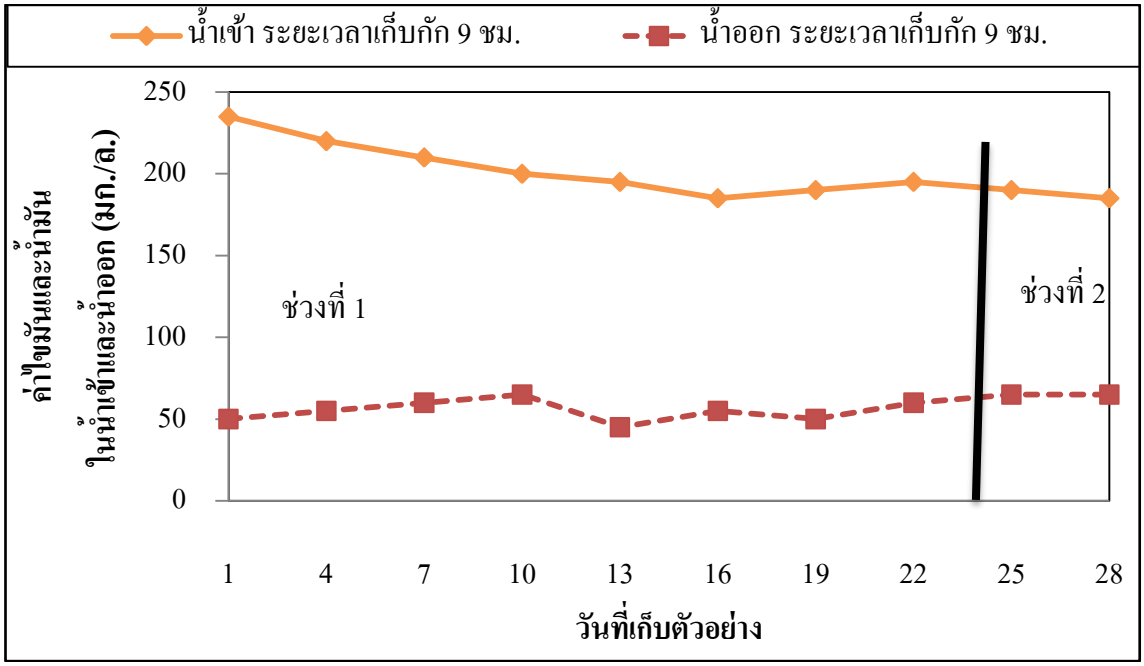
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณ ไขมันและน้ำมัน ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.20 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.21-4.23 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่าปริมาณไขมันและน้ำมัน ของทั้งสองช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.24



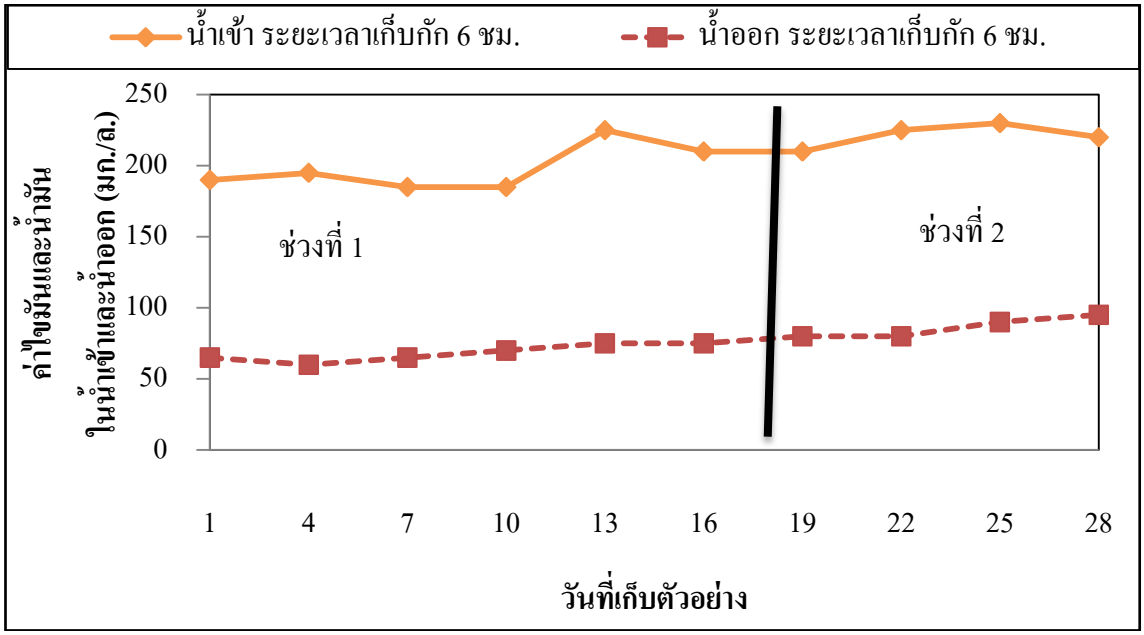
รูปที่ 4.20 ค่าไขมันและน้ำมันในน้ำเสียเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 7.56, 10.03 และ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



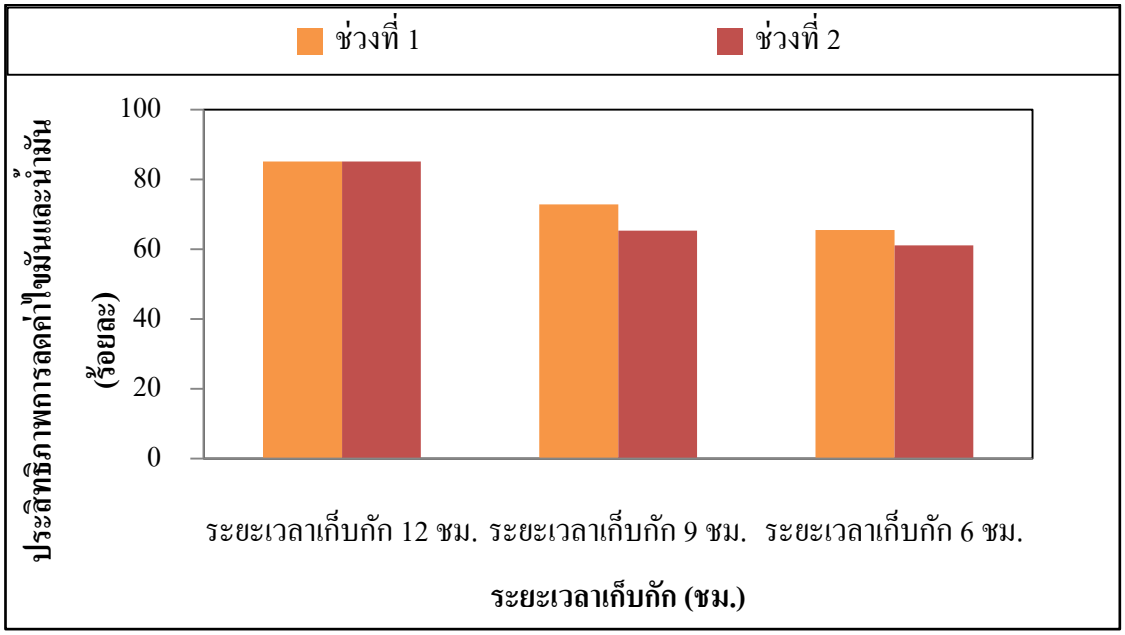
รูปที่ 4.21 ค่าไขมันและน้ำมันในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 7.56 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



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



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



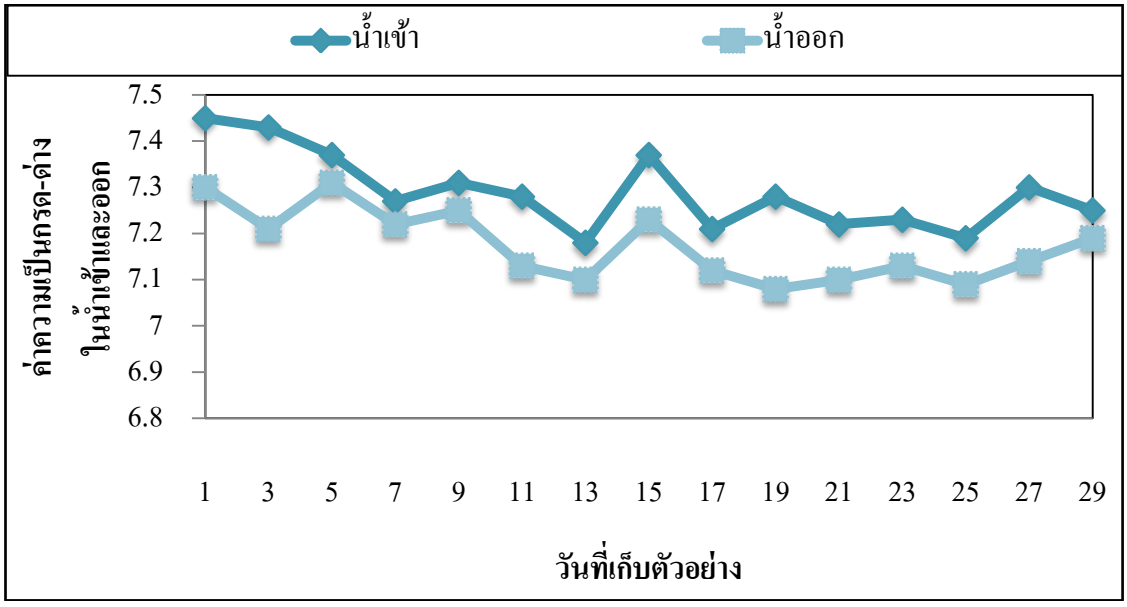
รูปที่ 4.24 ประสิทธิภาพการลดค่าไขมันและน้ำมันช่วงที่ 1 และ 2 ของระบบที่มีน้ำมันปาล์มเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 7.56, 10.03 และ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

4.1.6 ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียเข้าและออกระบบ (pH)

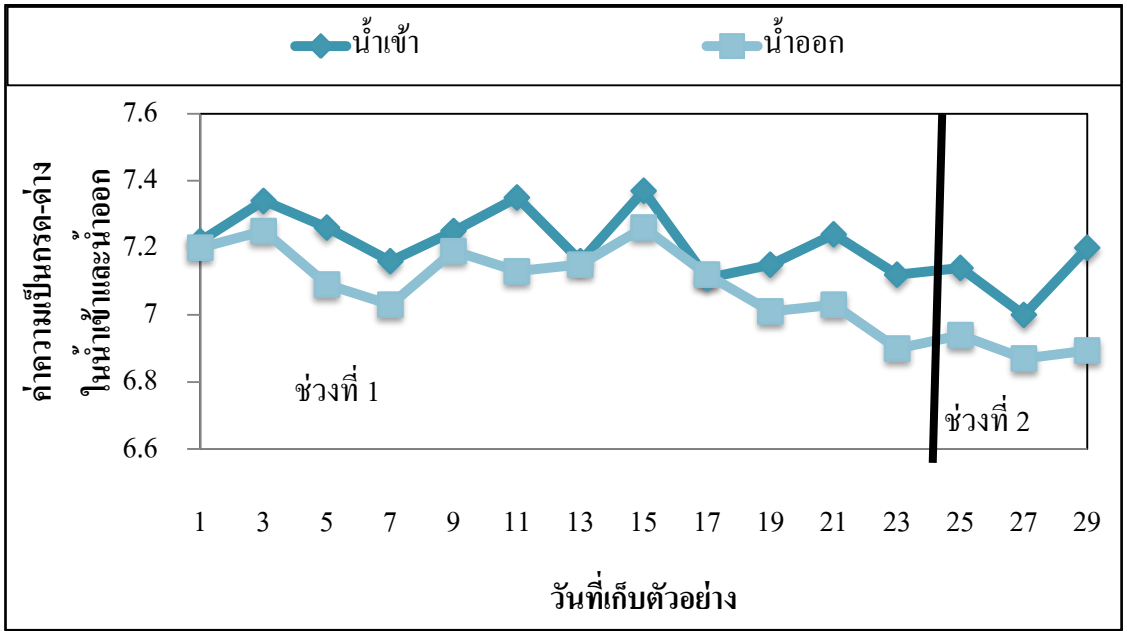
จากการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 200 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมงน้ำเสียเข้าระบบมีค่าความเป็นกรด-ด่าง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 7.29±0.08 น้ำเสียออกจากระบบมีค่าความเป็นกรด-ด่าง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 7.09±0.15 ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง สามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่า ความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำเสียออกจากระบบที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าความเป็นกรด-ด่าง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 7.23±0.09 และ 7.11±0.21 น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ความเป็นกรด-ด่างคิดเป็นค่าเฉลี่ย 7.11±0.11 และ 6.90±0.07 ตามลำดับ และที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ความเป็นกรด-ด่าง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 7.31±0.08 และ 7.17±0.08 น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ความเป็นกรด-ด่าง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 7.20±0.05 และ 6.97±0.11 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 2 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 1 เล็กน้อย

จากการศึกษาพบว่า ค่า ความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำออกจะต่ำกว่าน้ำเข้าเล็กน้อย เนื่องจากภาระบรรทุกสารอินทรีย์เข้าระบบค่อนข้างสูงทำให้ออกซิเจนในระบบไม่เพียงพอ จึงเกิดกระบวนการย่อยสลายแบบ Facultative และ Anaerobic ในบางบริเวณของระบบ ค่าความเป็นกรด -ด่างในน้ำออกจึงต่ำกว่าน้ำเข้า แต่ยังอยู่ในช่วงค่อนข้างเป็นกลาง เหมาะแก่การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ คือ ประมาณ 6.8-7.2 [22] และที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมงสามารถแบ่งช่วงการบำบัดได้ 2 ช่วง เนื่องจากช่วงที่ 2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง จะลดลงเล็กน้อย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhiqiang และคณะ [21] ได้ใช้ระบบ RBC บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ปนเปื้อนสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจน ที่ระยะเวลาเก็บ 5-9 ชั่วโมง และภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 16-40 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง ของระบบอยู่ในช่วงที่ค่อนข้างเป็นกลางคือ 7.3-7.8 เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

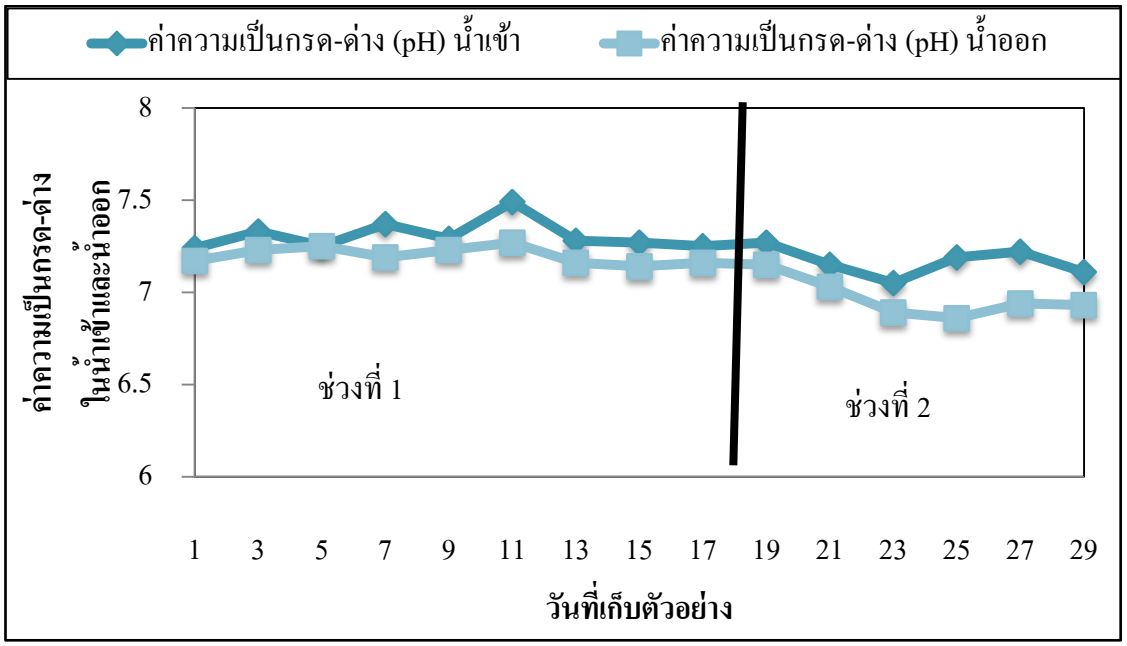
เมื่อนำมาแสดงในรูปกราฟเพื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรดด่างของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.25-4.27



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



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



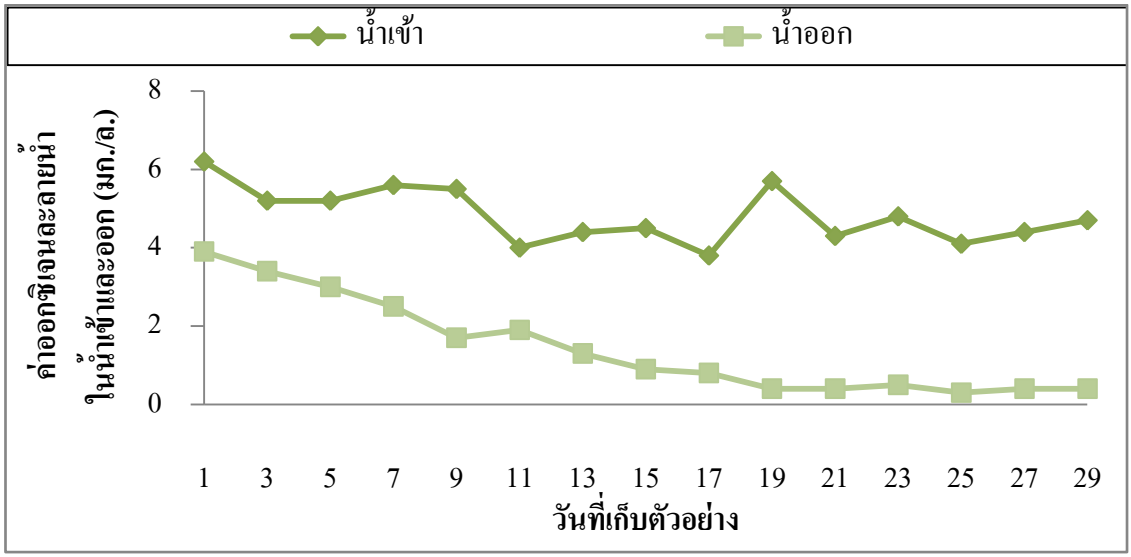
รูปที่ 4.27 ค่าความเป็นกรด-ด่างช่วงที่ 1 และ 2 ของน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)

4.1.7 ค่าออกซิเจนละลายน้ำของน้ำเสียเข้าและออกระบบ (Dissolved Oxygen: DO)

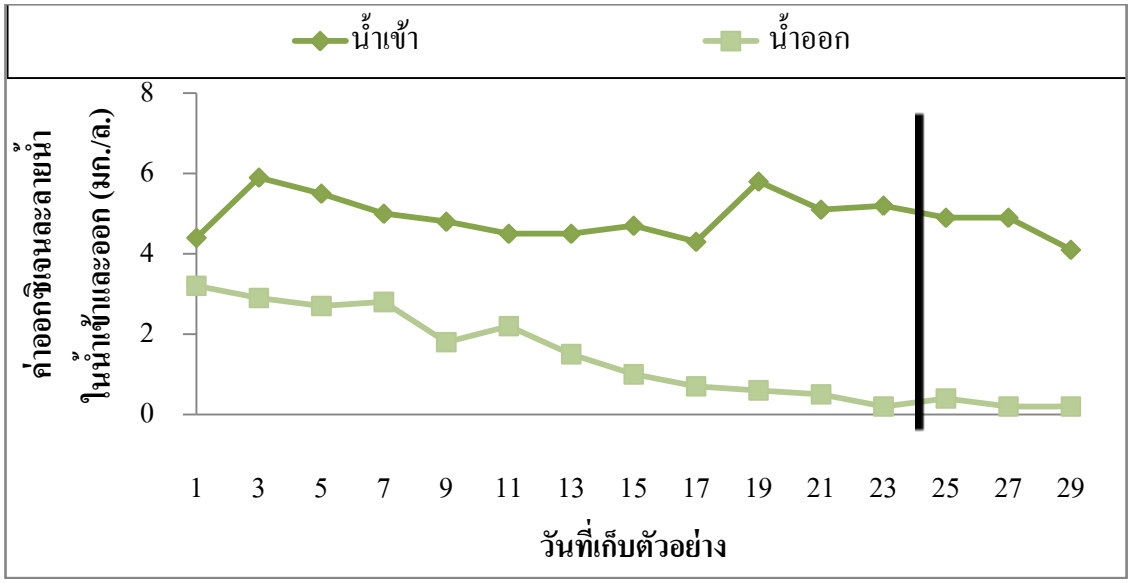
จากการวิเคราะห์ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 200 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมงน้ำเสียเข้าระบบมีค่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.83±1.42 น้ำเสียออกจากระบบมีค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 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 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 3.39±0.41 และ 3.30±0.35 น้ำเสียออกจากระบบมีค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 1.97±0.55 และ 0.37±0.22 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง ค่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 2 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 1 เล็กน้อย

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

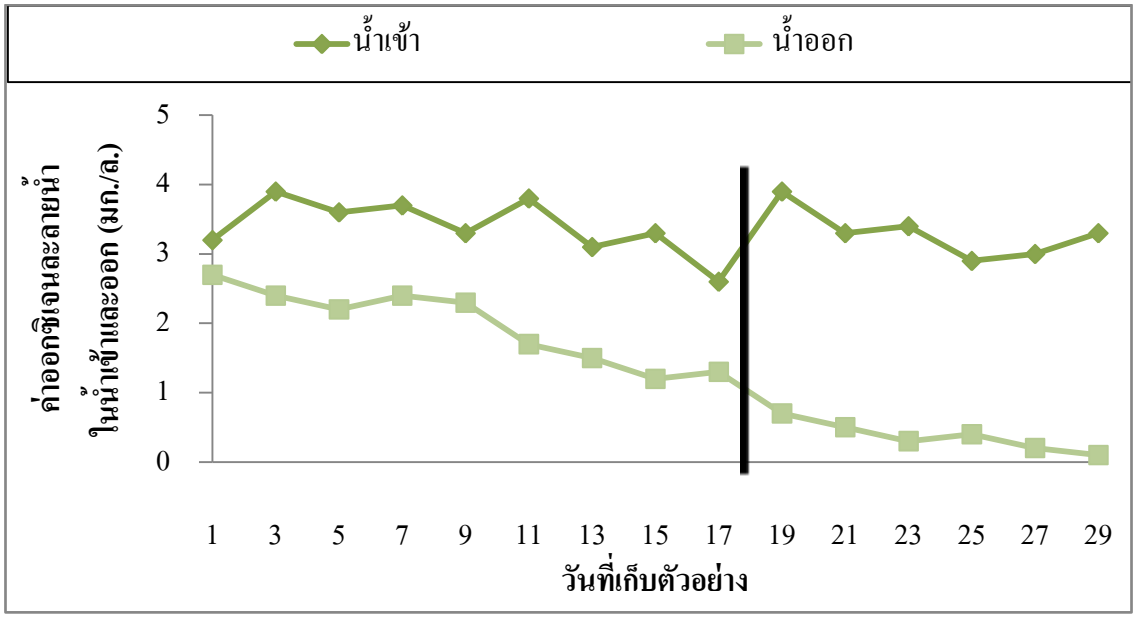
เมื่อนำมาแสดงในรูปกราฟเพื่อเปรียบเทียบค่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.28-4.30



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



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



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

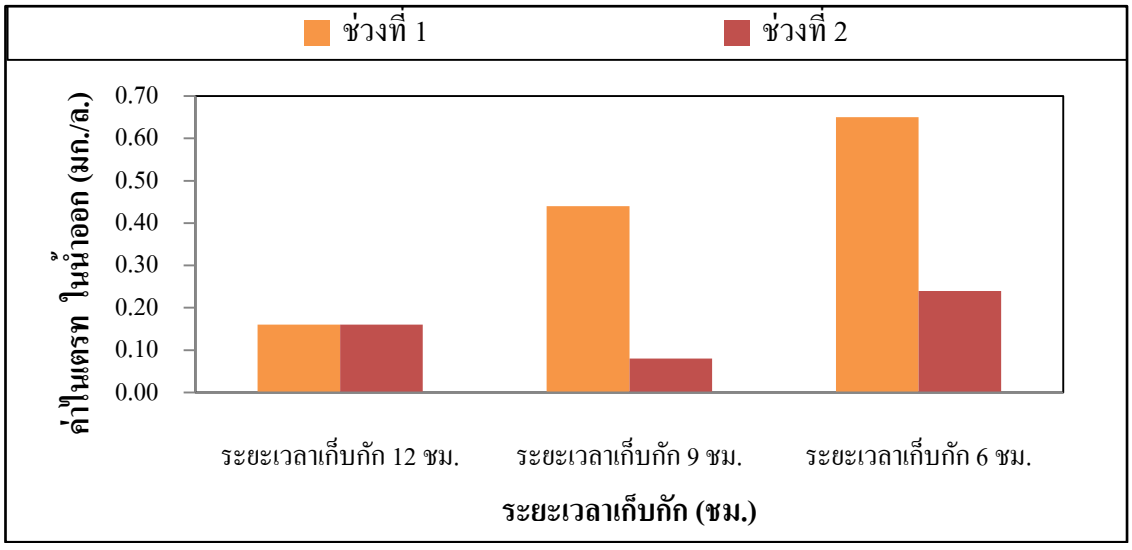
4.1.8 ปริมาณไนเตรทของน้ำเสียในระบบ (Nitrate)

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 ไนเตรท ช่วงที่ 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

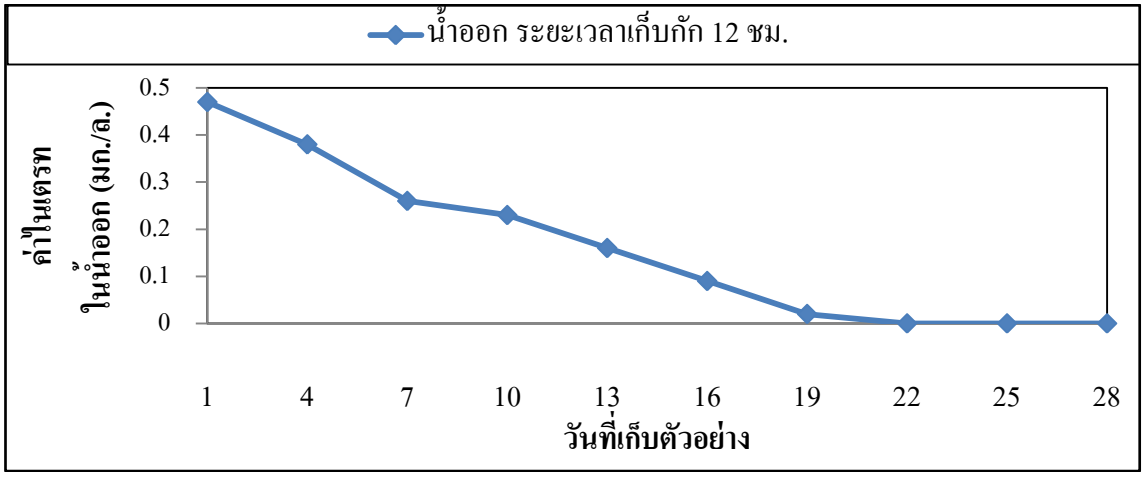
จากการศึกษาพบว่าในน้ำเข้าพบว่ามีค่าไนเตรทน้อยมากหรือเท่ากับ 0 ในขณะที่น้ำออกสามารถตรวจพบค่าไนเตรท โดยค่าไนเตรทในน้ำออกมีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัด และที่ระยะเวลาเก็บกัก 9

และ 6 ชั่วโมงสามารถแบ่งช่วงการบำบัดเป็น 2 ช่วงเนื่องจากช่วงที่ 2 จะมีอัตราการเกิดของ ไนเตรท ลดลงอย่างเห็นได้ชัดเป็นผลมาจากค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่ค่อนข้างสูงที่ส่งผลให้อัตราการใช้ออกซิเจนเพื่อเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์สูงขึ้น 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 ภาระบรรทุกสารอินทรีย์จาก 40 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน พบ ไนเตรทในน้ำเสียออกระบบ 8.8±0.3 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ถ้าเพิ่มระยะเวลาเก็บกักเป็น 9 ชั่วโมง ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 16 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน ค่าไนเตรทในน้ำเสียออกระบบจะลดลงเป็น 8.3±0.6 มิลลิกรัม/ลิตร และสอดคล้องกับงานวิจัยของ

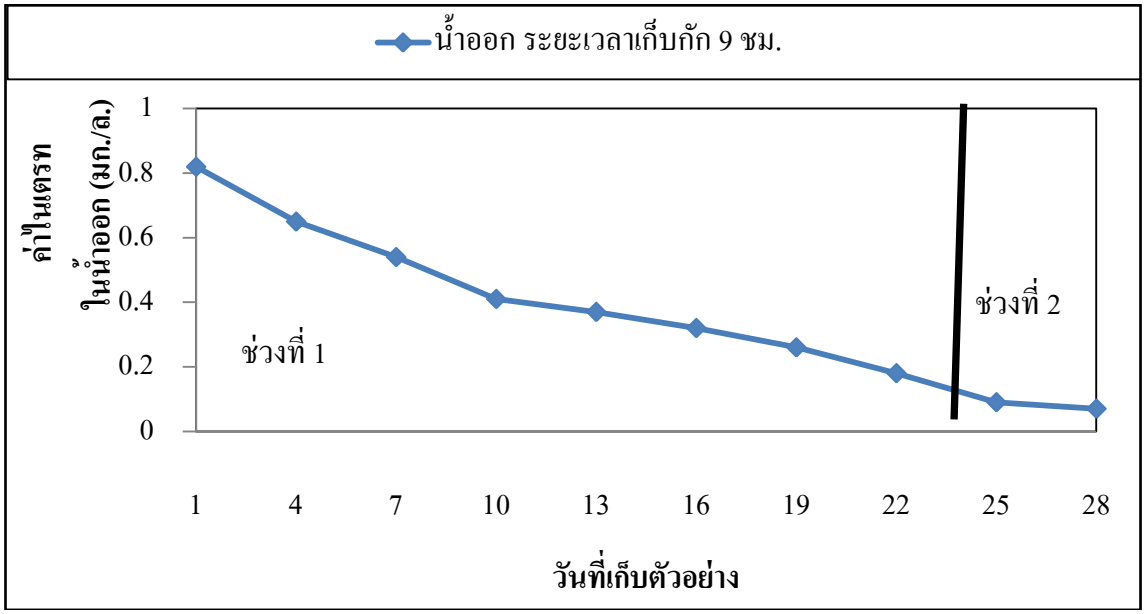
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า ไนเตรทออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.31 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.32-4.34



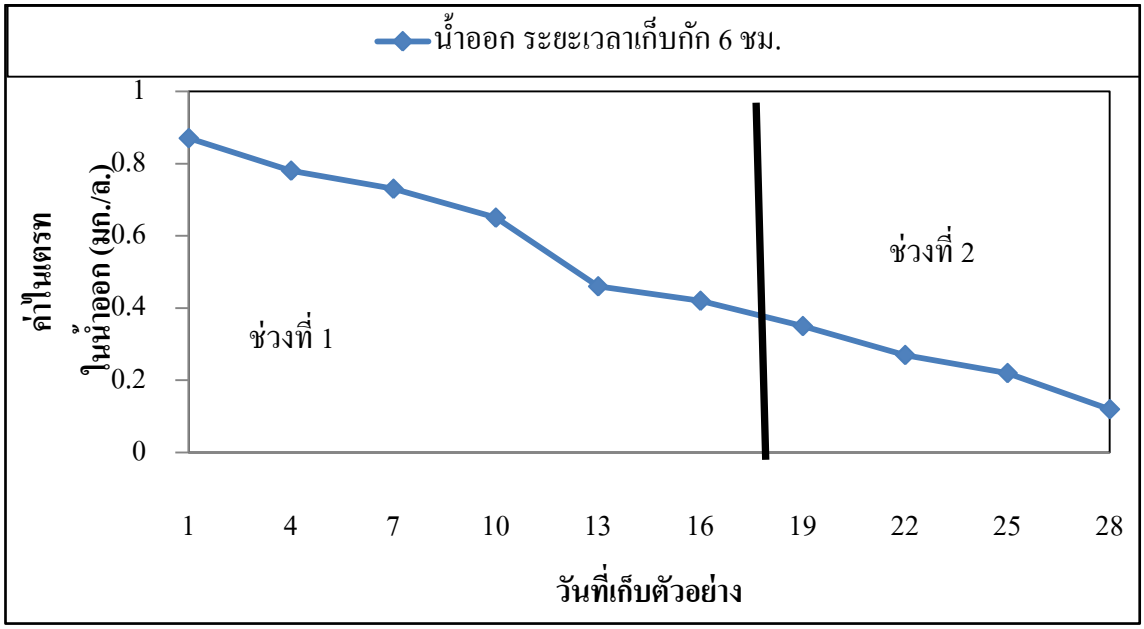
รูปที่ 4.31 ค่าไนเตรทช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออกของระบบที่มีน้ำมัน 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 7.56, 10.03 และ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



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



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



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

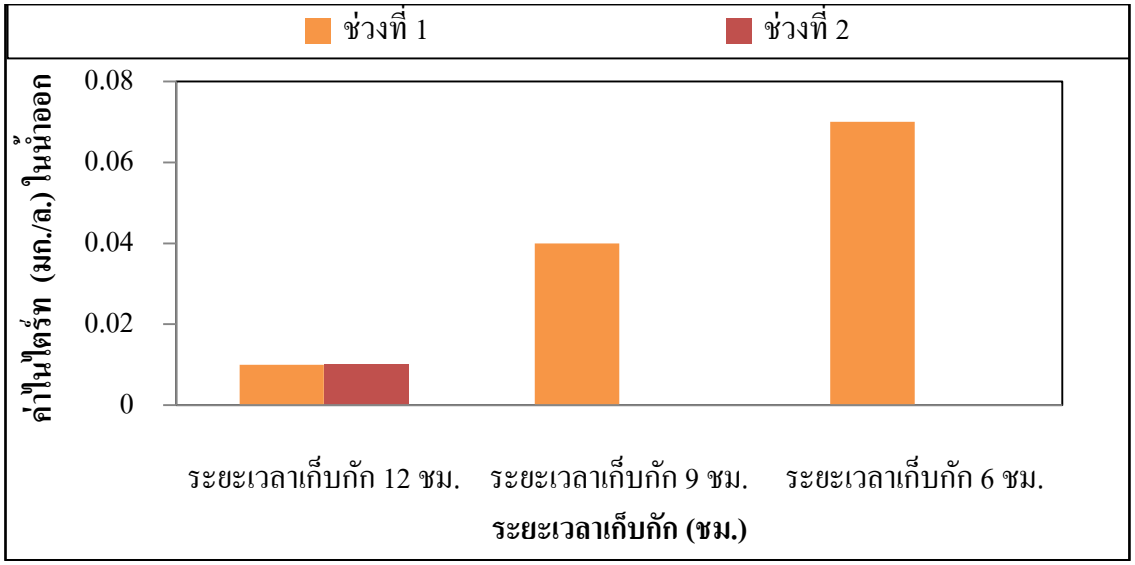
4.1.9 ปริมาณไนไตร์ทของน้ำเสียในระบบ (Nitrite)

จากการวิเคราะห์ค่า ไนไตร์ทที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 200 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 สามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่า ไนไตร์ทของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วงอย่างเห็นได้ชัด โดยที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่าไนไตร์ทน้อยมากหรือเท่ากับ 0 น้ำเสียออกจากระบบ มีค่าไนไตร์ทคิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.01±0.03 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ไนไตร์ทน้อยมากหรือเท่ากับ 0 น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ไนไตร์ทช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.04±0.05 และ 0.00±0.00 มิลลิกรัม /ลิตร ตามลำดับ ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่าไนไตร์ทน้อยมากหรือเท่ากับ 0 น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ไนไตร์ทช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.07±0.07 และ 0.00±0.00 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าไนไตร์ทของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2

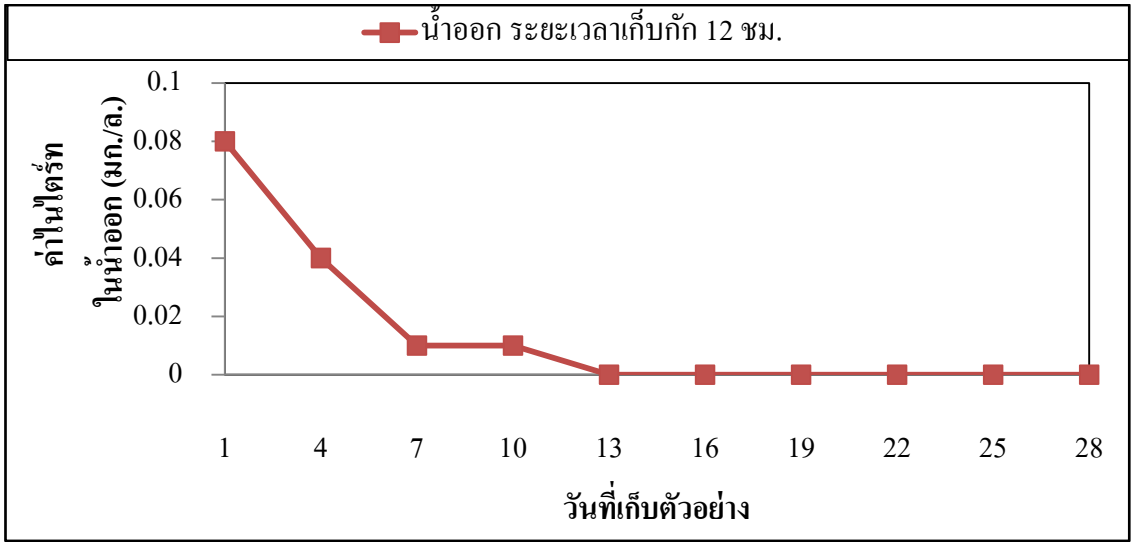
จากการศึกษาพบว่า ในน้ำเข้าพบว่ามีค่า ไนไตร์ท น้อยมากหรือเท่ากับ 0 ในขณะที่น้ำออกสามารถตรวจพบค่า ไนไตร์ท ปริมาณไนไตร์ทในน้ำเสียมีน้อยมาก เนื่องจากไนไตร์ทเป็นสารตัวกลางในการ

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

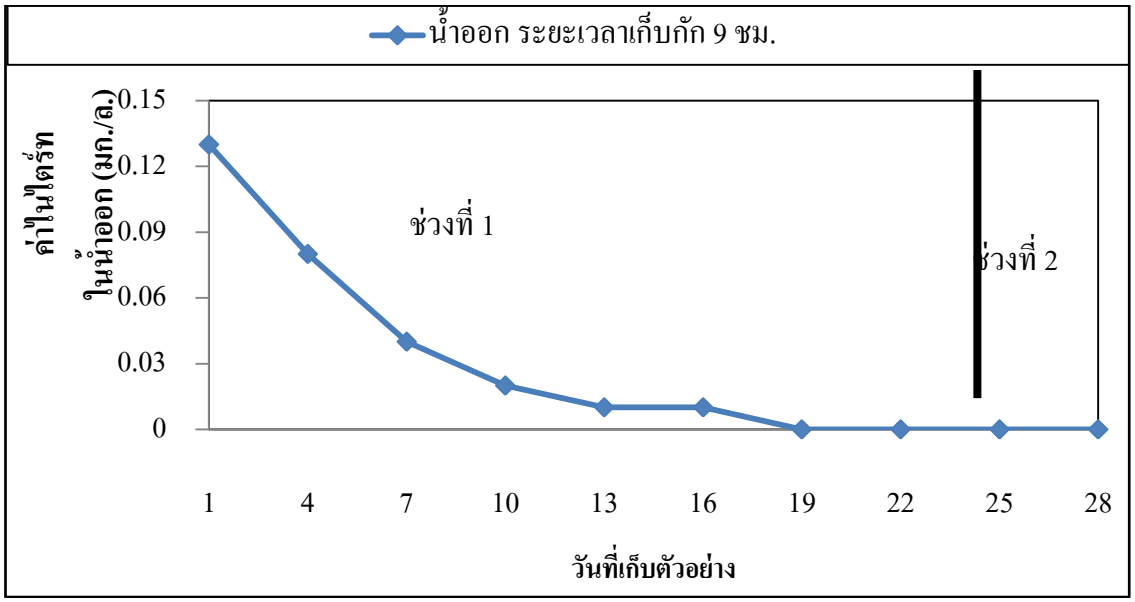
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า ไนไตร์ทในน้ำเสียออกจากระบบบำบัดที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.35 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.36-4.38



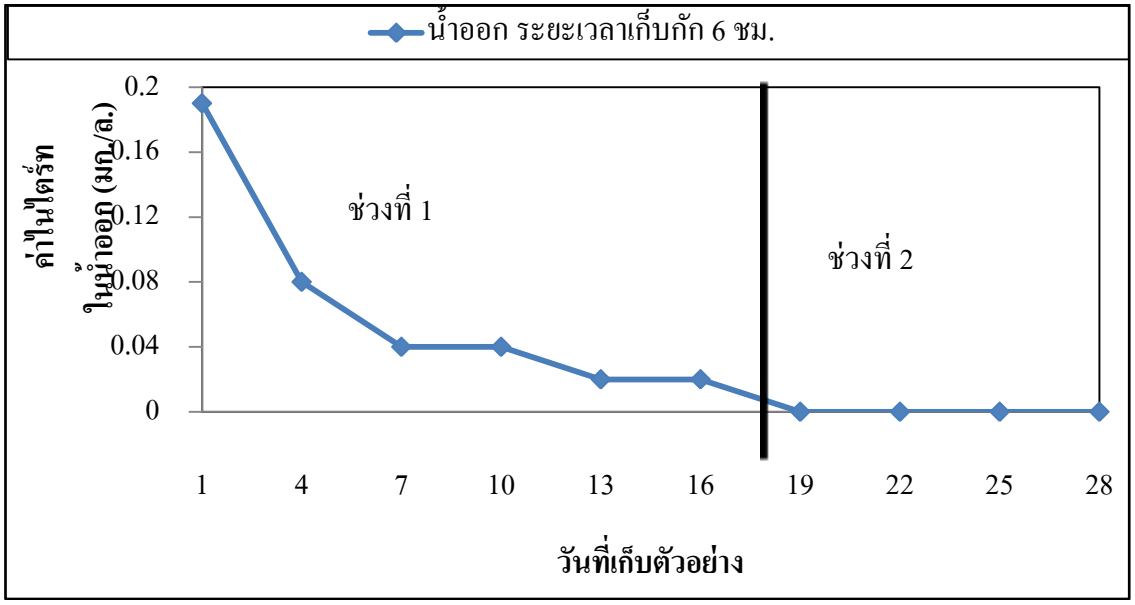
รูปที่ 4.35 ค่าไนไตร์ทช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออกของระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 7.56, 10.03 และ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



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



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



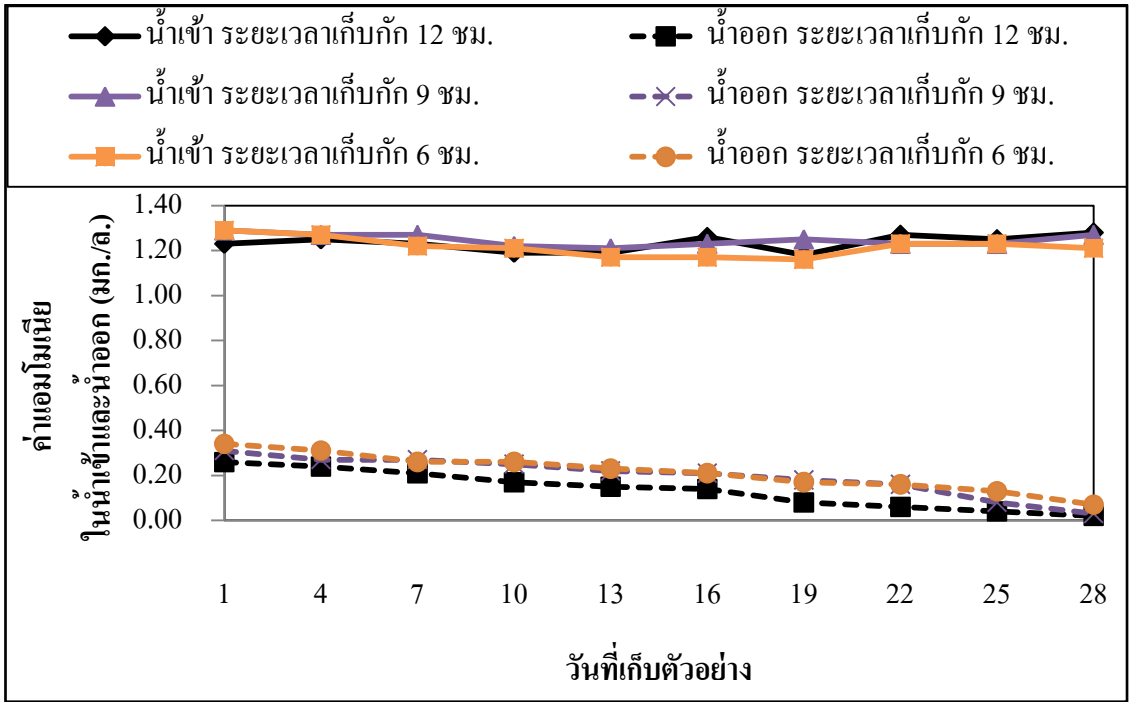
รูปที่ 4.38 ค่าไนไตร์ทช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออกของระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

4.1.10 ปริมาณแอมโมเนียของน้ำเสียในระบบ (Ammonia)

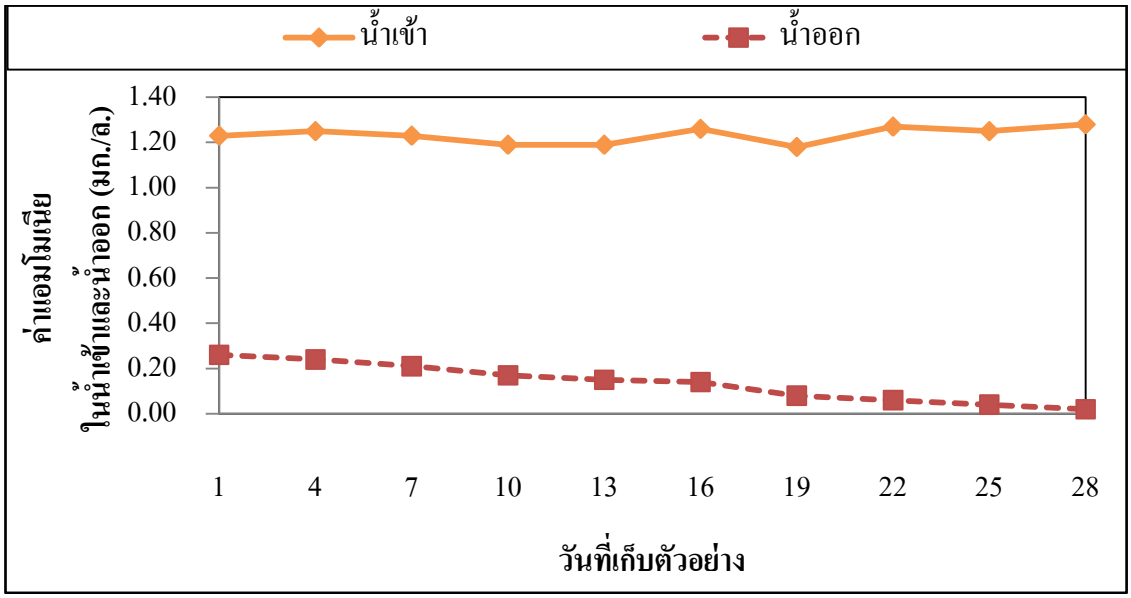
จากการวิเคราะห์ค่า แอมโมเนีย ที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 200 มิลลิกรัม /ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 สามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่าแอมโมเนียของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 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±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 และประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 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 พบแอมโมเนีย ในน้ำเสียออกระบบ 19.4±1.3 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ถ้าเพิ่มระยะเวลาเก็บกักเป็น 9 ชั่วโมง ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 16 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน ค่าแอมโมเนีย ในน้ำเสียออกระบบจะลดลงเป็น 10.1±1.3 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 น้ำเสียออกจากระบบจะมีค่า แอมโมเนียต่ำสุดเท่ากับ 7.9±1.8 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้อยที่สุดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงสุดคือ 4.07 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน จะมีค่าแอมโมเนียในน้ำออกมากที่สุดคือ 9.2±1.6 มิลลิกรัม/ลิตร

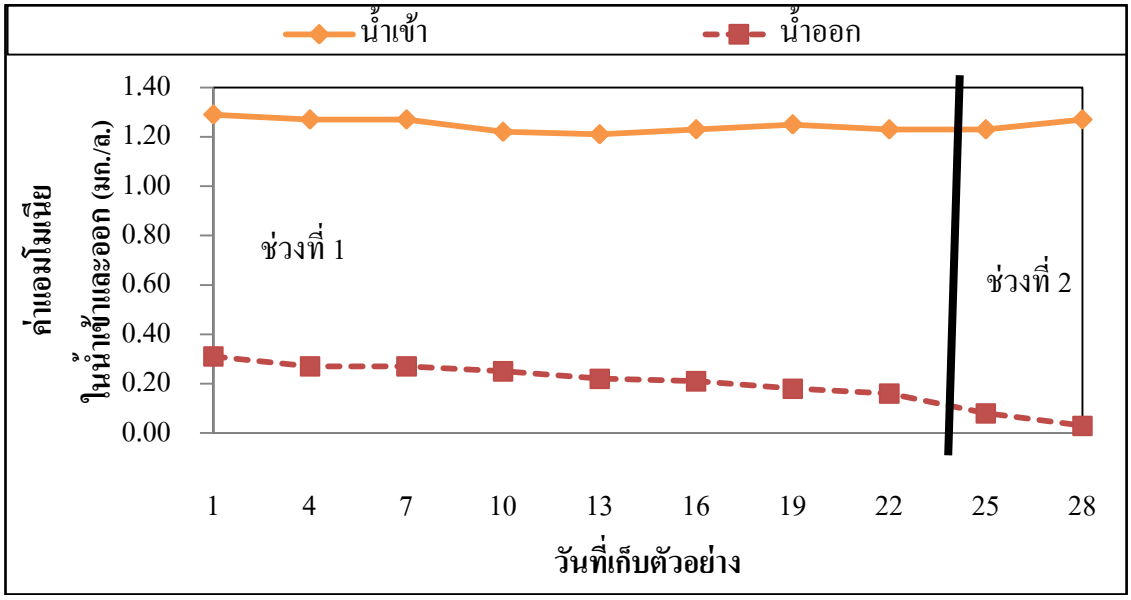
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่าแอมโมเนียของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.39 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.40-4.42 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่า แอมโมเนียของทั้งสองช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก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



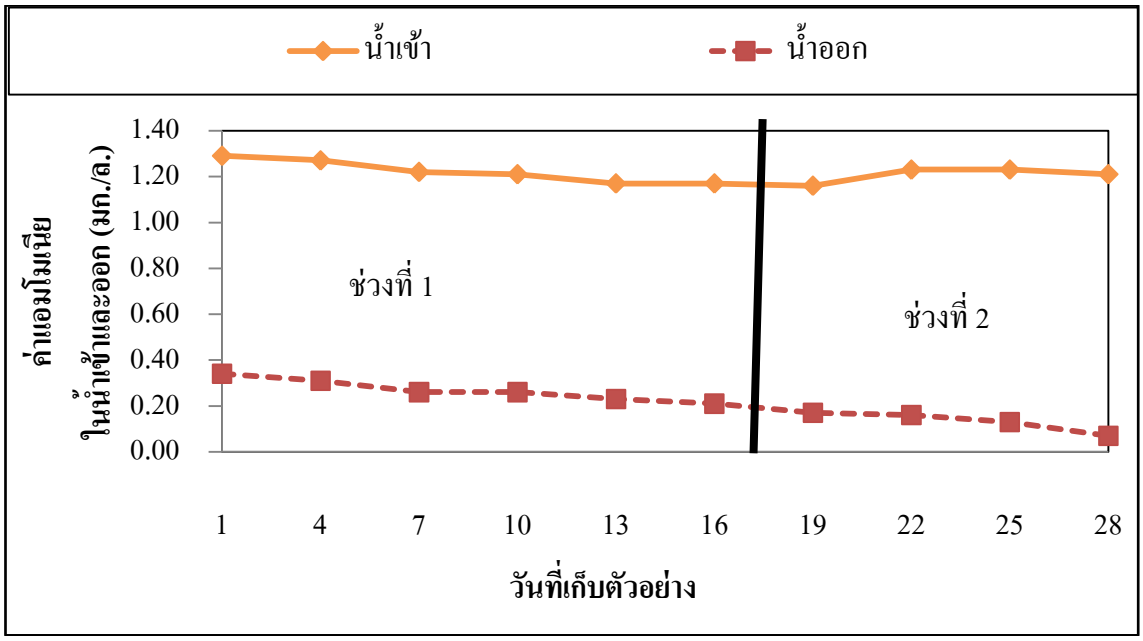
รูปที่ 4.39 ค่าแอมโมเนียในน้ำเข้าและออก ของระบบที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 7.56, 10.03 และ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



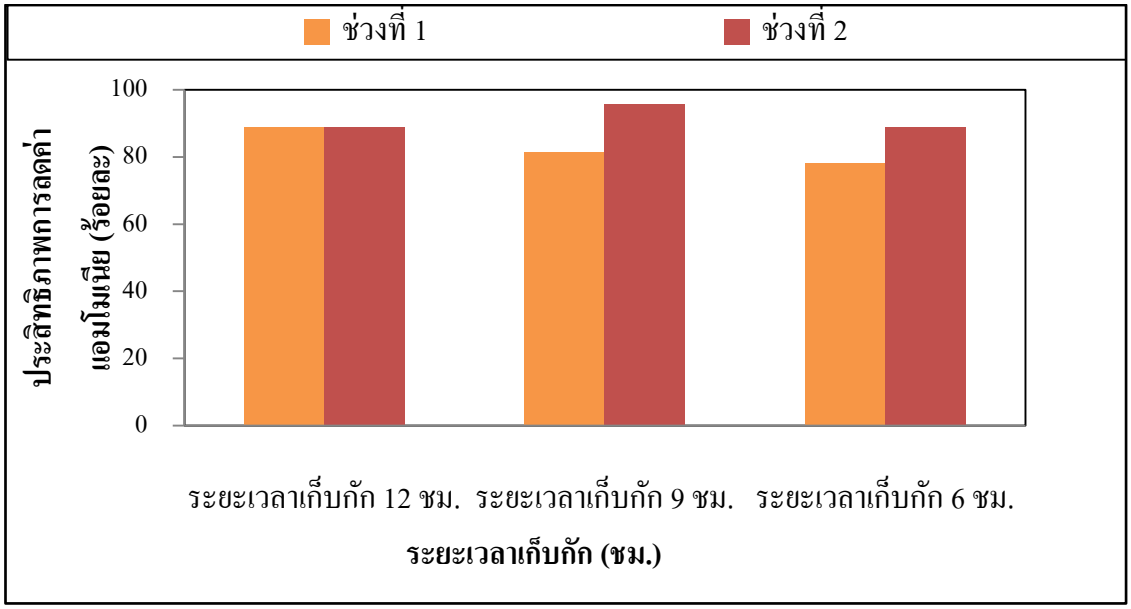
รูปที่ 4.40 ค่าแอมโมเนียในน้ำเข้าและออกของระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 200มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 7.56 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



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



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



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

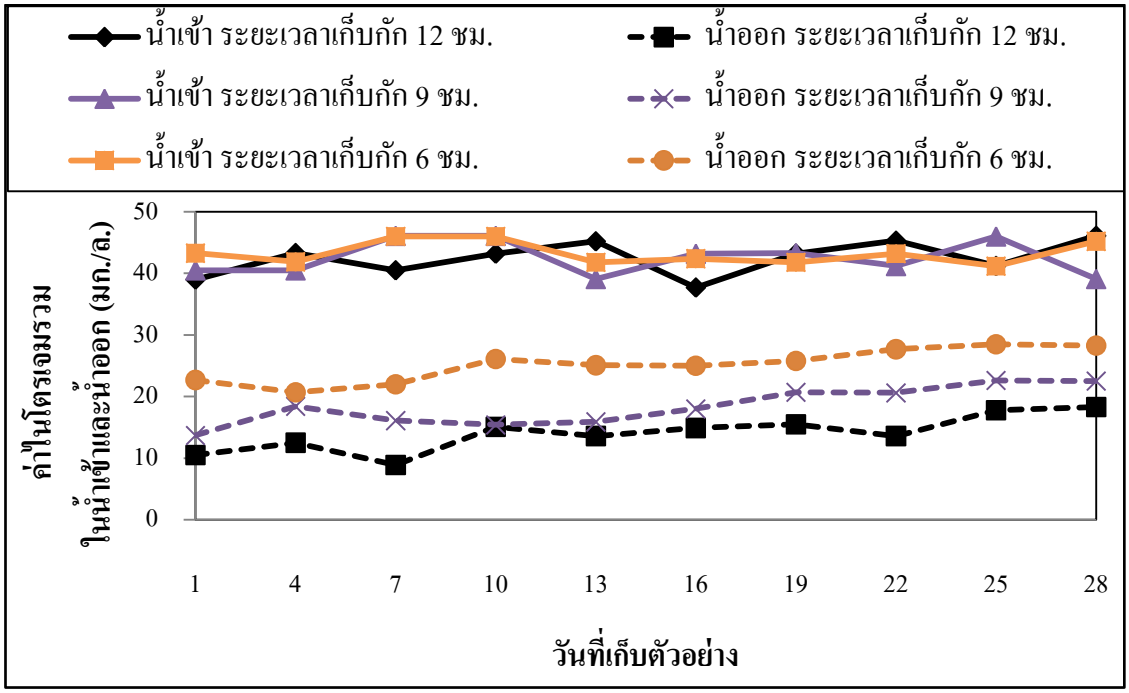
4.1.11 ประสิทธิภาพการลดค่าผลรวมไนโตรเจนของระบบ (Total Nitrogen)

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

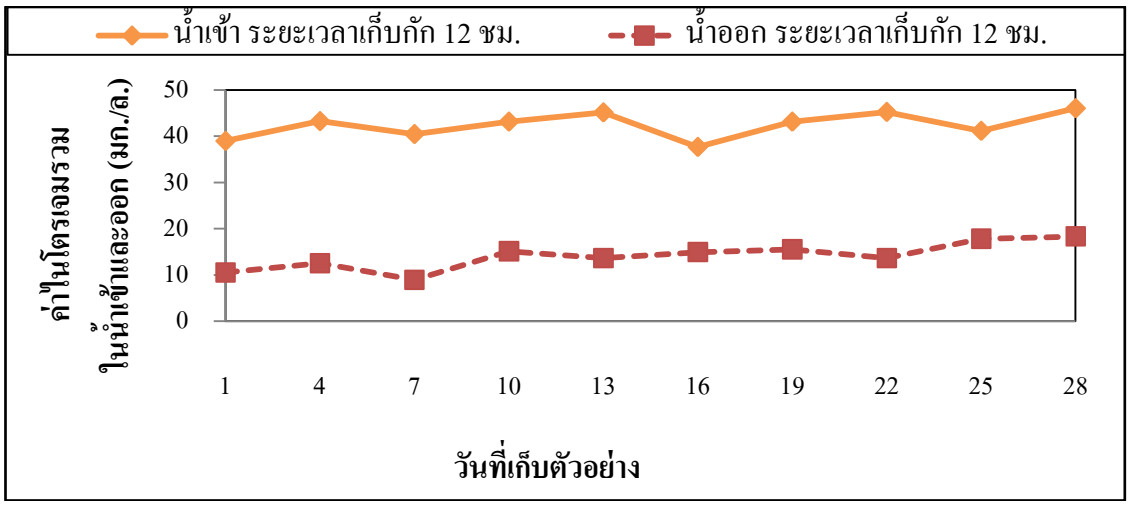
น้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2 และประสิทธิภาพการบำบัดของช่วงที่ 1 จะสูงกว่าช่วงที่ 2 ด้วย

จากการศึกษาพบว่า ระบบ Packed Cage RBC มีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าผลรวมไนโตรเจนและประสิทธิภาพการบำบัดค่าผลรวมไนโตรเจนจะแปรผันตามระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย หรือแปรผกผันกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ โดยระบบที่มีระยะเวลาเก็บกักนาน หรือมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำจะมีประสิทธิภาพการบำบัดที่ดีกว่า เนื่องจากจุลินทรีย์ที่เติบโตในระบบที่รับภาระบรรทุกต่ำจะมีอัตราการเจริญเติบโตและตายช้ากว่าระบบที่รับภาระบรรทุกสูง และ พบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง สามารถแบ่งช่วงการบำบัดเป็น 2 ช่วงเนื่องจากช่วงที่ 2 จะมีประสิทธิภาพการบำบัดลดลงเนื่องจากฟิล์มชีวะที่เริ่มหนาเกินไปจะเริ่มหลุดลอกออกจากตัวกลาง 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

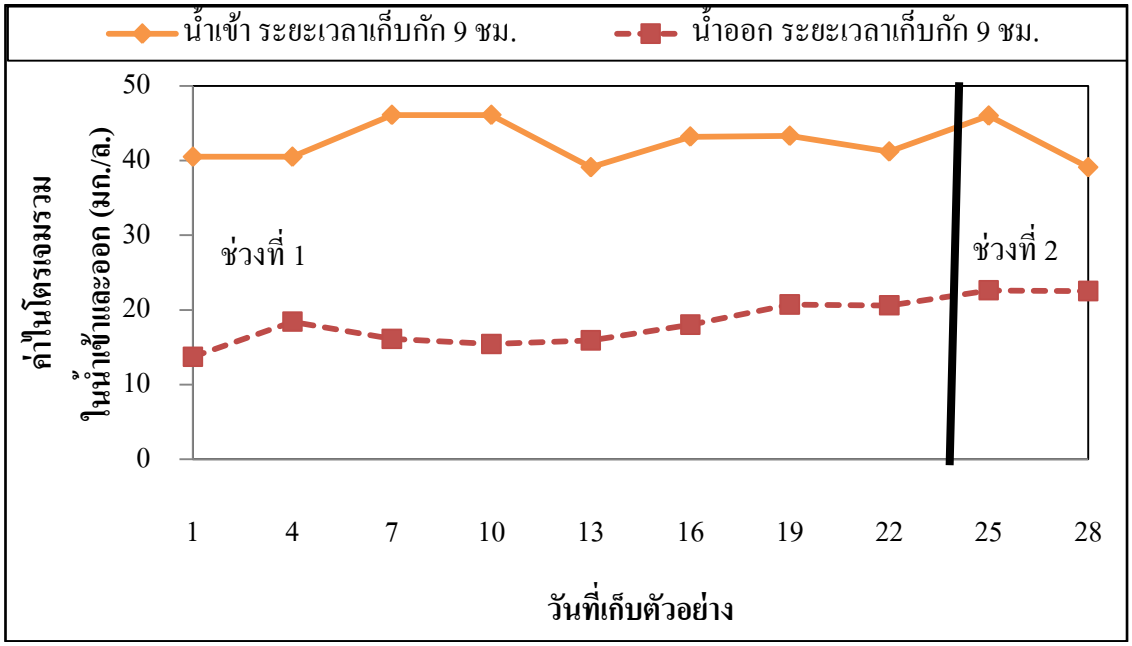
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า ค่าผลรวมไนโตรเจน ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.44 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.45-4.47 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่าผลรวมไนโตรเจนของทั้งสองช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก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



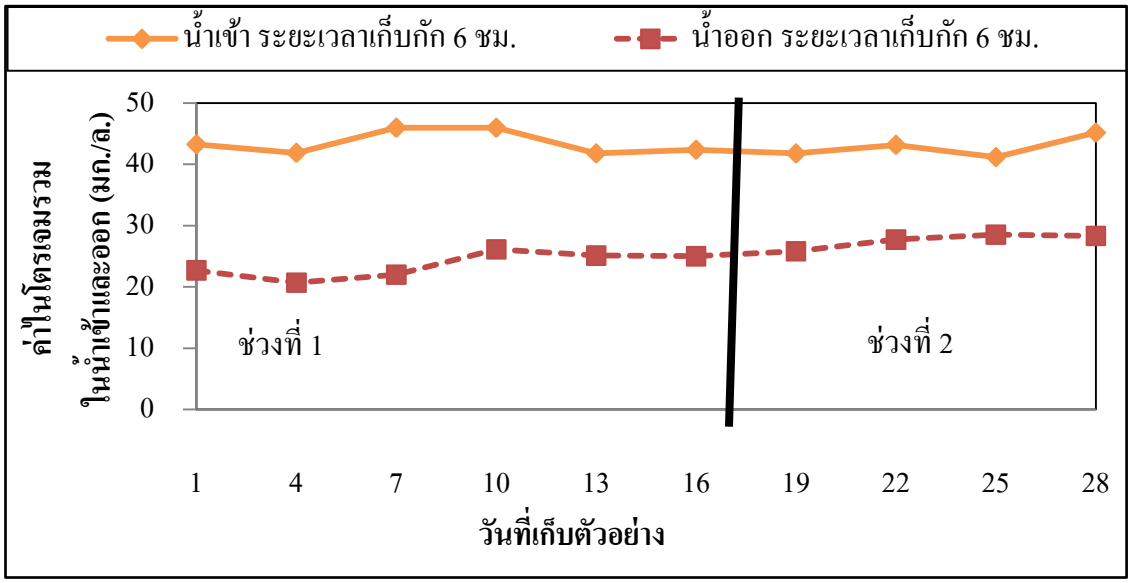
รูปที่ 4.44 ค่าผลรวมไนโตรเจนของระบบที่มีน้ำมันเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 7.56, 10.03 และ 15.12 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



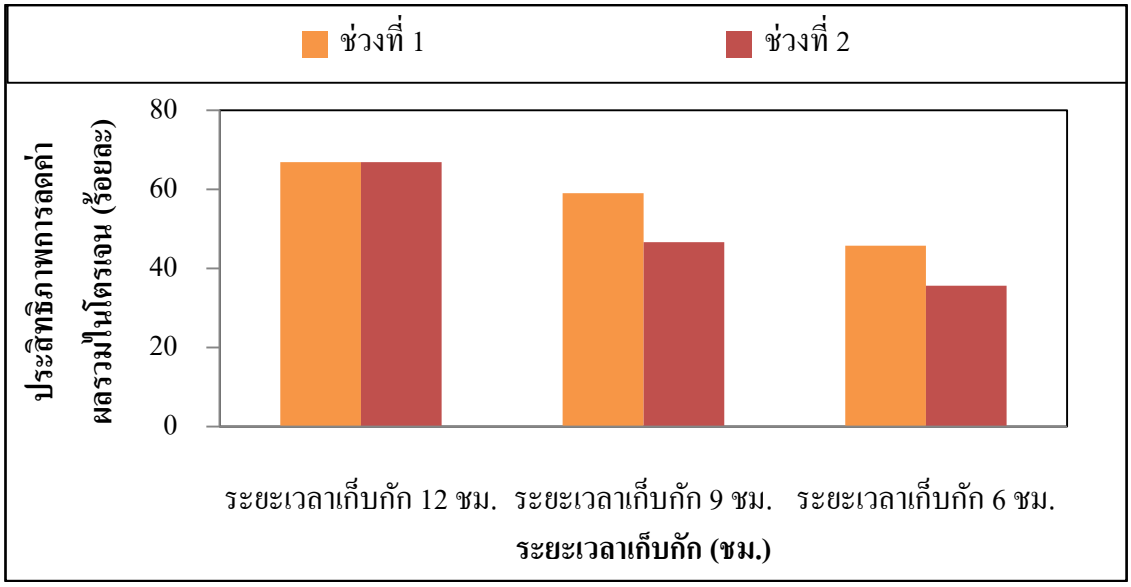
รูปที่ 4.45 ค่าผลรวมไนโตรเจนในน้ำเข้าและออก ของระบบที่มีน้ำมันปาล์มเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 7.56 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



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



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



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

4.2 ผลการทดลองชุดที่ 2

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

4.2.1 ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี Biological Oxygen Demand: BOD)

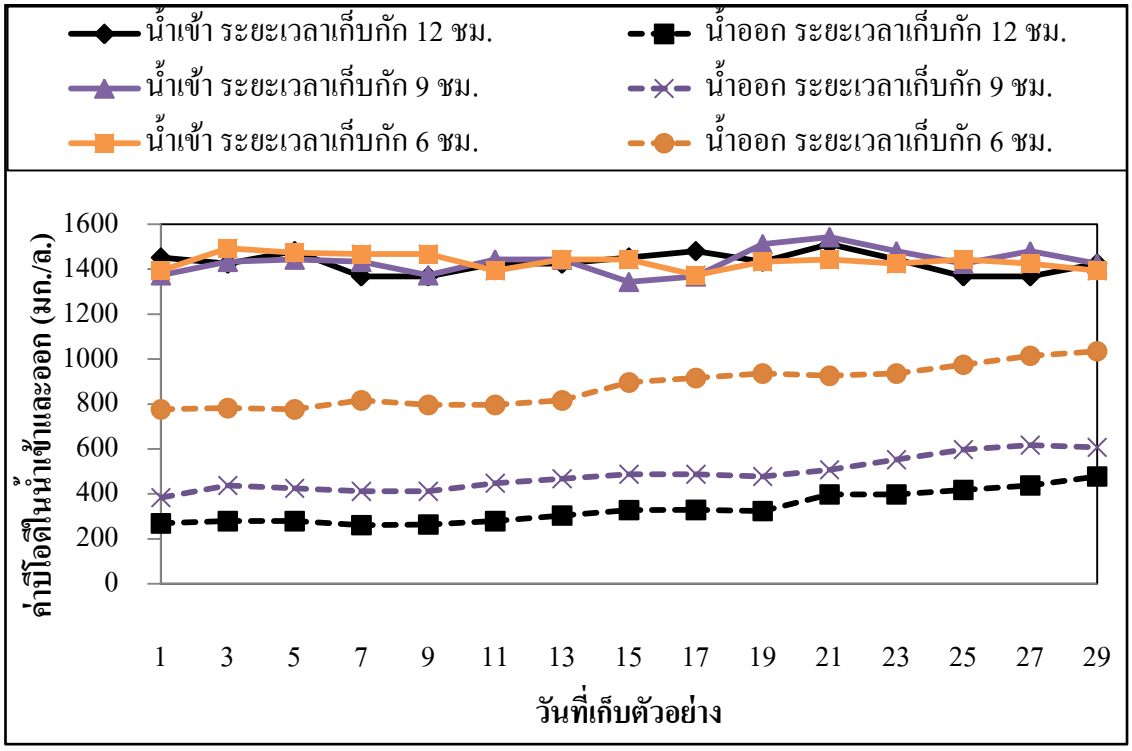
จากการวิเคราะห์ค่า บีโอดีที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 400 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่า บีโอดีของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วง โดยที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าบีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 1438.36±42.25 และ 1386.80±32.29 และ มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่าบีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 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 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าบีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 1427.75±61.20 และ 1452.05±32.29 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า 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 บีโอดีของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2 และประสิทธิภาพการบำบัดของช่วงที่ 1 จะสูงกว่าช่วงที่ 2 ด้วยและที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า บีโอดี คิดเป็นค่าเฉลี่ย 1446.52±36.73 และ 1418.97±26.31 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า 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 บีโอดี จะแปรผันตามระยะเวลาเก็บกัก กล่าวคือยิ่งระยะเวลาเก็บกักมากขึ้นประสิทธิภาพในการบำบัดจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มระยะเวลาเก็บกักเป็นการลดภาระบรรทุกสารอินทรีย์ในระบบจึงทำให้ระบบรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์น้อยลง ระบบจึงมีประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดีมากขึ้น อีกทั้งปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่มีจำกัดจึงเป็นตัวกำหนดการย่อยสลายสารอินทรีย์เพราะออกซิเจนเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ในน้ำ ถ้าภาระ

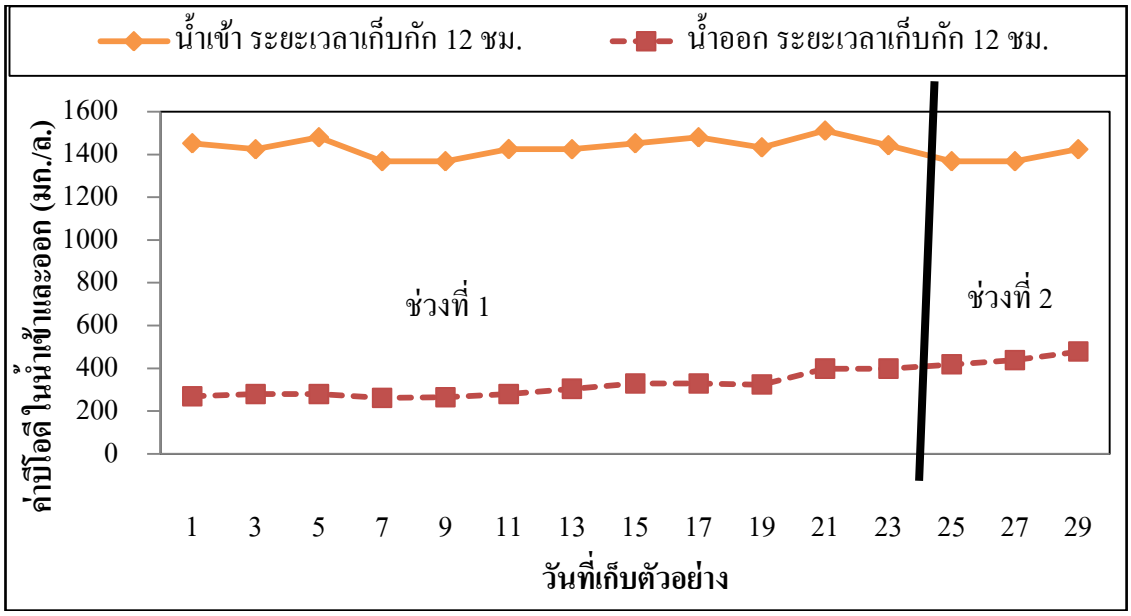
บรรทุกสารอินทรีย์ในระบบมากเกินไปออกซิเจนละลายน้ำของระบบจะไม่เพียงพอต่อการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบลดลง และการลดภาระบรรทุกสารอินทรีย์นี้จะไม่ทำให้ฟิล์มชีวะที่เจริญอยู่บนตัวกลางเติบโตจนหนาและหลุดลอกเร็วเกินไปทำให้ระบบสามารถคงประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดีได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sirianuntapiboon [7] ได้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียที่มีคลอรีนปนเปื้อน ด้วยระบบบำบัด Packed Cage RBC ที่ระยะเวลาเก็บกัก 16, 12 และ 8 ชั่วโมงพบว่าที่ระยะเวลาเก็บกักมากที่สุดเท่ากับ 16 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำสุดคือ 2.04 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน ระบบจะมีประสิทธิภาพการบำบัดค่อนข้างคงที่ และกำจัด บีโอดีสูงสุดได้ถึง 2.01 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน คิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 92.5±1.2 แต่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้อยที่สุดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบำบัดสูงสุดคือ 4.07 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน ระบบจะมีประสิทธิภาพการบำบัดไม่คงที่และมีประสิทธิภาพการบำบัดต่ำกว่า โดยสามารถกำจัดบีโอดีได้ 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 มีประสิทธิภาพการบำบัด บีโอดี สูงสุดคิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 92.8±0.7 แต่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้อยที่สุดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงสุดคือ 4.07 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน จะมีประสิทธิภาพการบำบัดต่ำกว่า คิดเป็นร้อยละ 89.5±0.5

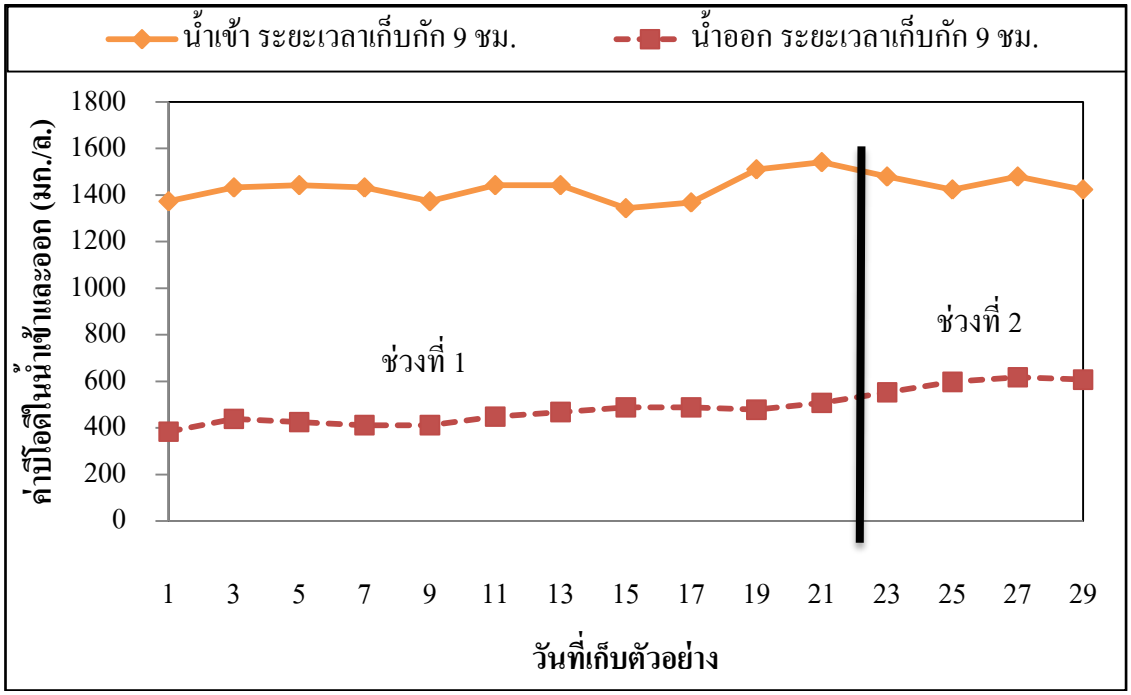
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า บีโอดีของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.49 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.50-4.52 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่า บีโอดีของทั้งสองช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12,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



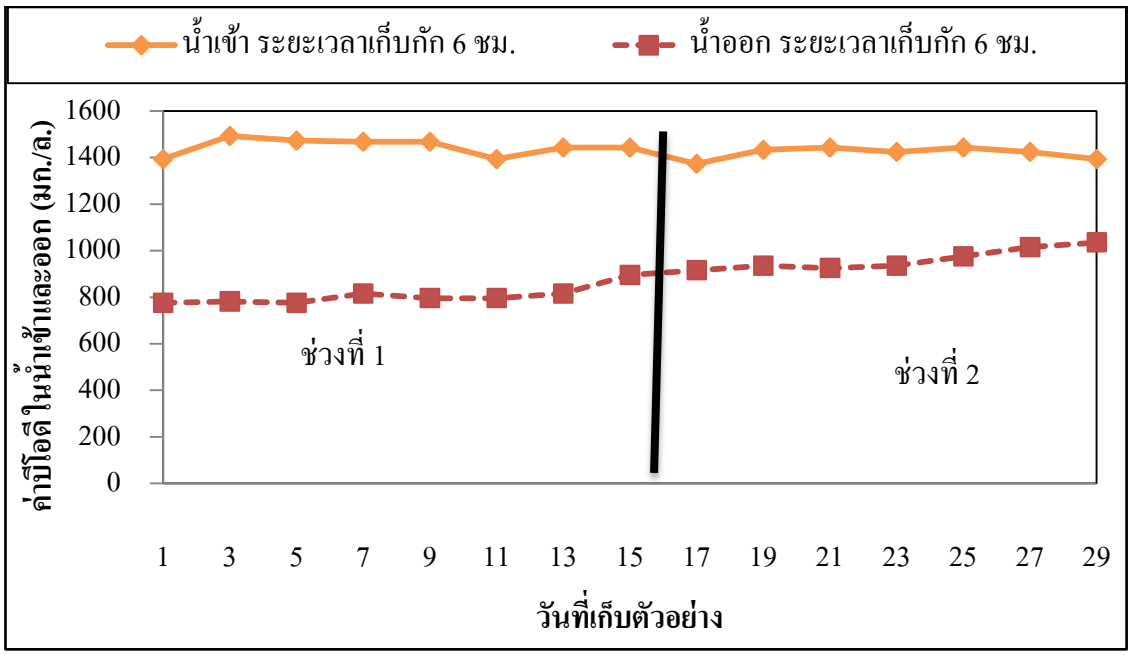
รูปที่ 4.49 ค่าบีโอดีในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันปาล์มเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 9.66, 12.81 และ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



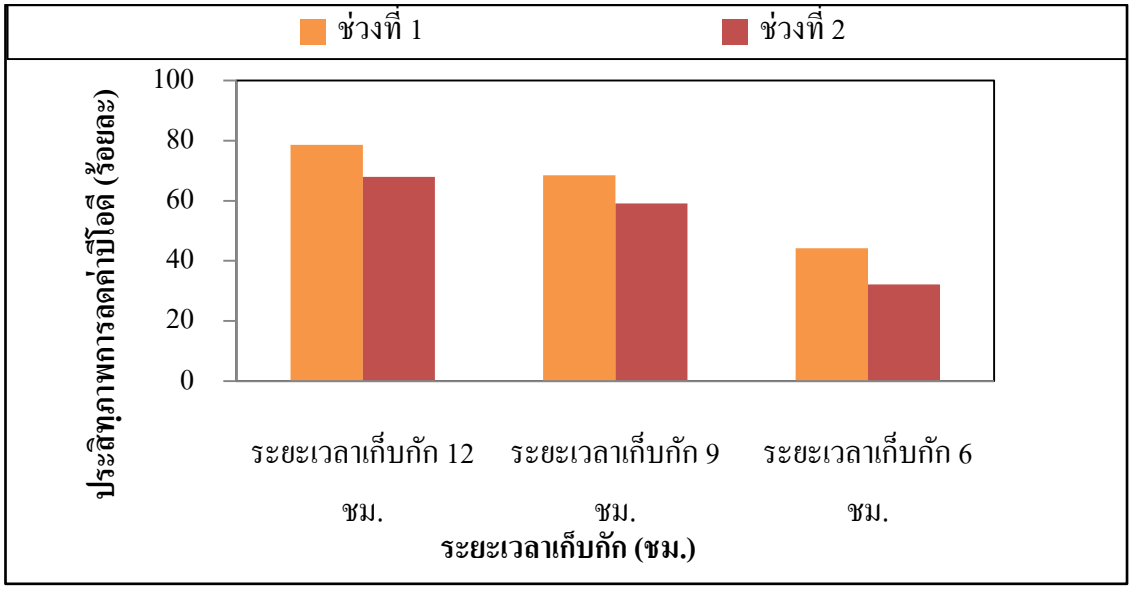
รูปที่ 4.50 ค่าบีโอดีช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 9.66 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



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



รูปที่ 4.52 ค่าบีโอดีช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 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)

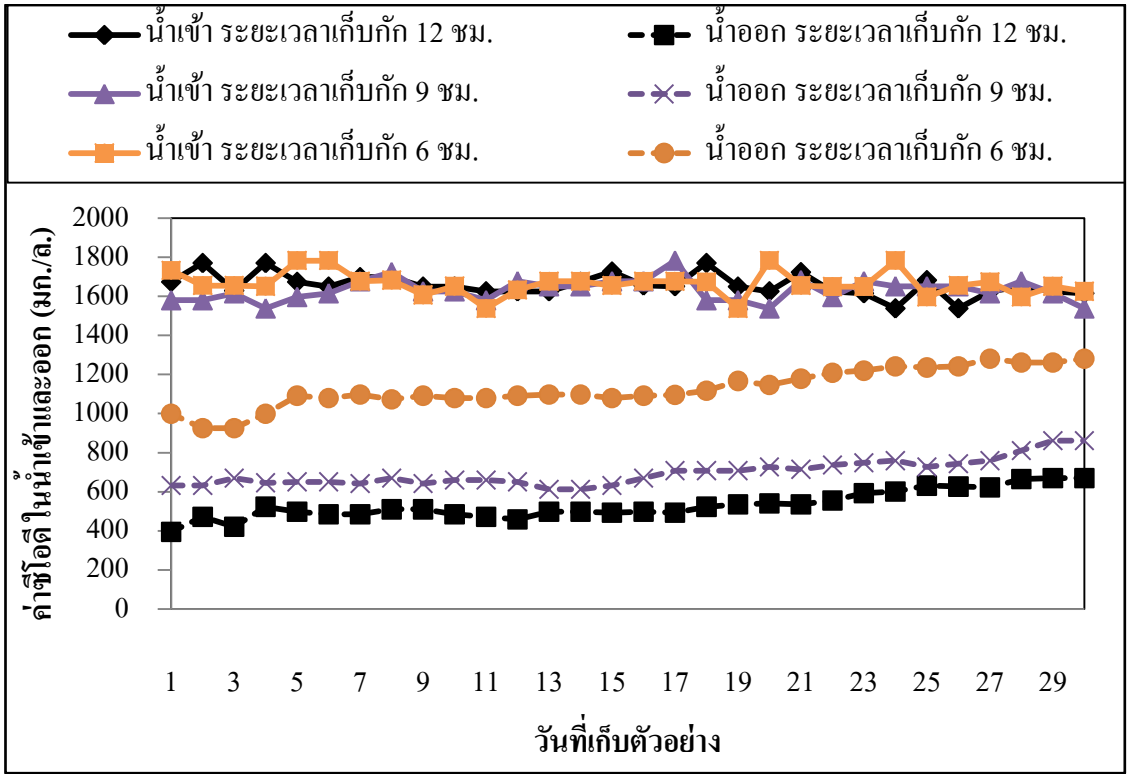
จากการวิเคราะห์ค่า ซีโอดีที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 400 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ชั่วโมง พบว่าสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วงโดยพิจารณาค่า ซีโอดี ของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 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 และประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 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 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ซีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย1671.35±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 ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง

ค่าซีโอดีของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2 และประสิทธิภาพการบำบัดของช่วงที่ 1 จะสูงกว่าช่วงที่ 2 ด้วย

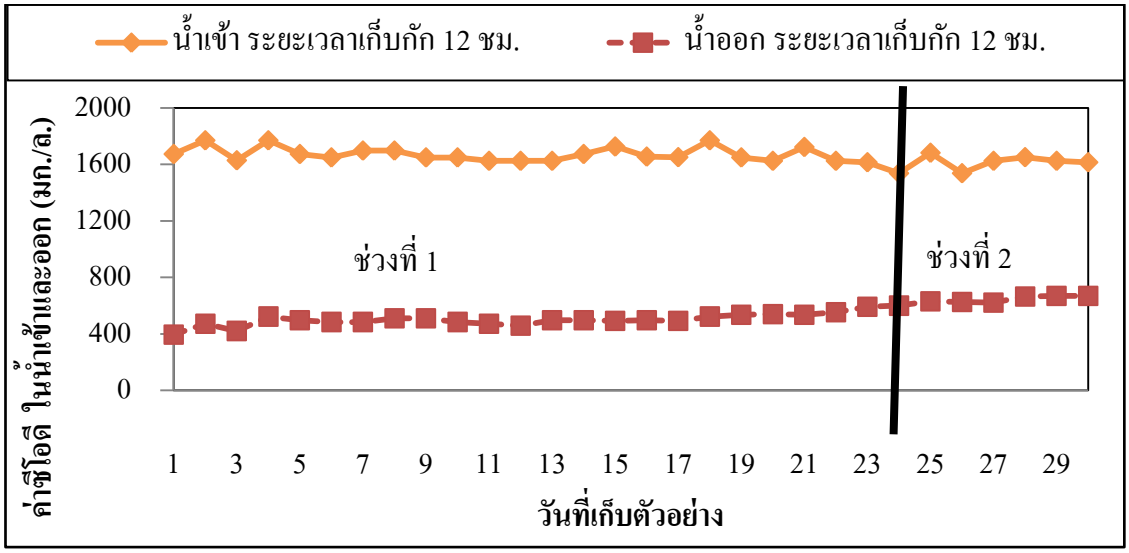
จากการทดลองพบว่าระบบบำบัด Packed Cage RBC มีประสิทธิภาพในการบำบัด ซีโอดี และถ้าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ลดลง หรือเพิ่มระยะเวลาเก็บกักจะทำให้ประสิทธิภาพการบำบัด ซีโอดีเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Malandra และคณะ [11] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ RBC ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตไวน์ จากการศึกษาพบว่าค่า 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 เพราะที่ระยะเวลาเก็บกักต่ำระบบจะต้องรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่สูงกว่าทำให้เชื้อจุลินทรีย์เข้าสู่ 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

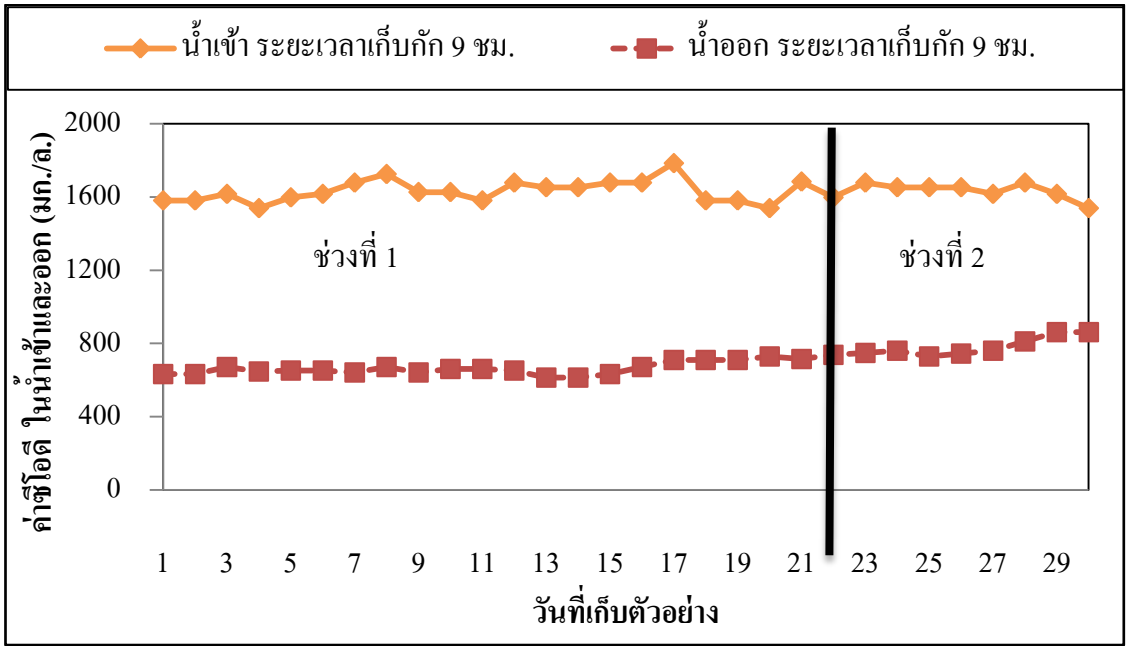
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า ซีโอดีของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.54 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.55-4.57 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่า ซีโอดีของทั้งสองช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12,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



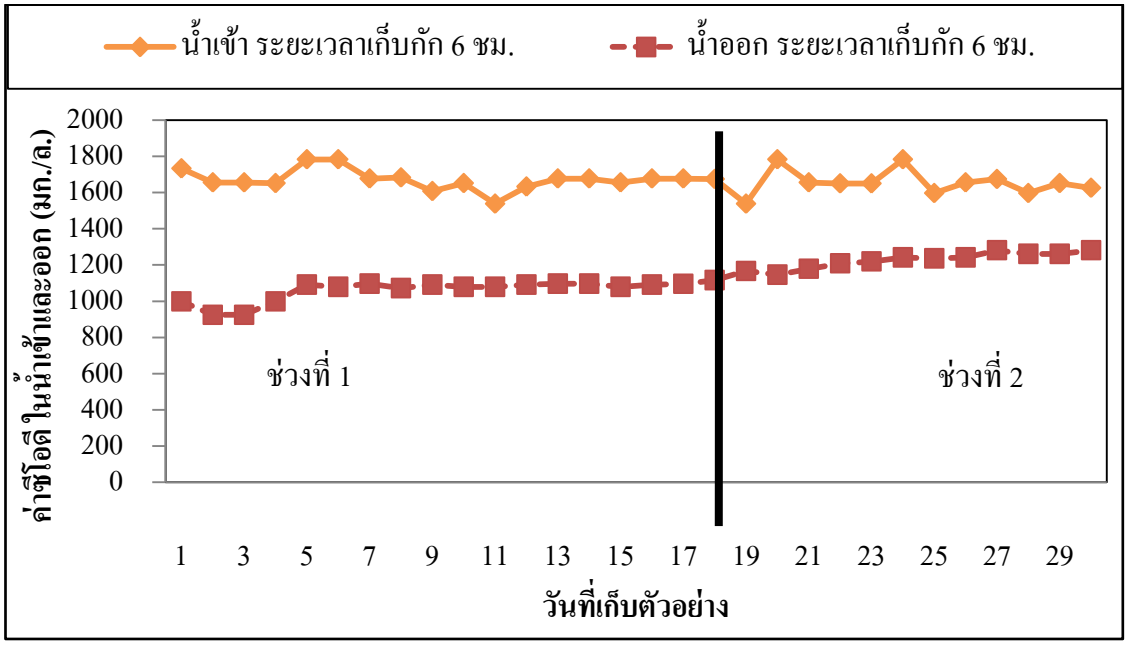
รูปที่ 4.54 ค่าซีโอดีในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 9.66, 12.81 และ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



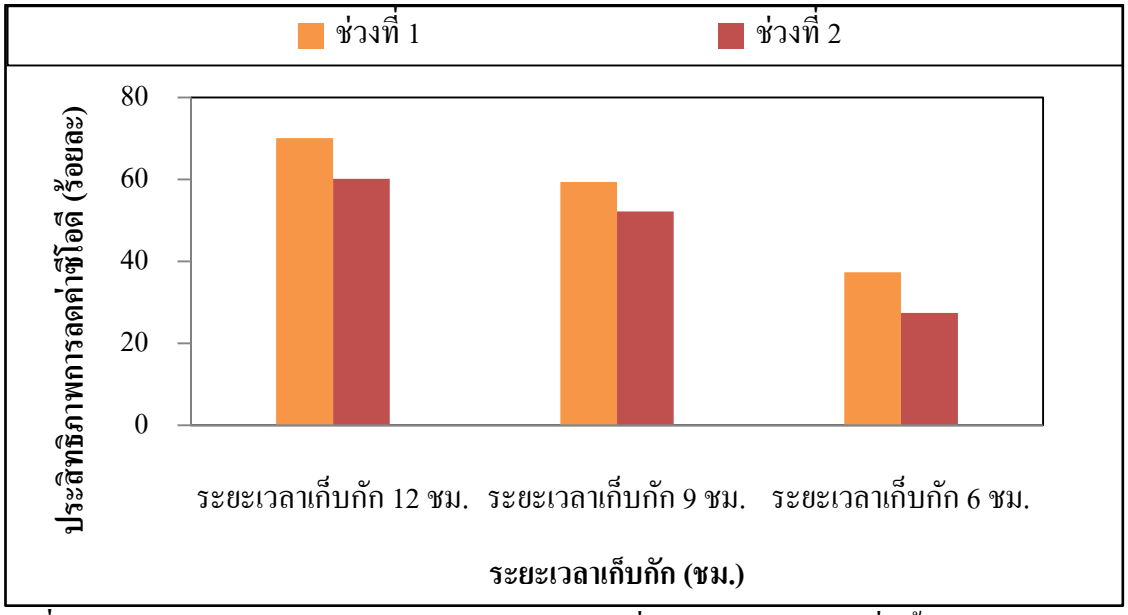
รูปที่ 4.55 ค่าซีโอดีช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 9.66 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.56 ค่าซีโอดีช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 12.81 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.57 ค่าซีโอดีช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



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

4.2.3 ปริมาณสารแขวนลอยในน้ำเสียออกระบบ (Suspended Solid: SS)

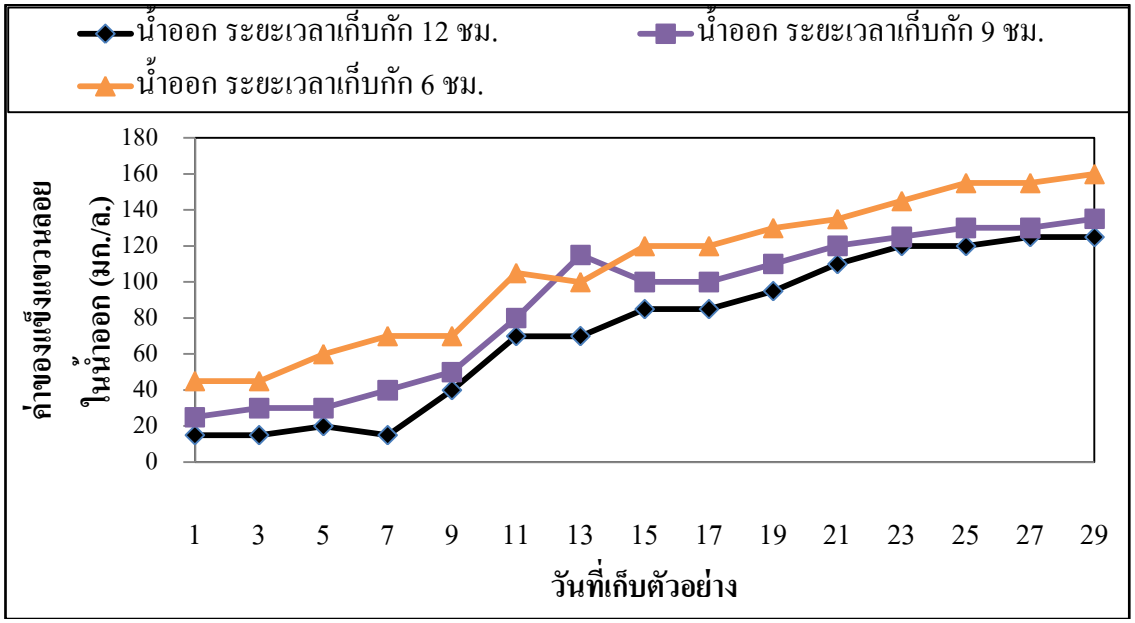
จากการวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอยที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 400 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 พบว่าสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่า ของแข็งแขวนลอย ของน้ำเสียออกจากระบบที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วง โดยที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ของแข็งแขวนลอย 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/ลิตรที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ของแข็งแขวนลอย คิดเป็นค่าเฉลี่ย 76.88±28.28 และ 142.86±14.96 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2

จากการศึกษาพบว่าค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำออกจะแปรผกผันกับกับระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียหรือแปรผันตามภาระบรรทุกสารอินทรีย์ กล่าวคือภาระบรรทุกสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าของแข็งแขวนลอย ในน้ำออกจะเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่สูงขึ้นทำให้จุลินทรีย์เกิดกระบวนการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ในน้ำเสียมาใช้ในการเติบโตและแบ่งเซลล์เพิ่มขึ้นในขณะ

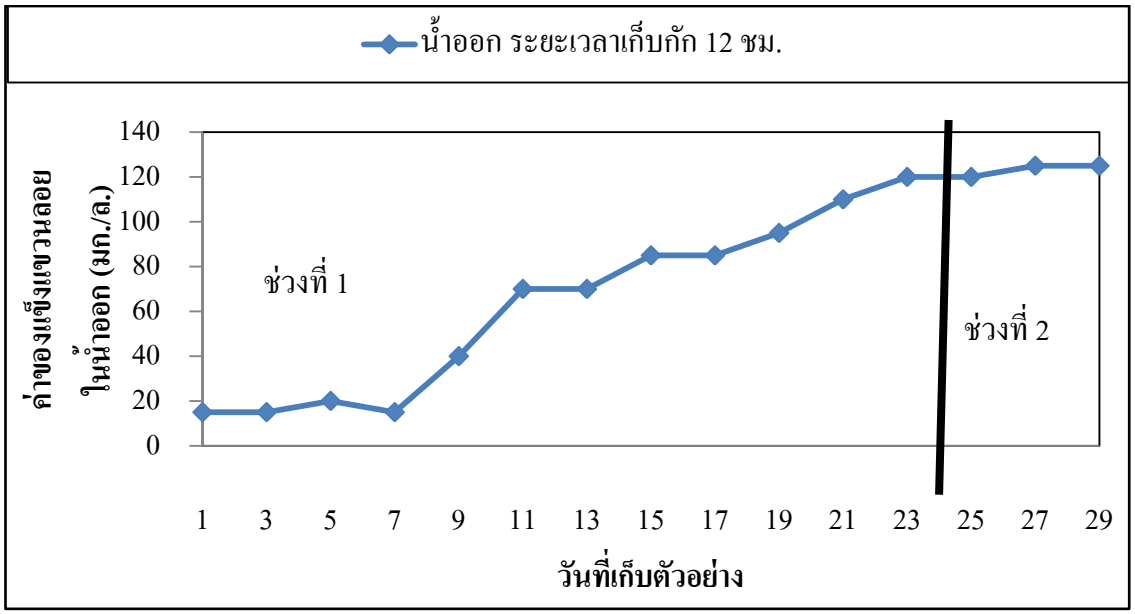
ที่ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของระบบมีจำกัดทำให้ออกซิเจนไม่เพียงพอต่อจุลินทรีย์ อีกทั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทำให้ฟิล์มชีวะหนาขึ้นจนออกซิเจนไม่สามารถแพร่ผ่านได้ทำให้ชั้นในสุดของฟิล์มชีวะเกิดสภาวะไร้อากาศส่งผลให้จุลินทรีย์ด้านในตายลงทำให้เกิดการหลุดลอกของฟิล์มชีวะที่ยึดเกาะกับตัวกลาง จึงทำให้ค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียเพิ่มสูงขึ้นมาก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

นอกจากนี้ยังพบว่า สามารถแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงเนื่องจากค่าของแข็งแขวนลอยที่แตกต่างกันอันเป็นผลมาจากการเติบโตของฟิล์มชีวะทำให้ฟิล์มชีวะหนาขึ้นเรื่อยๆ จนเกิดสภาวะไร้อากาศของชั้นในสุดของฟิล์มชีวะทำให้ฟิล์มชีวะหลุดลอกในช่วงที่สองของการเดินระบบ ส่งผลให้ค่าของแข็งแขวนลอยในช่วงที่สองเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งฟิล์มชีวะของระบบที่ใช้ระยะเวลาเก็บกักต่ำกว่าจะเกิดการหลุดลอกเร็วกว่าระบบที่ใช้ระยะเวลาเก็บกักนานกว่า เนื่องจากระยะเวลาเก็บกักที่ต่ำทำให้ระบบต้องรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่สูงกว่าทำใช้เชื้อตายเร็วกว่าและหลุดลอกออก 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 น้ำเสียออกจากระบบจะมีค่า ของแข็งแขวนลอยต่ำสุดเท่ากับ 18±2 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้อยที่สุดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงสุดคือ 4.07 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน จะมีค่าของแข็งแขวนลอย ในน้ำออกมากที่สุดคือ 25±2 มิลลิกรัม/ลิตร

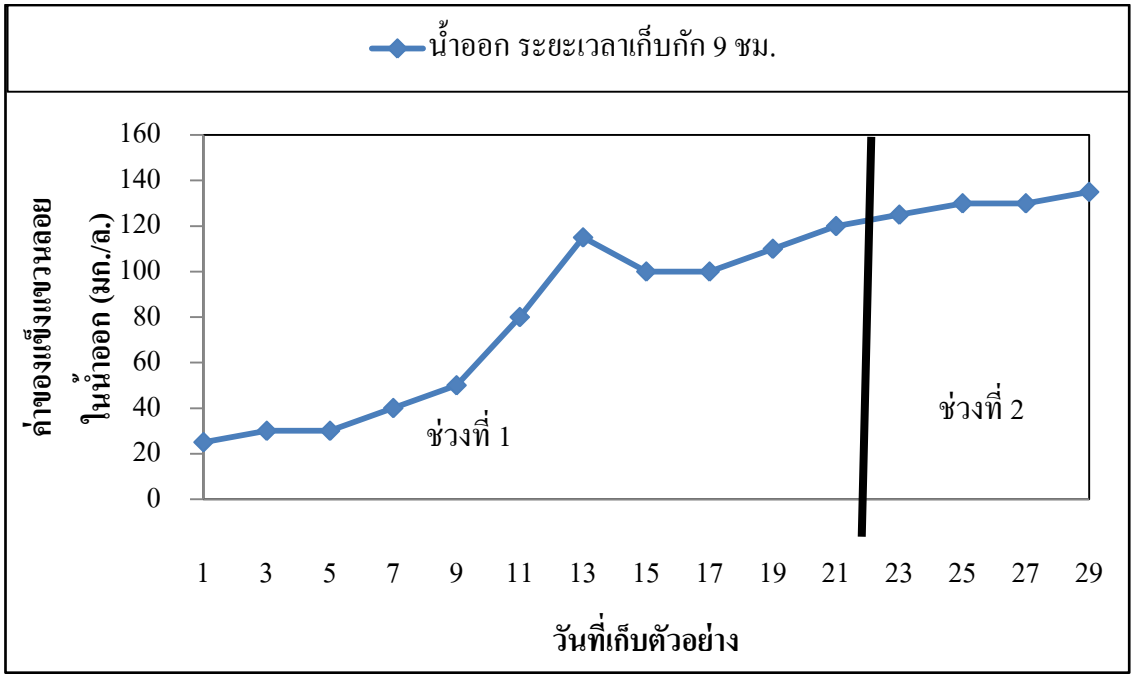
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่าของแข็งแขวนลอยของเสียออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.59 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.60-4.62



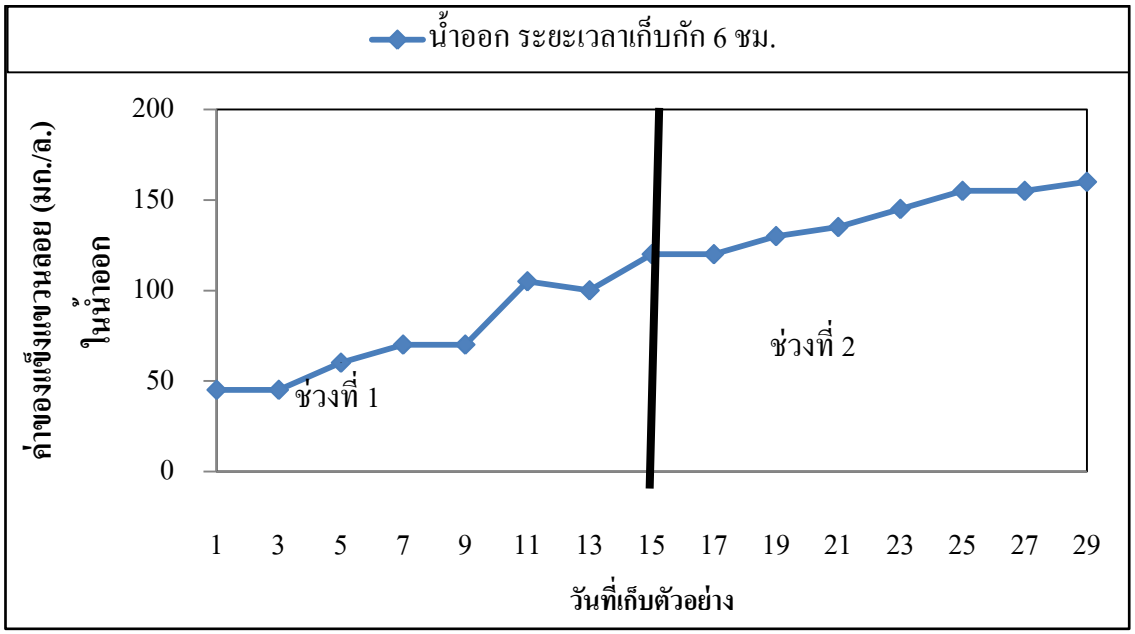
รูปที่ 4.59 ค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำออกจากระบบที่มีน้ำมัน 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 9.66, 12.81 และ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



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



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



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

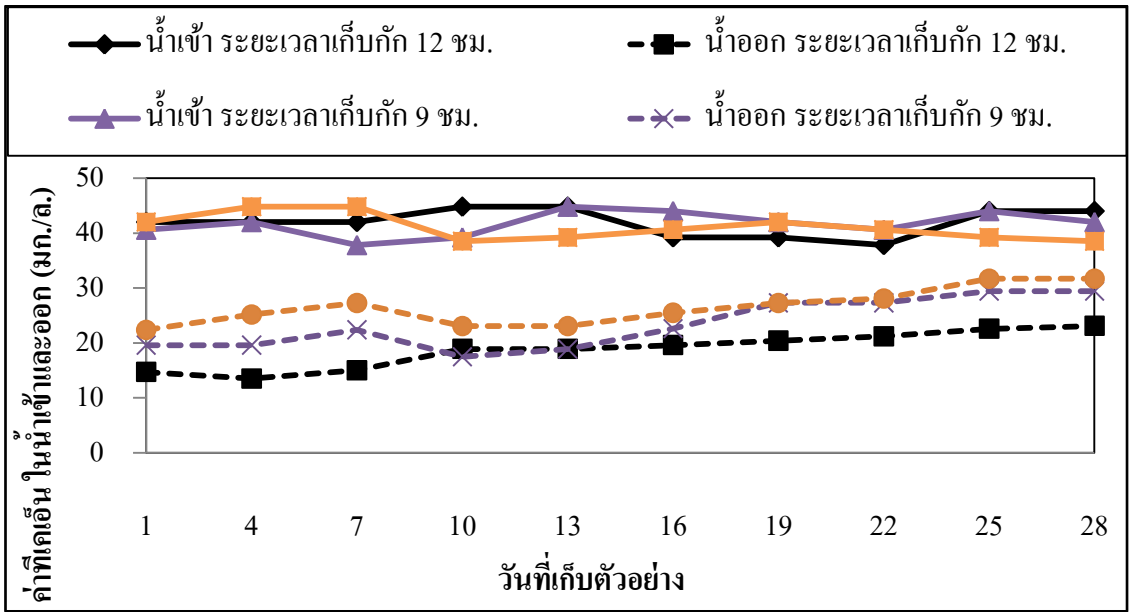
4.2.4 ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen: TKN)

จากการวิเคราะห์ค่า ทีเคเอ็น ที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 400 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่า ทีเคเอ็น ของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วง โดยที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ทีเคเอ็น คิดเป็นค่าเฉลี่ย 41.48±2.59 และ 44.00±0.00 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ทีเคเอ็น คิดเป็นค่าเฉลี่ย 17.78±2.93 และ22.85±0.35 มิลลิกรัม/ลิตร และประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 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 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ทีเคเอ็น 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

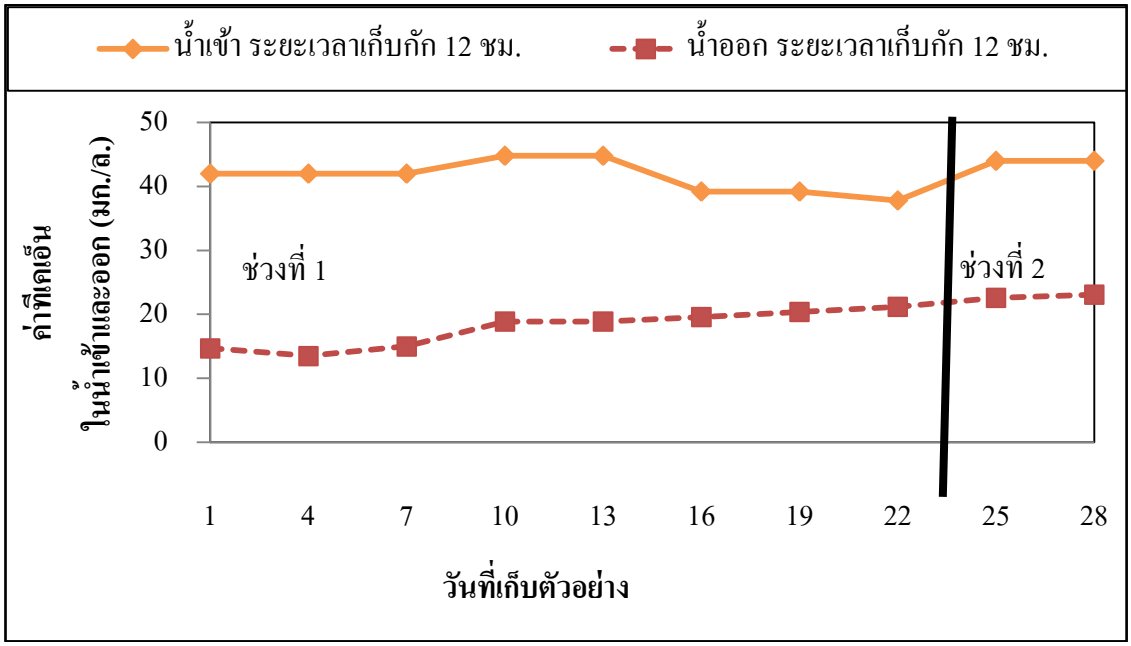
จากการศึกษาพบว่า ระบบ Packed Cage RBC มีประสิทธิภาพในการบำบัด ทีเคเอ็นและประสิทธิภาพการบำบัดทีเคเอ็นจะแปรผันตามระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย หรือแปรผกผันกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ โดยระบบที่มีระยะเวลาเก็บกักนาน หรือมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำ จะมีประสิทธิภาพการบำบัดที่ดีกว่า เนื่องจากที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำระบบจะรับภาระในการบำบัดทีเคเอ็นน้อยลงด้วย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

นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถแบ่งช่วงการบำบัดได้สองช่วง และช่วงที่ 2 ระบบจะมีประสิทธิภาพการบำบัดลดลง เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ยึดเกาะตัวกลางเป็นฟิล์มชีวะเริ่มหนาเกินไปทำให้ชั้นในของฟิล์มชีวะเกิดสภาวะไร้อากาศ เชื้อจะเริ่มตายแหละหลุดลอกออกจากตัวกลาง โดยที่ระยะเวลาเก็บกักต่ำฟิล์มชีวะจะเกิดการหลุดลอกเร็วกว่า 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 ทีเคเอ็นสูงสุดคิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 61.6±3.7 แต่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้อยที่สุดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงสุดคือ 4.07 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน จะมีประสิทธิภาพการบำบัดลดลง คิดเป็นร้อยละ 40.2±1.2

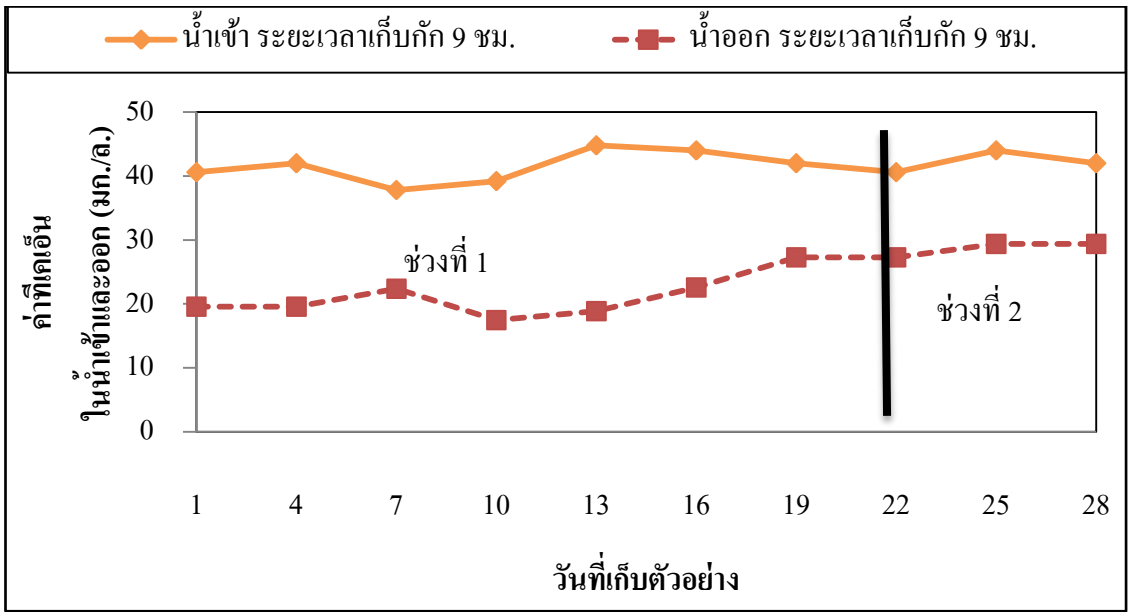
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า ทีเคเอ็นของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.63 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.64-4.66 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่า ทีเคเอ็นของทั้งสองช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก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



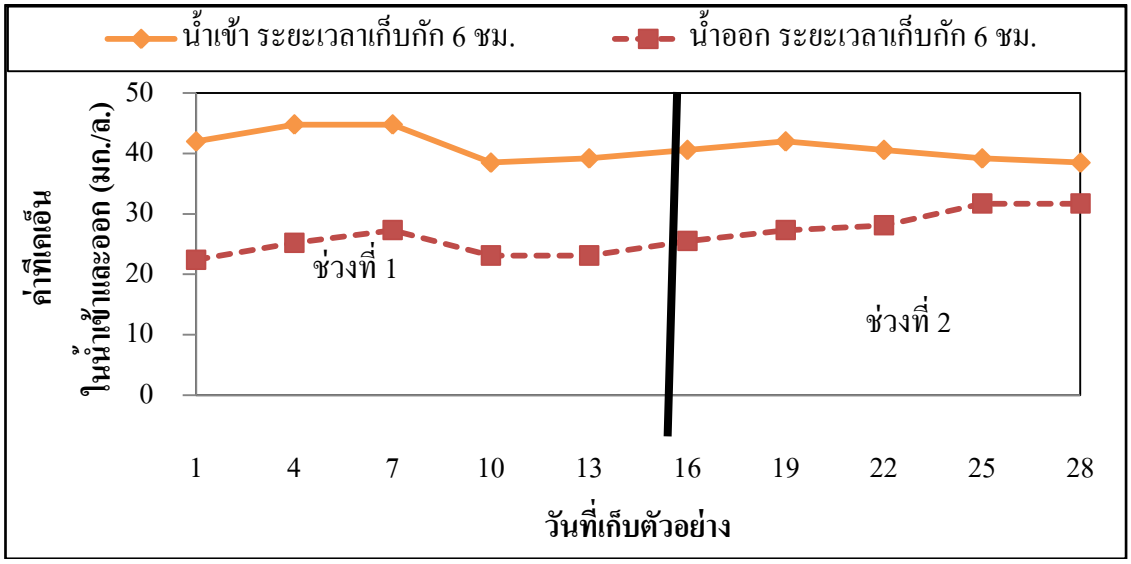
รูปที่ 4.63 ค่าทีเคเอ็นในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 9.66, 12.81 และ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



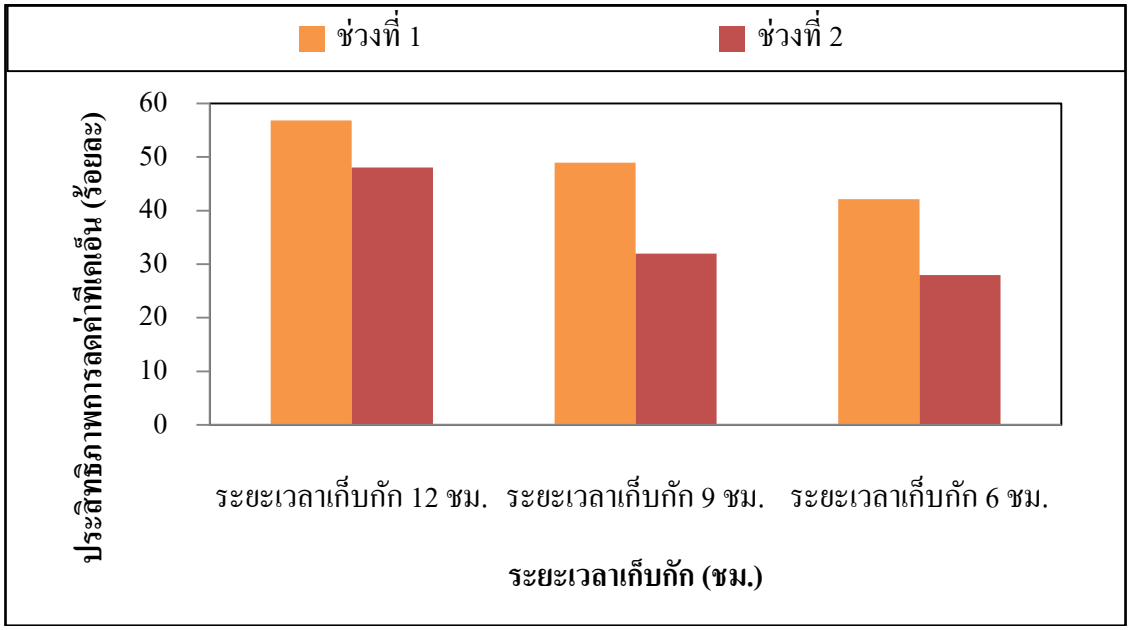
รูปที่ 4.64 ค่าทีเคเอ็นช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 9.66 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



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



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



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

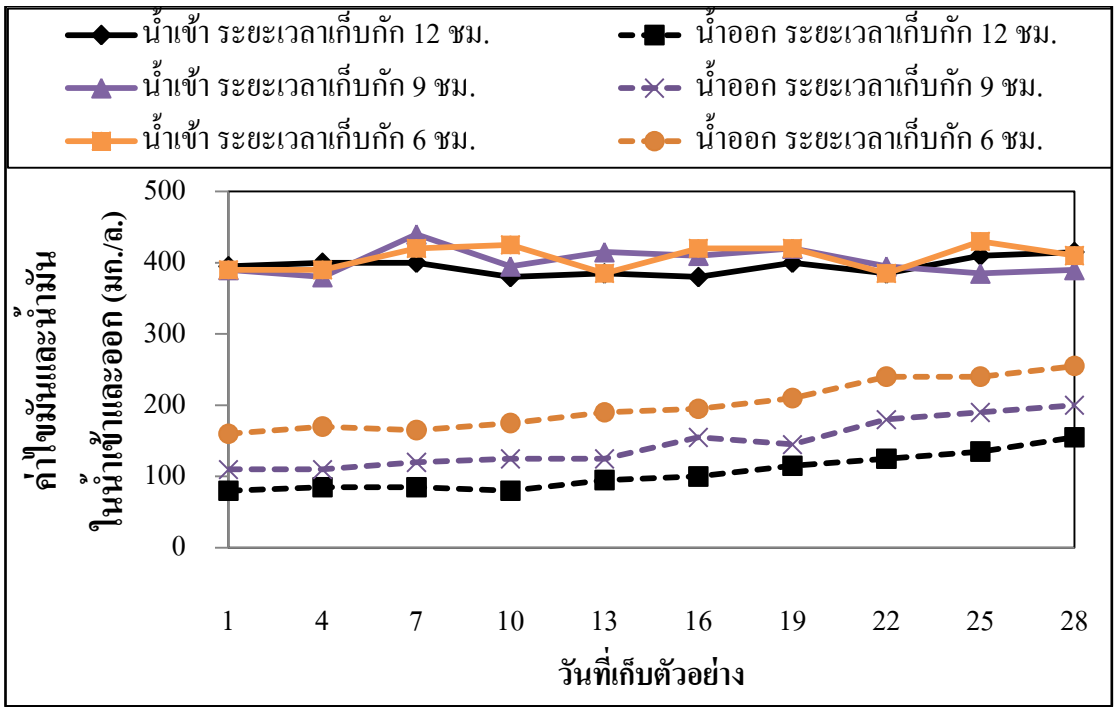
4.2.5 ประสิทธิภาพการบำบัดไขมันและน้ำมัน (Grease & Oil)

จากการวิเคราะห์ค่าปริมาณ ไขมันและน้ำมัน ที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 200 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 โดยพบว่าสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่าปริมาณไขมันและน้ำมัน ของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 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 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าไขมันและน้ำมัน 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 และประสิทธิภาพการบำบัดของช่วงที่ 1 จะสูงกว่าช่วงที่ 2 ด้วย

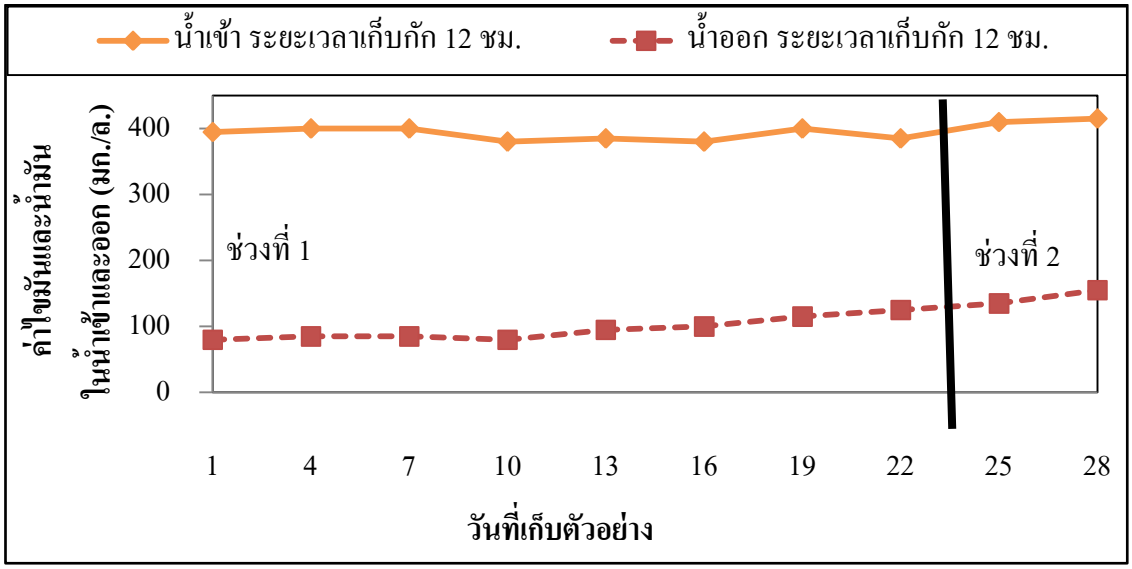
จากการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพของการบำบัดค่าปริมาณ ไขมันและน้ำมัน จะแปรผันตามระยะเวลาเก็บกัก หรือแปรผกผันกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ กล่าวคือถ้าเพิ่มระยะเวลาเก็บกัก หรือลดภาระบรรทุกสารอินทรีย์ จะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพการบำบัด ไขมันและน้ำมัน ดีขึ้น เนื่องจากการเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์ทำให้จุลินทรีย์ในระบบเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณออกซิเจนในระบบมีจำกัดและไม่เพียงพอต่อการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ปริมาณมากๆ ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดลดลง อีกทั้งถ้าภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงจุลินทรีย์จะเลือกใช้สารอินทรีย์ชนิดอื่นที่ย่อยสลายได้ง่ายกว่าก่อนจะย่อยสลายน้ำมันที่เป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ยาก ทำให้การย่อยสลายไขมันและน้ำมันมีอัตราการบำบัดลดลง และ ยังสามารถแบ่งช่วงการบำบัด ไขมันและน้ำมันได้เป็น 2 ช่วง โดยช่วงที่ 2 ประสิทธิภาพการบำบัดจะลดลง เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์เริ่มตายและหลุดลอกจากตัวกลาง และที่ระยะเวลาเก็บกักมากกว่า เชื้อจะหลุดลอกจากตัวกลางช้ากว่า เนื่องจากภาระบรรทุกของน้ำเสียเข้าระบบจะต่ำกว่า เป็นผลให้เชื้อเติบโตและตายช้ากว่าทำให้เกิดการหลุดลอก

ออกจากตัวกลางระบบที่รับภาระบรรทุกสูงๆ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Najafpour และคณะ [6] ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของภาระบรรทุกสารอินทรีย์ในน้ำเสียของอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม ต่อประสิทธิภาพระบบ RBC พบว่าเมื่อใช้ *Saccharomycese cerevisiae* เป็นจุลินทรีย์หลักในระบบ RBC เพื่อย่อยสลายน้ำเสียของโรงงานน้ำมันปาล์ม ที่มีน้ำมันปนเปื้อนสูง ส่งผลให้ มีซีโอดีในน้ำเสียเข้าระบบสูงถึง 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

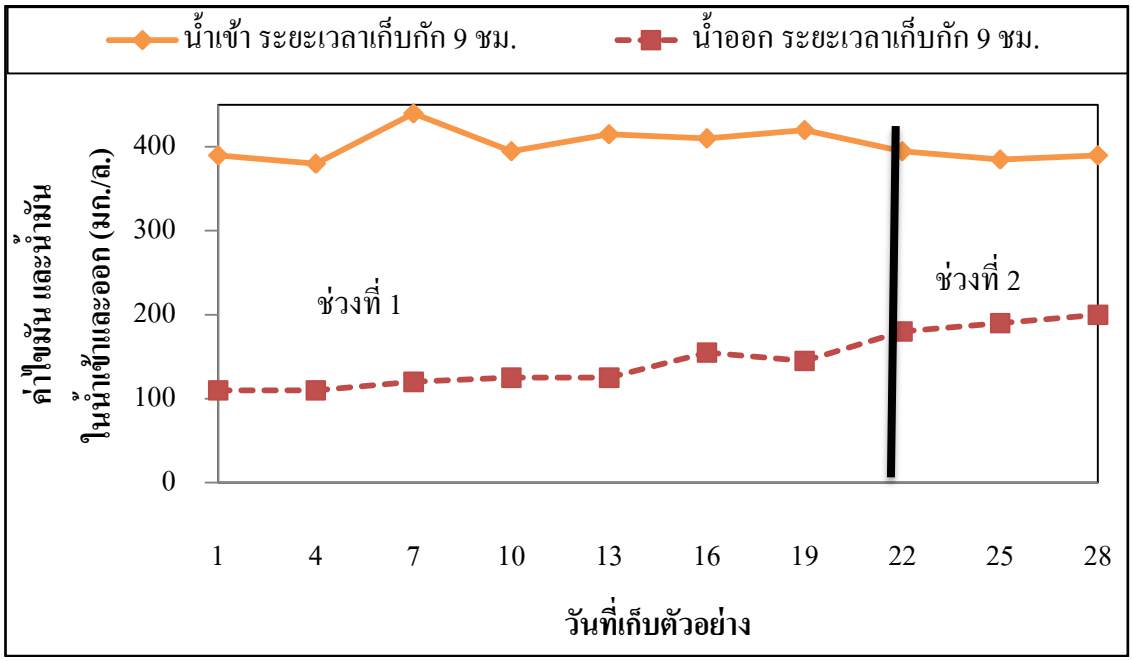
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณ ไขมันและน้ำมัน ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.50 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.51-4.53 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่าไขมันและน้ำมัน ของทั้งสองช่วง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



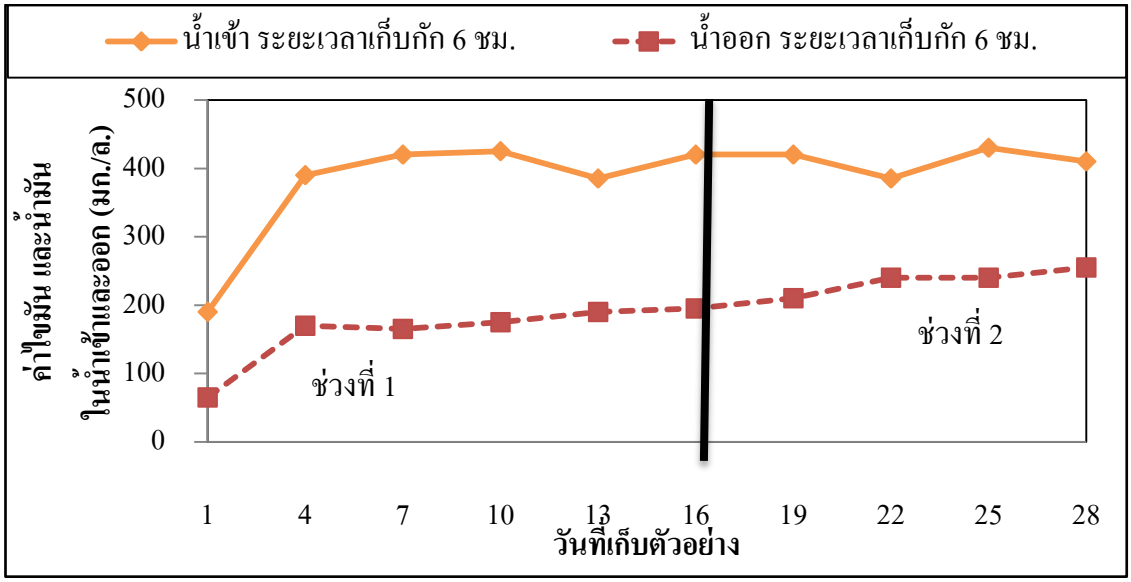
รูปที่ 4.68 ค่าไขมันและน้ำมันในน้ำเข้าและออกระบบที่มีน้ำมัน 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 9.66, 12.81 และ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



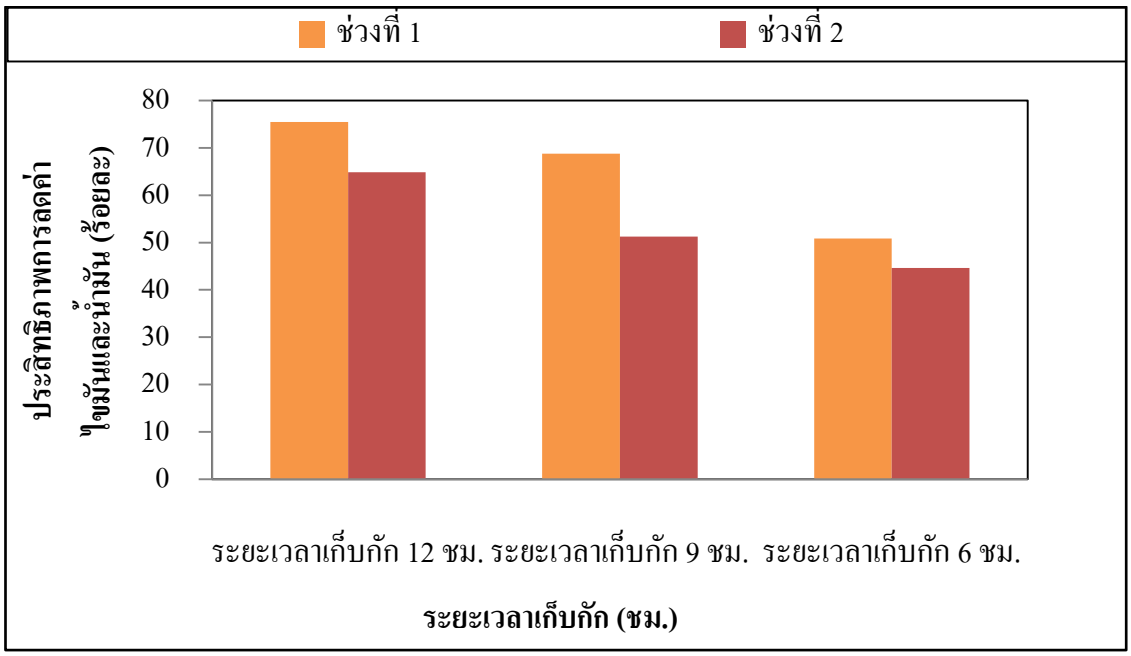
รูปที่ 4.69 ค่าไขมันและน้ำมันช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 9.66 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



รูปที่ 4.70 ค่าไขมันและน้ำมันช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบที่มีน้ำมัน 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 12.81 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



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



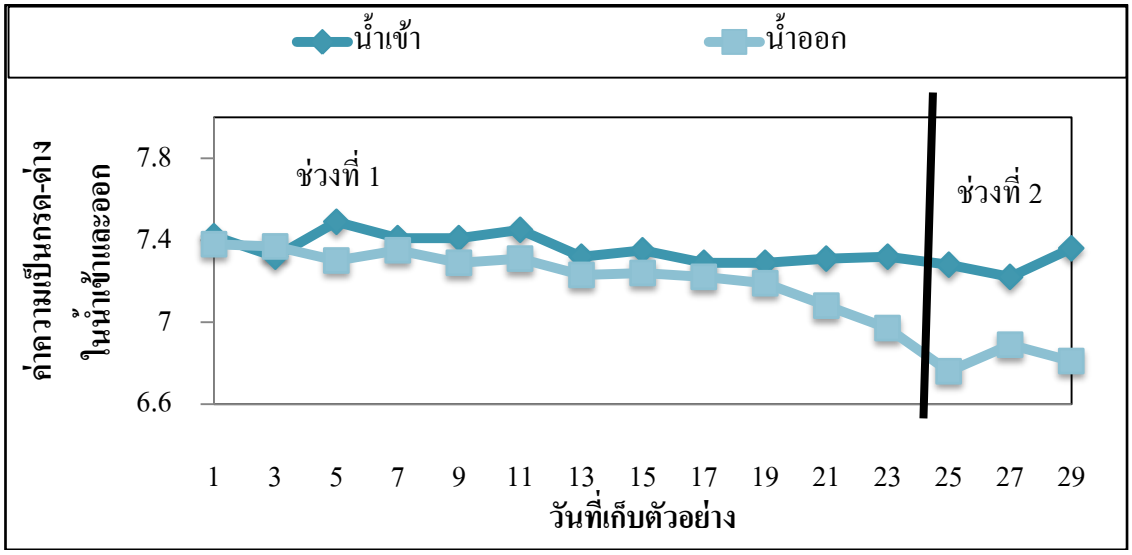
รูปที่ 4.72 ประสิทธิภาพการลดค่าไขมันและน้ำมัน ของระบบที่มีน้ำมันปาล์มเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 9.66, 12.81 และ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

4.2.6 ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียเข้าและออกระบบ (pH)

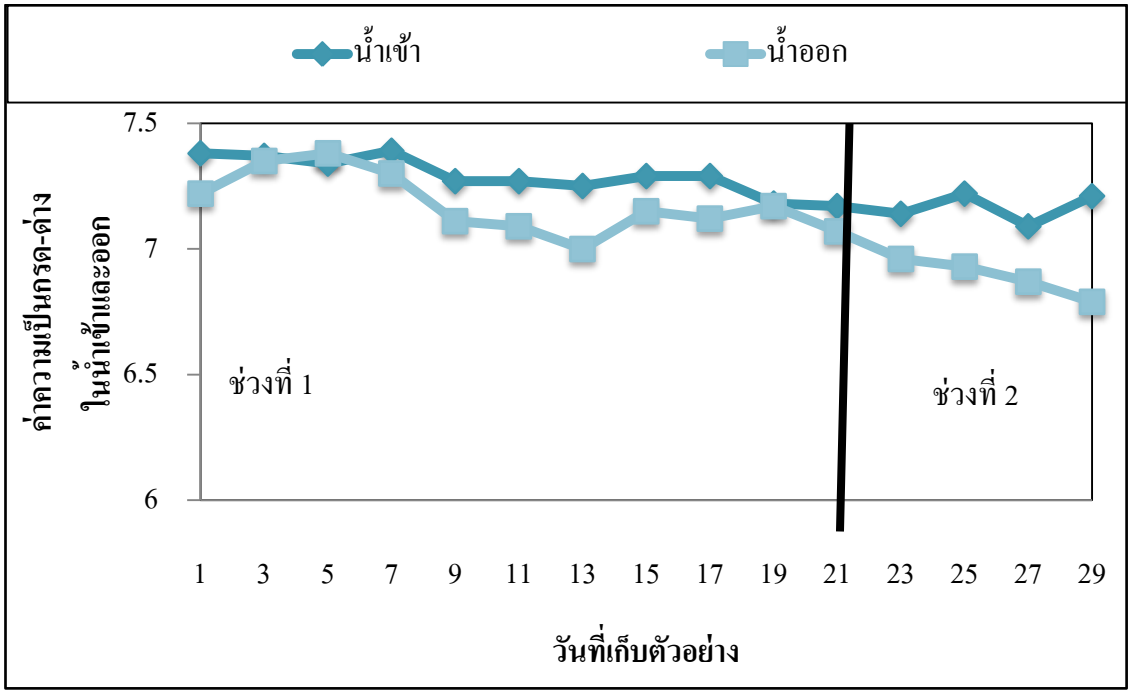
จากการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 400 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าทั้ง 3 ระยะเวลาเก็บกักสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่า ความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำเสียออกจากระบบที่แตกต่างกันของทั้ง 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 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ความเป็นกรด-ด่าง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 7.29±0.07 และ 7.17±0.06 น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ความเป็นกรด-ด่าง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 7.18±0.12 และ 6.89±0.07 ตามลำดับ และที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ความเป็นกรด-ด่างคิดเป็นค่าเฉลี่ย 7.30±0.06 และ 7.21±0.08 น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ความเป็นกรด-ด่าง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 7.21±0.05 และ 6.91±0.16ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 2 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 1 เล็กน้อย

จากการศึกษาพบว่า ค่า ความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำออกจะต่ำกว่าน้ำเข้าเล็กน้อย เนื่องจากภาระบรรทุกสารอินทรีย์เข้าระบบค่อนข้างสูงทำให้ออกซิเจนในระบบไม่เพียงพอ จึงเกิดกระบวนการย่อยสลายแบบ Facultative และ Anaerobic ในบางบริเวณของระบบ ค่าความเป็นกรด -ด่างในน้ำออกจึงต่ำกว่าน้ำเข้า แต่ยังอยู่ในช่วงค่อนข้างเป็นกลาง 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 และภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 16-40 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง ของระบบอยู่ในช่วงที่ค่อนข้างเป็นกลางคือ 7.3-7.8 เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

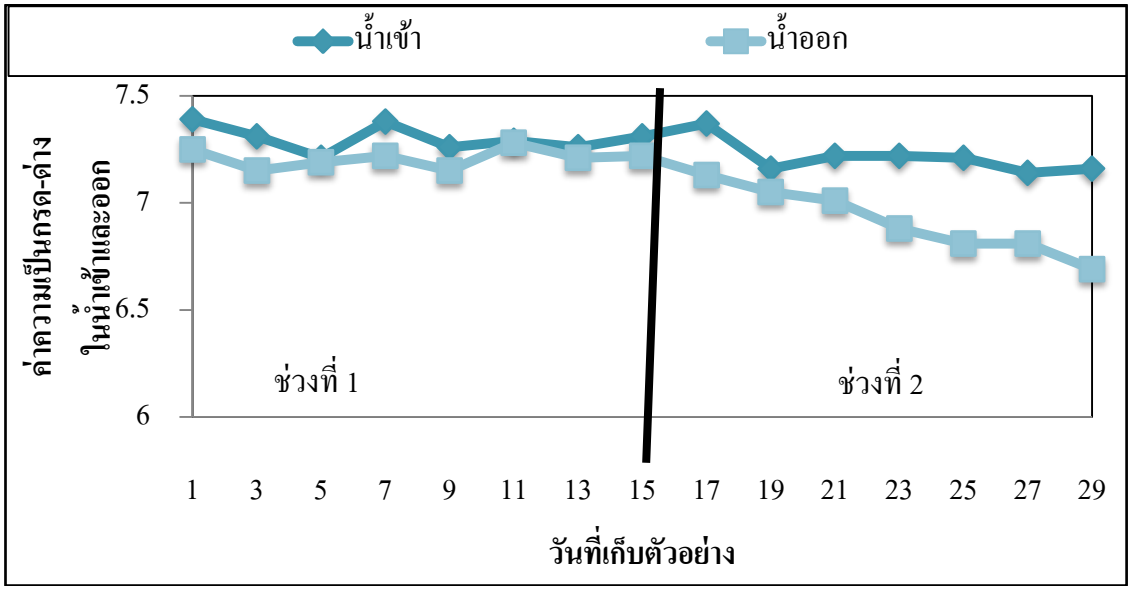
เมื่อนำมาแสดงในรูปกราฟเพื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรดด่างของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.73-4.75



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



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



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

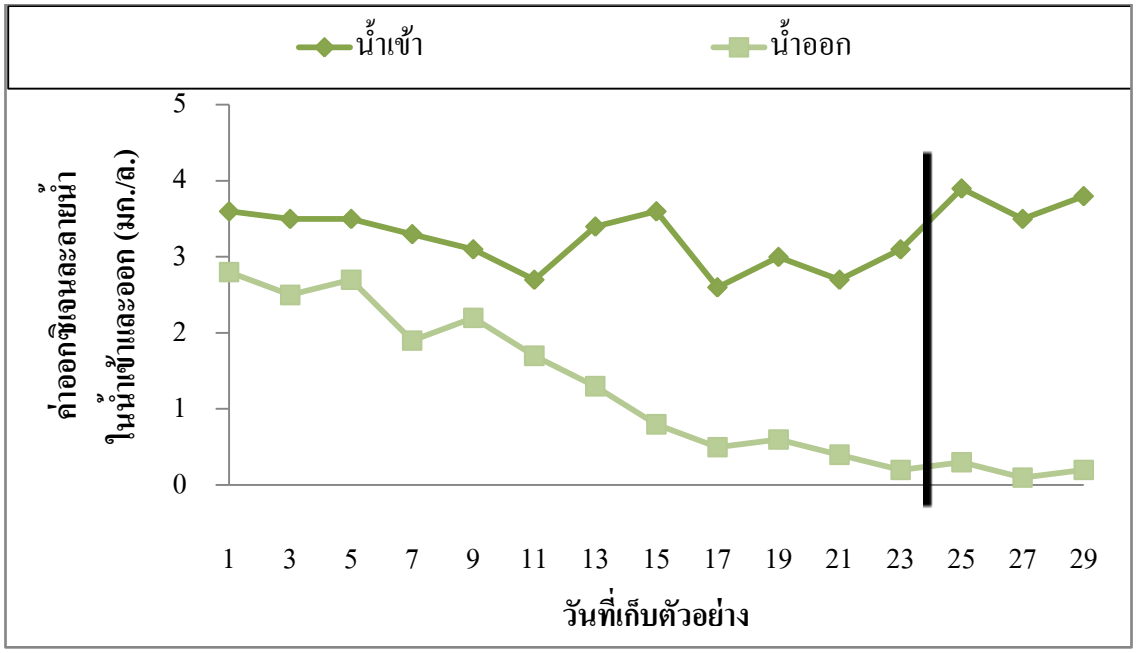
4.2.7 ค่าออกซิเจนละลายน้ำของน้ำเสียเข้าและออกระบบ (Dissolved Oxygen: DO)

จากการวิเคราะห์ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 400 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าทั้ง 3 ระยะเวลาเก็บกักสามารถแบ่งช่วงการบำบัดได้ 2 ช่วง โดยพิจารณาค่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของน้ำเสียออกจากระบบที่แตกต่างกันของทั้ง 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 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 3.59±0.22 และ 3.33±0.50 น้ำเสียออกจากระบบมีค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำคิดเป็นค่าเฉลี่ย 1.79±0.74 และ 0.39±0.27 ตามลำดับ

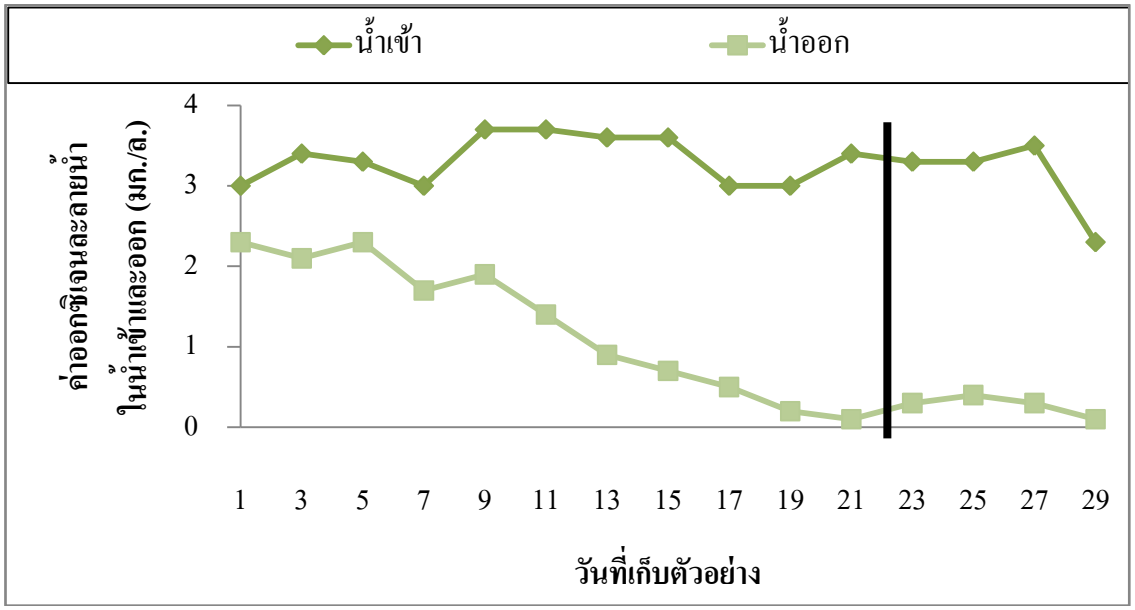
จากการศึกษา พบว่าจากการศึกษาพบว่า ค่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ในน้ำออกจะต่ำกว่าน้ำเข้า เนื่องจากภาระบรรทุกสารอินทรีย์เข้าระบบค่อนข้างสูงทำให้เชื้อจุลินทรีย์ต้องใช้ออกซิเจนปริมาณมากในการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ และสามารถแบ่งช่วงการบำบัดได้ 2 ช่วง เนื่องจากช่วงที่ 2 ปริมาณ

ออกซิเจนละลายน้ำ จะลดลงเล็กน้อย เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์เริ่มตายและหลุดลอกจากตัวกลางทำให้สารอินทรีย์ในระบบเพิ่มขึ้นอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ก็จะเพิ่มขึ้น ทำให้ความต้องการออกซิเจนเพิ่มขึ้นด้วย 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

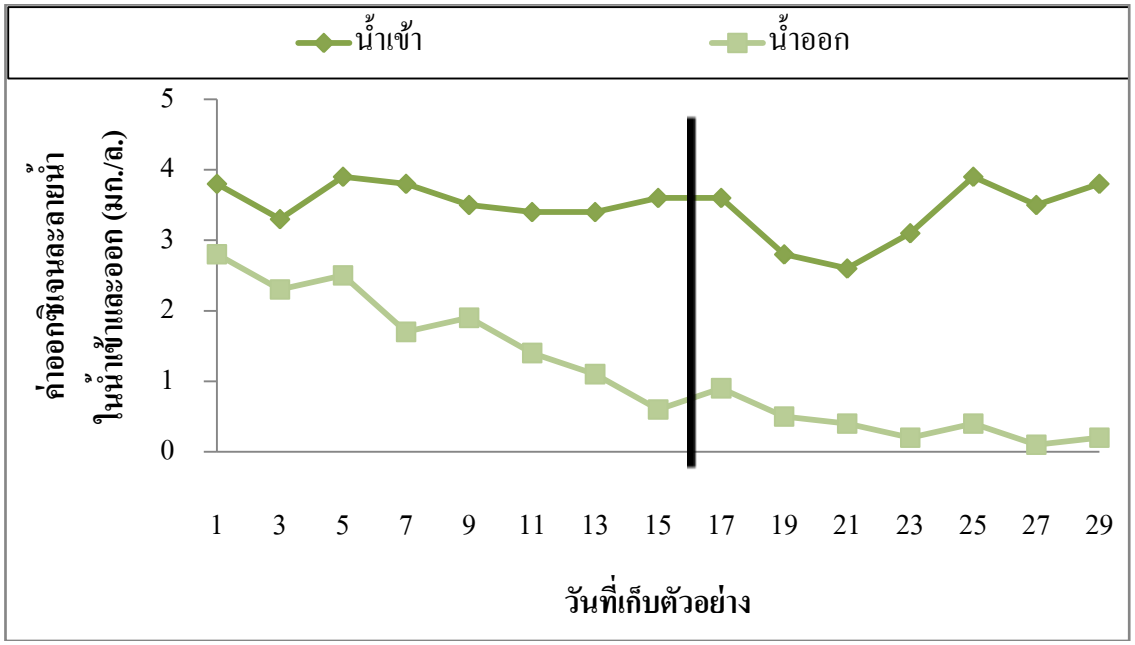
เมื่อนำมาแสดงในรูปกราฟเพื่อเปรียบเทียบค่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.76-4.78



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 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 12.81 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



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

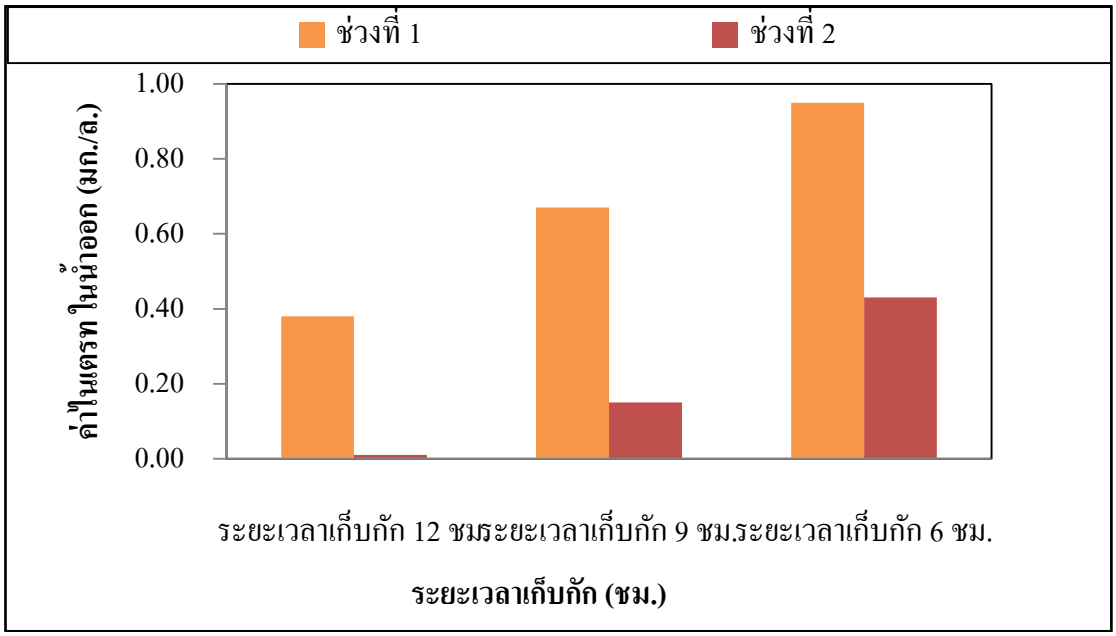
4.2.8 ปริมาณไนเตรทของน้ำเสียในระบบ (Nitrate)

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 มีค่า ไนเตรท คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.38±0.20 และ 0.01±0.01 มิลลิกรัม /ลิตร ตามลำดับ ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ไนเตรท น้อยมากหรือเท่ากับ 0 น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ไนเตรท ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.67±0.29 และ 0.15±0.09มิลลิกรัม/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 ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าไนเตรทของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2

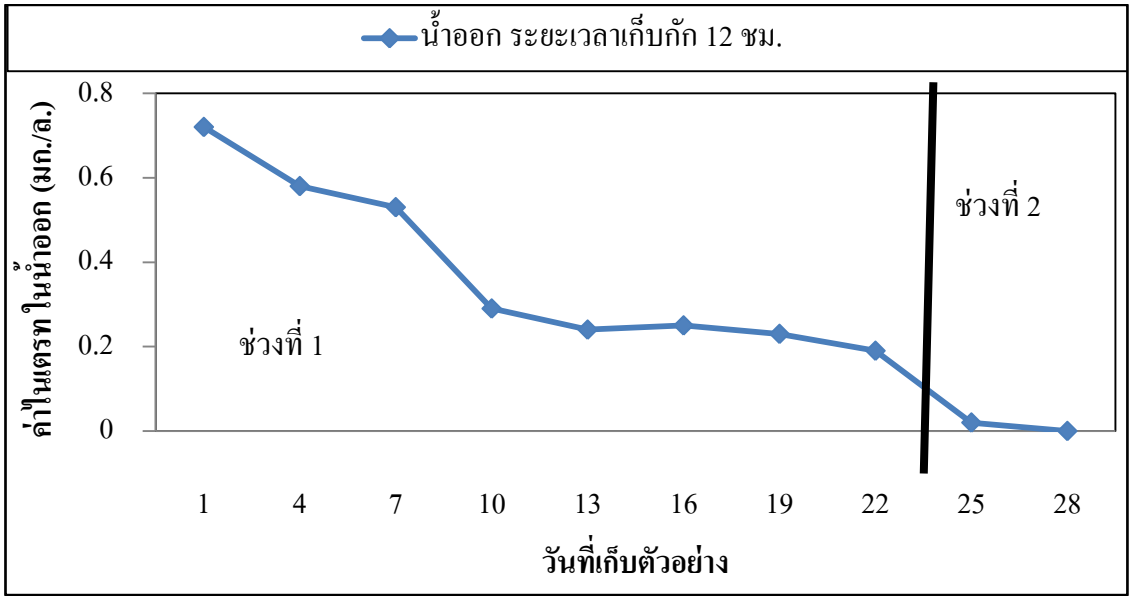
การศึกษาพบว่าในน้ำเข้าพบว่ามีค่า ไนเตรทน้อยมากหรือเท่ากับ 0 ในขณะที่น้ำออกสามารถตรวจพบค่าไนเตรท โดยค่าไนเตรทในน้ำออกมีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัด และสามารถแบ่งช่วงการบำบัดเป็น 2 ช่วงเนื่องจากช่วงที่ 2 จะมีอัตราการเกิดของไนเตรทลดลงอย่างเห็นได้ชัดเป็นผลมาจากค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่ค่อนข้างสูงที่ส่งผลให้อัตราการใช้ออกซิเจนเพื่อเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์สูงขึ้น 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 ภาระบรรทุกสารอินทรีย์จาก 40 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน พบไนเตรทในน้ำเสียออกระบบ 8.8±0.3 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ถ้าเพิ่มระยะเวลาเก็บกักเป็น 9 ชั่วโมง ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 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

ไซยาไนด์ 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

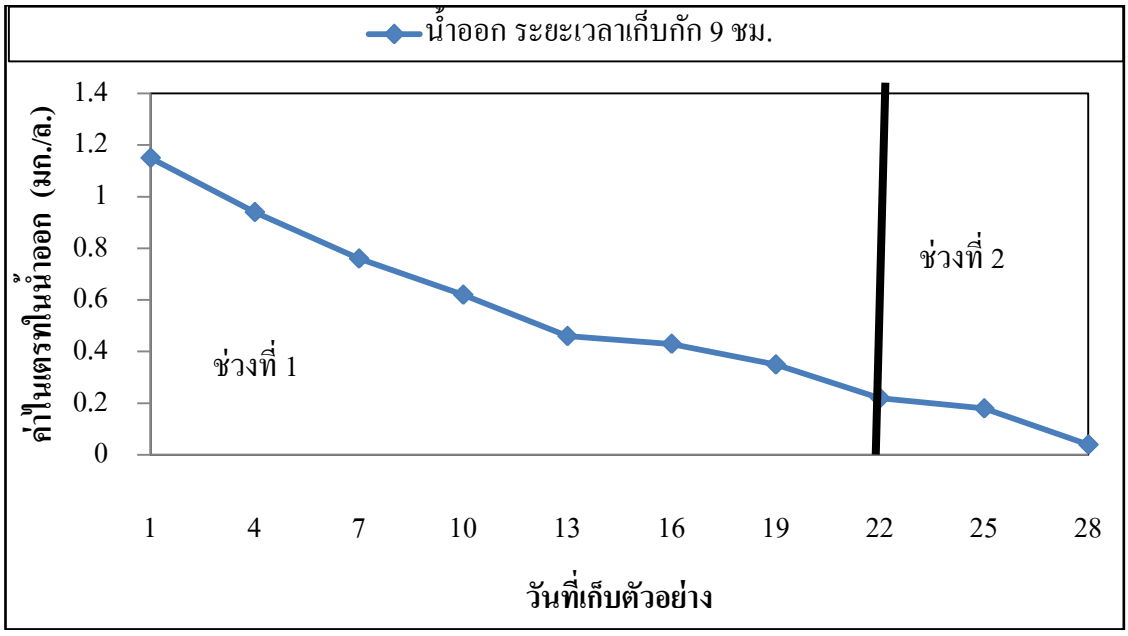
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า ไนเตรทออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.79 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.80-4.82



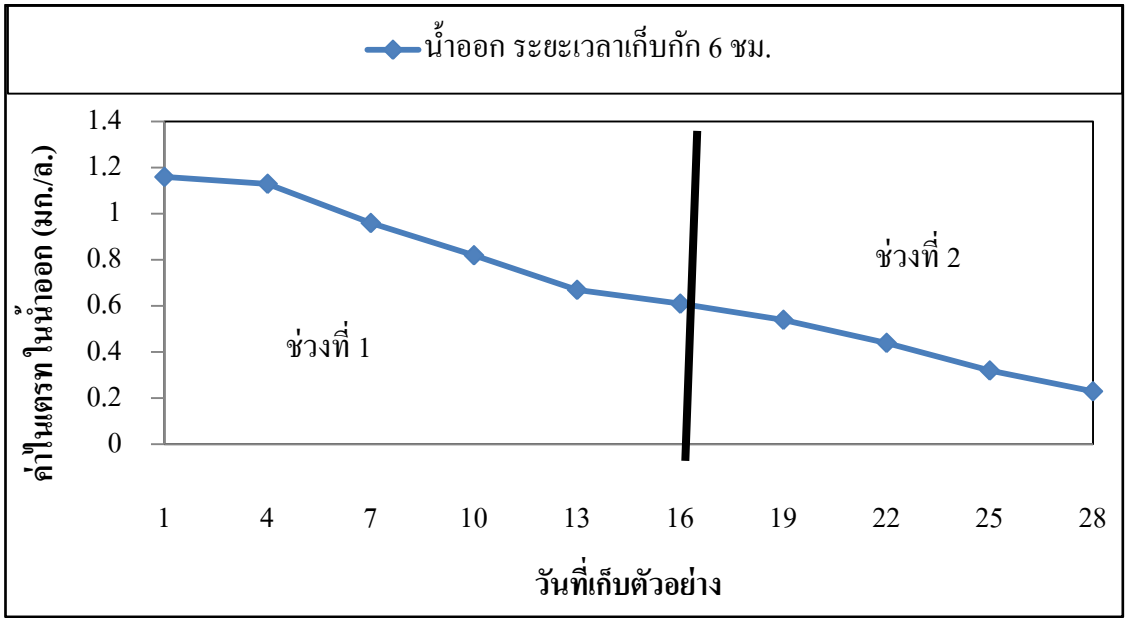
รูปที่ 4.79 เปรียบเทียบค่าไนเตรทในน้ำออกของระบบที่มีน้ำมัน 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 9.66, 12.81 และ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



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



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



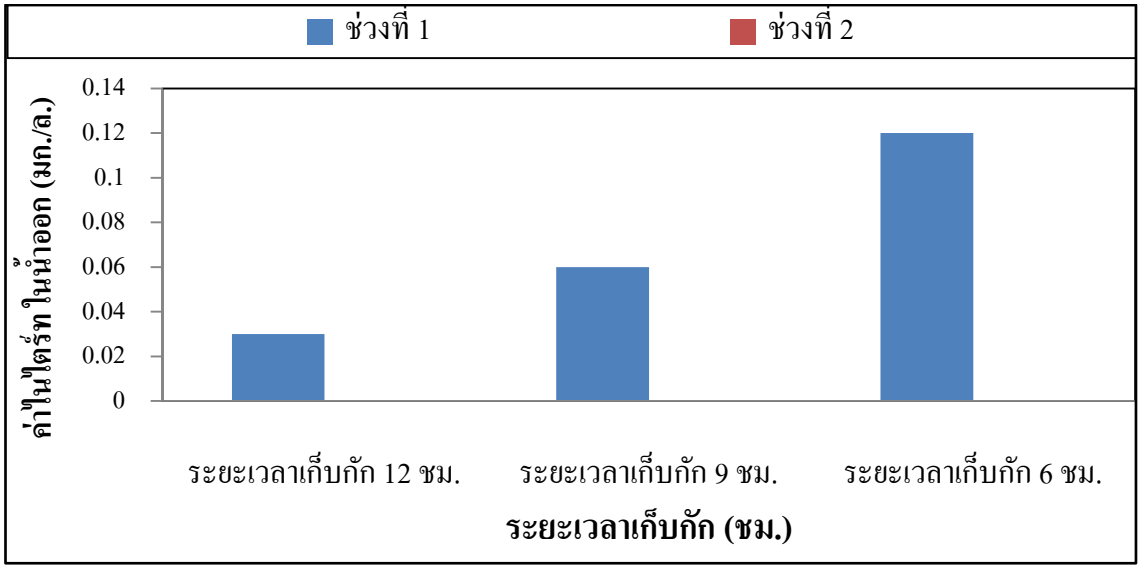
รูปที่ 4.82 ค่าไนเตรทช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออกของระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

4.2.9 ปริมาณไนไตร์ทของน้ำเสียในระบบ (Nitrite)

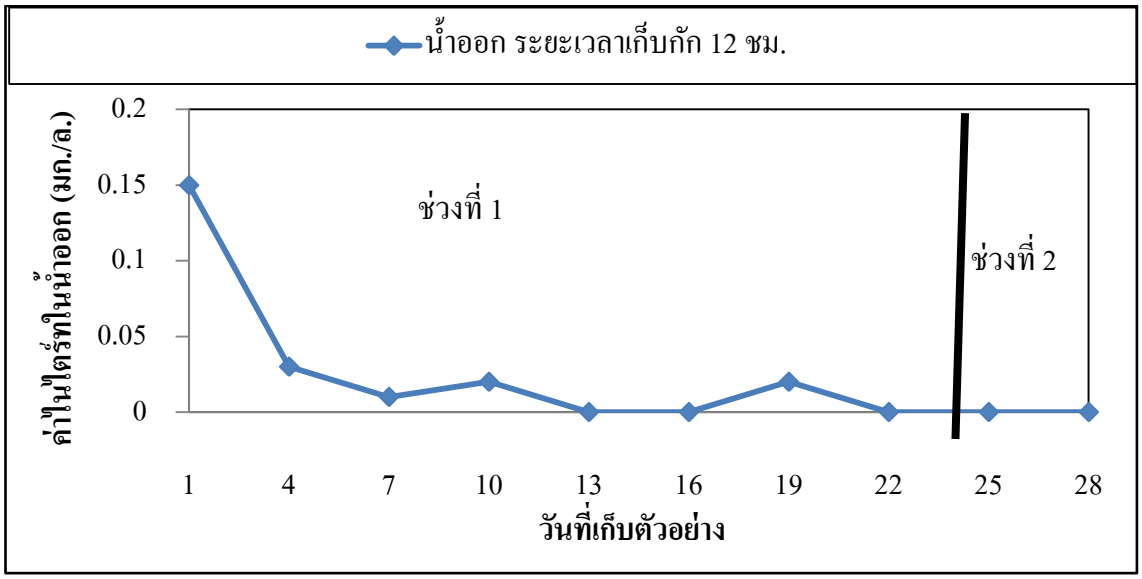
จากการวิเคราะห์ค่า ไนไตร์ทที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 400 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าทั้ง 3 ระยะเวลาเก็บกักสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่า ไนไตร์ทของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วงอย่างเห็นได้ชัด โดยที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่าไนไตร์ทน้อยมากหรือเท่ากับ 0 น้ำเสียออกจากระบบช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 มีค่าไนไตร์ท คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.03±0.05 และ 0.00±0.00 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่าไนไตร์ทน้อยมากหรือเท่ากับ 0 น้ำเสียออกจากระบบมีค่าไนไตร์ทช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.06±0.08 และ 0.00±0.00 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ไนไตร์ทน้อยมากหรือเท่ากับ 0 น้ำเสียออกจากระบบมีค่าไนไตร์ทช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.12±0.09 และ 0.00±0.01 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ค่า ไนไตร์ทของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2

จากการศึกษาพบว่า ในน้ำเข้าพบว่ามีค่า ไนไตร์ท น้อยมากหรือเท่ากับ 0 ในขณะที่น้ำออกสามารถตรวจพบค่า ไนไตร์ท ปริมาณไนไตร์ทในน้ำเสียมีน้อยมาก เนื่องจากไนไตร์ทเป็นสารตัวกลางในการเปลี่ยนรูปของไนเตรทของกระบวนการ Denitrification และสามารถแบ่งช่วงการบำบัดเป็น 2 ช่วง ไนไตร์ทมีแนวโน้มลดลง จากการบวนการ Denitrification ที่ Facultative Organism จะเปลี่ยนรูปไนเตรทเป็นไนไตร์ทซึ่งเป็นสารตัวกลางเพื่อนำออกซิเจนที่อยู่ในรูปสารประกอบมาใช้ และสิ้นสุดที่ก๊าซไนโตรเจน [23] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhiqiang และคณะ [21] ได้ใช้ระบบ RBC บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ปนเปื้อนสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจน พบว่าถ้าที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 ชั่วโมง ภาระบรรทุกสารอินทรีย์จาก 40 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน พบไนไตร์ทในน้ำเสียออกระบบ 1.5±0.2 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ถ้าเพิ่มระยะเวลาเก็บกักเป็น 9 ชั่วโมง ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 16 กรัม ซีโอดี/ตารางเมตร-วัน ค่าไนไตร์ทในน้ำเสียออกระบบจะลดลงเป็น 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 ซึ่งมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำสุดเท่ากับ 2.04 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน น้ำเสียออกจากระบบจะมีค่าไนไตร์ทต่ำสุดเท่ากับ 0.5±0.3 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้อยที่สุดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงสุดคือ 4.07 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน จะมีค่าไนไตร์ทในน้ำออกมากที่สุดคือ 0.7±0.6 มิลลิกรัม/ลิตร

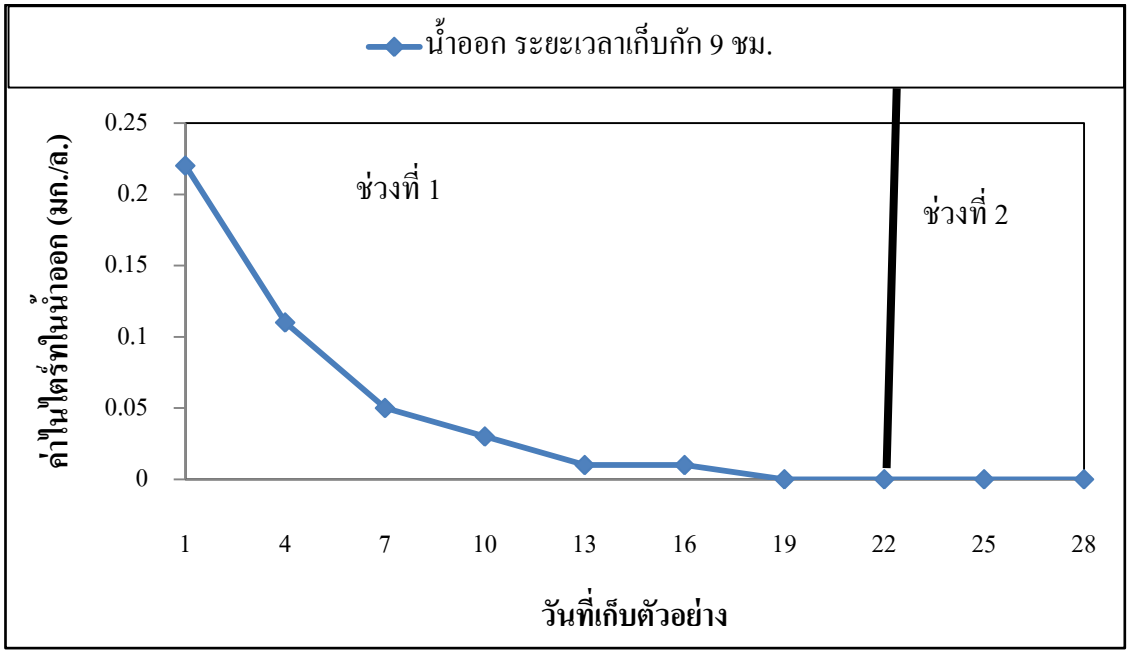
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่าไนไตร์ทออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.83 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.84-4.86



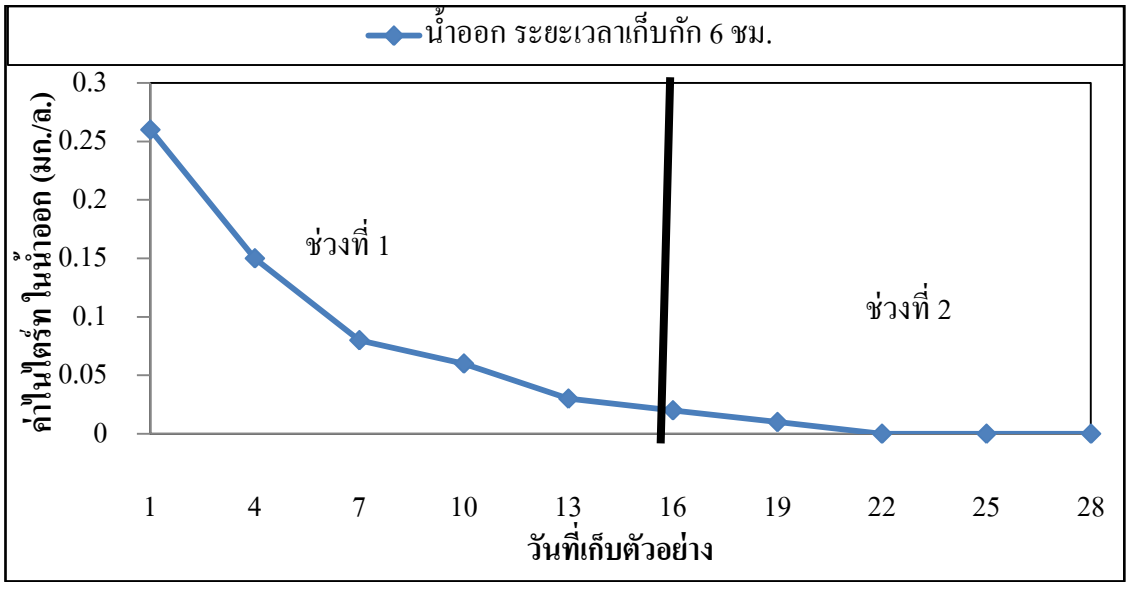
รูปที่ 4.83 ค่าไนไตร์ทในน้ำออกของระบบที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 9.66, 12.81 และ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



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



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



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

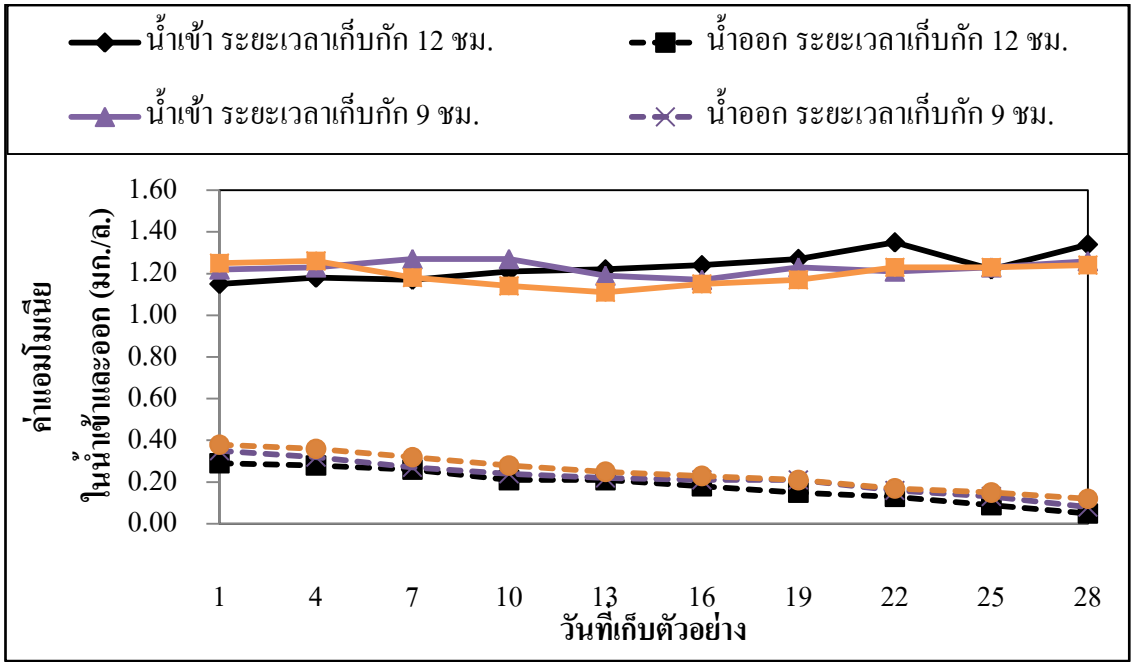
4.2.10 ปริมาณแอมโมเนียของน้ำเสียในระบบ (Ammonia)

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

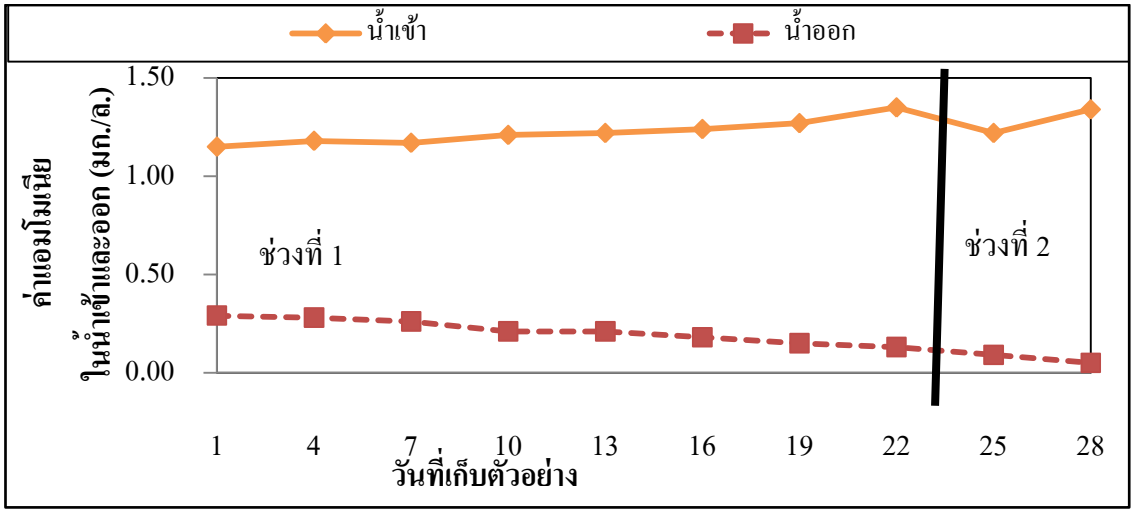
จากการศึกษาพบว่าระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าแอมโมเนีย โดยน้ำออกจะมีค่าแอมโมเนียลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเข้า และอัตราการบำบัดแอมโมเนียมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อเวลาผ่านไปฟิล์มชีวะที่หนาขึ้นทำให้ชั้นในสุดของฟิล์มชีวะเกิดสภาวะไร้อากาศและหลุดลอกออกในที่สุด ทำให้เกิดการย่อยสลายฟิล์มที่หลุดลอกหรืออาจกล่าวได้ว่าเกิดการย่อยสลายเซลล์จุลินทรีย์ที่ตายแล้วเพิ่มขึ้น จึงทำให้เกิดการย่อยสลายแอมโมเนียเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhiqiang และคณะ [21] ได้ใช้ระบบ RBC บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ปนเปื้อนสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจน พบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 ชั่วโมง ภาระบรรทุกสารอินทรีย์จาก 40 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร -วัน พบแอมโมเนีย ในน้ำเสียออกระบบ 19.4±1.3 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ถ้าเพิ่มระยะเวลาเก็บกักเป็น 9 ชั่วโมง ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 16 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร -วัน ค่าแอมโมเนียในน้ำเสียออกระบบจะลดลงเป็น 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 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

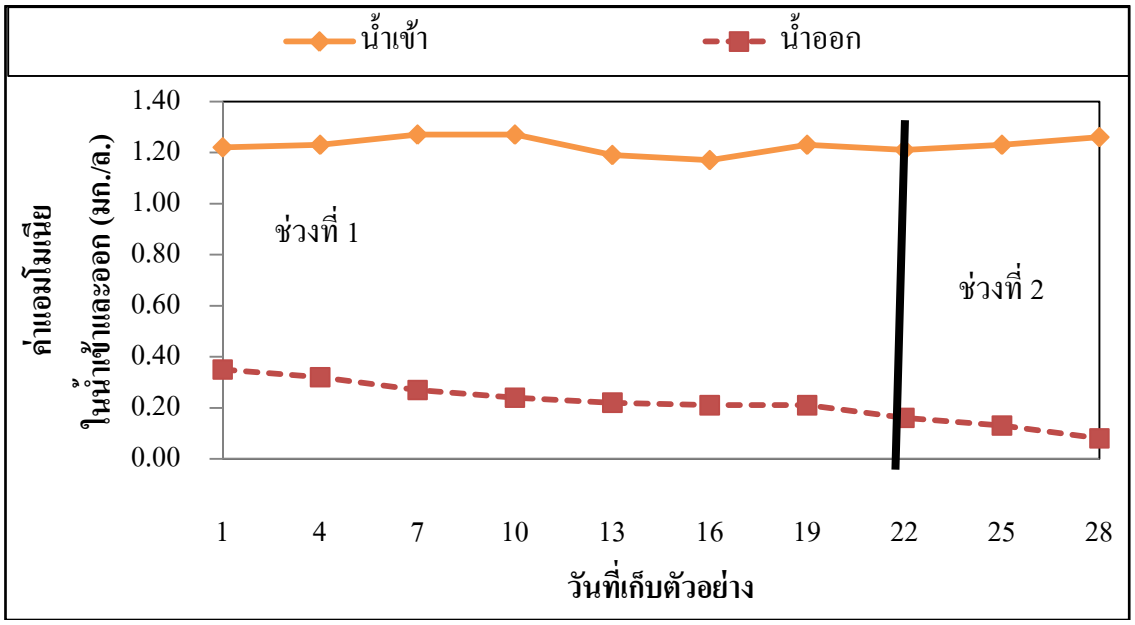
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า แอมโมเนีย ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.87 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.88-4.90 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่า แอมโมเนียของทั้งสองช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก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



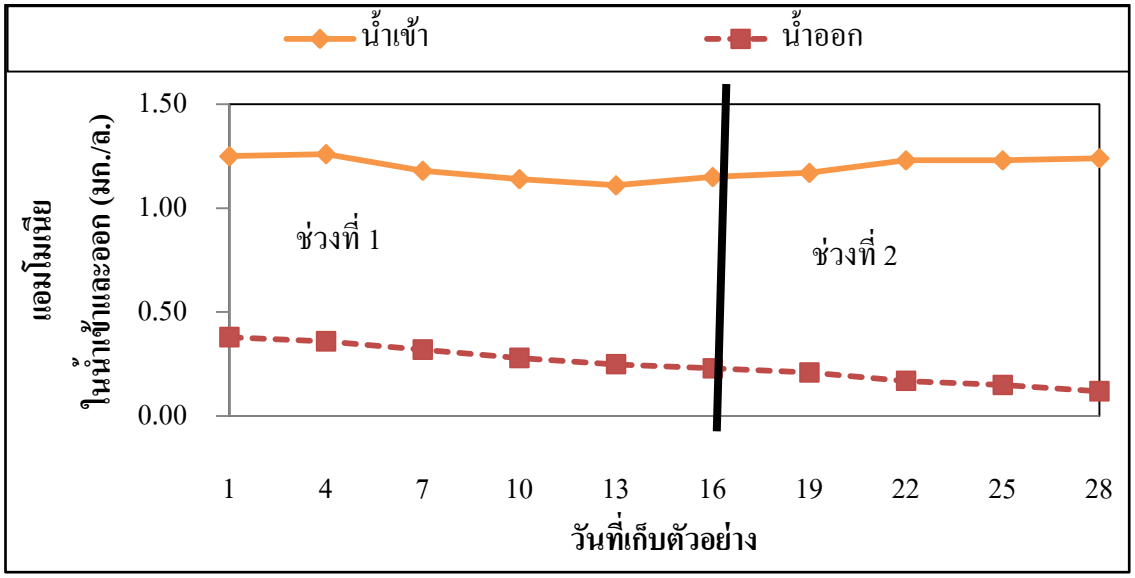
รูปที่ 4.87 ค่าแอมโมเนียในน้ำเข้าและออกของระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 9.66, 12.81 และ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



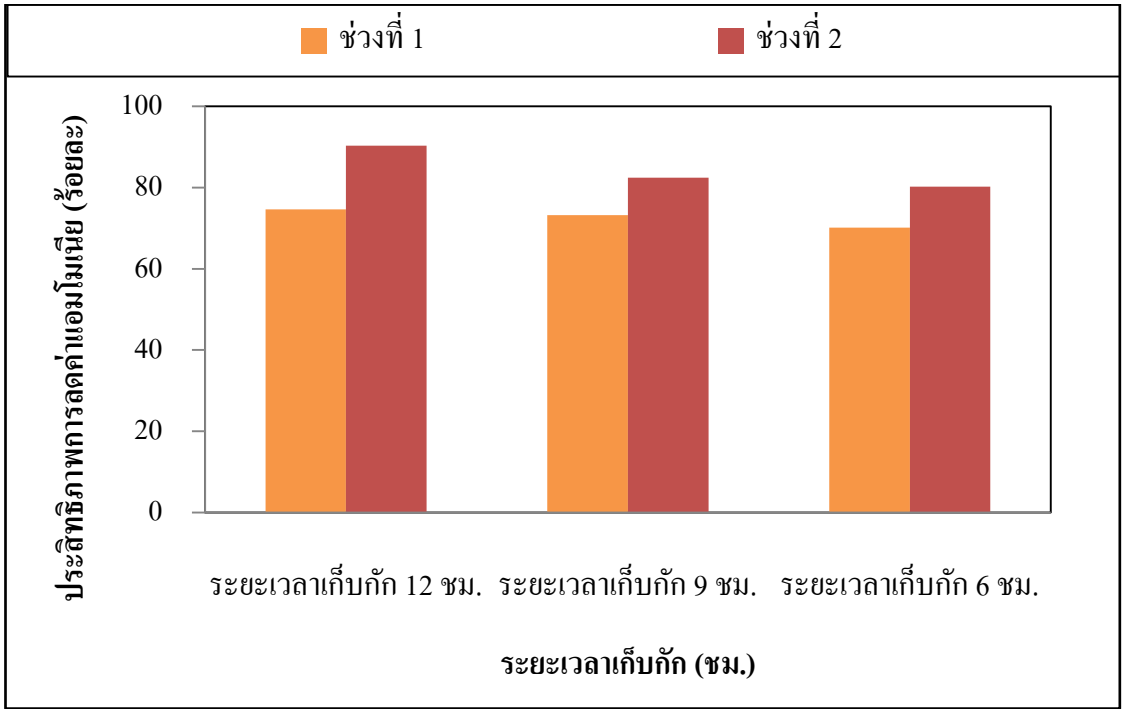
รูปที่ 4.88 ค่าแอมโมเนียช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกของระบบที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 9.66 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



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



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



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

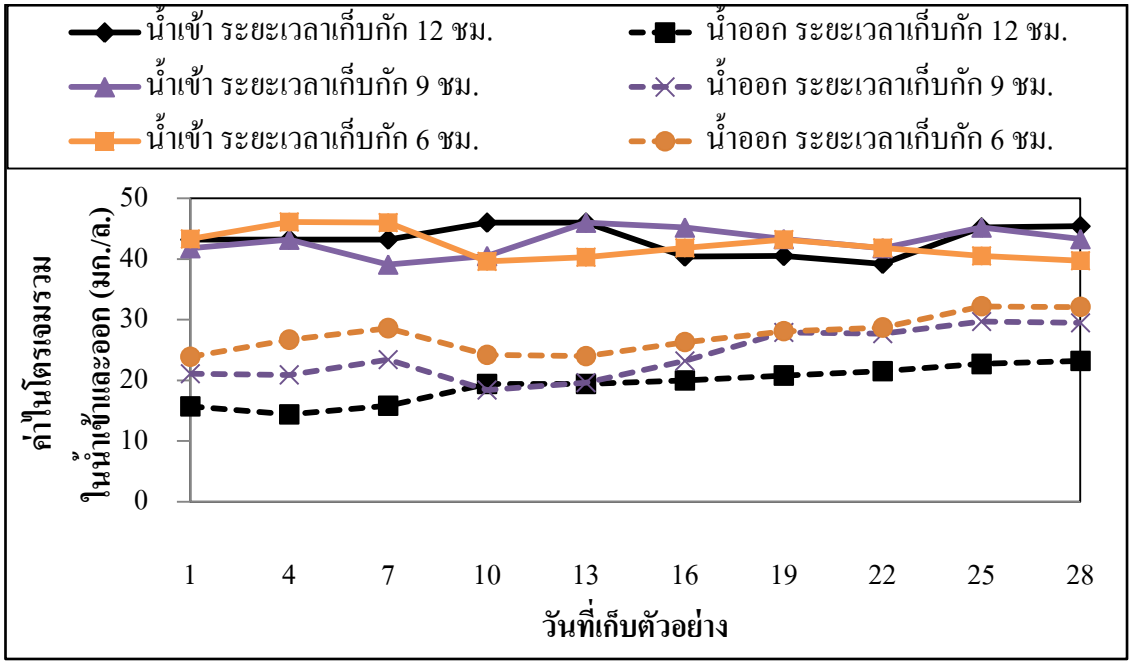
4.2.11 ประสิทธิภาพการลดค่าผลรวมไนโตรเจนของระบบ (Total Nitrogen)

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 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าค่าผลรวมไนโตรเจนคิดเป็นค่าเฉลี่ย 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 และประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 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 ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าผลรวมไนโตรเจนของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2 และประสิทธิภาพการบำบัดของช่วงที่ 1 จะสูงกว่าช่วงที่ 2 ด้วย

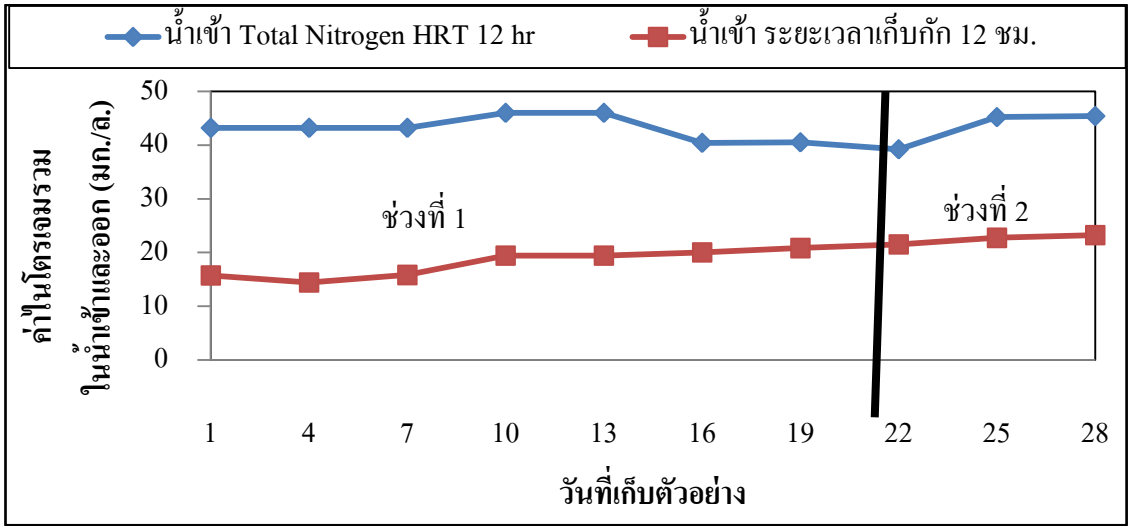
จากการศึกษาพบว่า ระบบ Packed Cage RBC มีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าผลรวมไนโตรเจนและประสิทธิภาพการบำบัดค่าผลรวมไนโตรเจนจะแปรผันตามระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย หรือแปรผกผันกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ โดยระบบที่มีระยะเวลาเก็บกักนาน หรือมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำจะมีประสิทธิภาพการบำบัดที่ดีกว่า เนื่องจากจุลินทรีย์ที่เติบโตในระบบที่รับภาระบรรทุกต่ำจะมีอัตราการเจริญเติบโตและตายช้ากว่าระบบที่รับภาระบรรทุกสูง และพบว่าสามารถแบ่งช่วงการบำบัดเป็น 2 ช่วงเนื่องจากช่วงที่ 2 จะมีประสิทธิภาพการบำบัดลดลงเนื่องจากฟิล์มชีวะที่เริ่มหนาเกินไปจะเริ่มหลุดลอกออกจากตัวกลาง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhiqiang และคณะ [21] ได้ใช้ระบบ RBC บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ปนเปื้อนสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจน พบว่าถ้าที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 ชั่วโมง ภาระบรรทุกสารอินทรีย์จาก 40 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดค่าผลรวมไนโตรเจนคิดเป็นร้อยละ 40.2 แต่ถ้าเพิ่มระยะเวลาเก็บกักเป็น 9

ชั่วโมง ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 16 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน ประสิทธิภาพการบำบัดค่าผลรวมไนโตรเจนจะเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 61.4

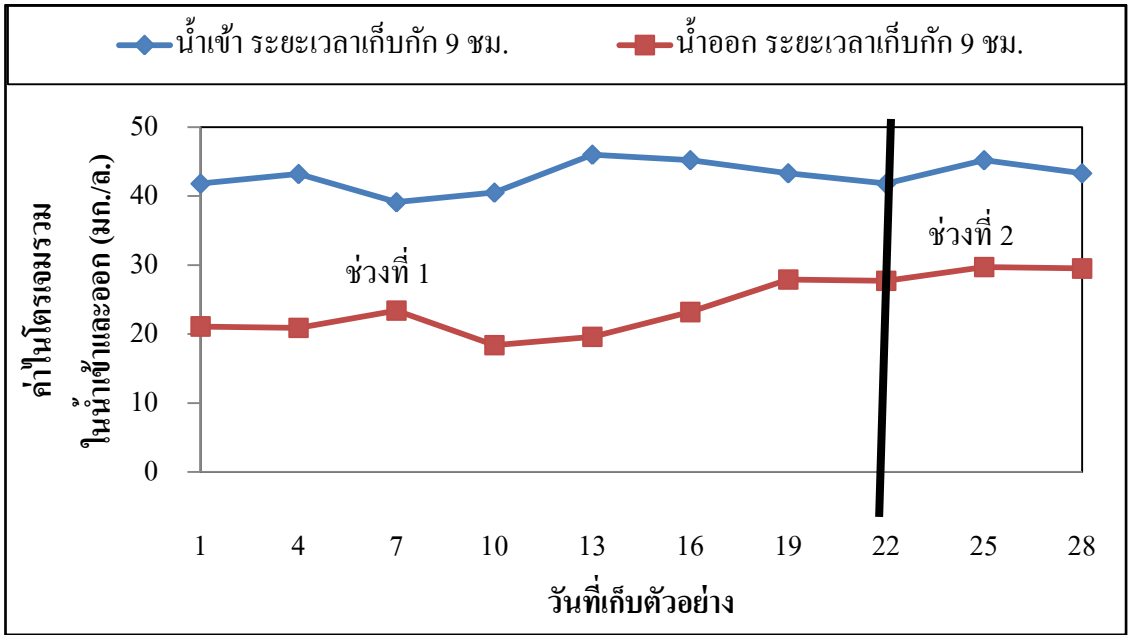
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า ค่าผลรวมไนโตรเจน ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.92 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.93-4.95 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่าผลรวมไนโตรเจนของทั้งสองช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก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



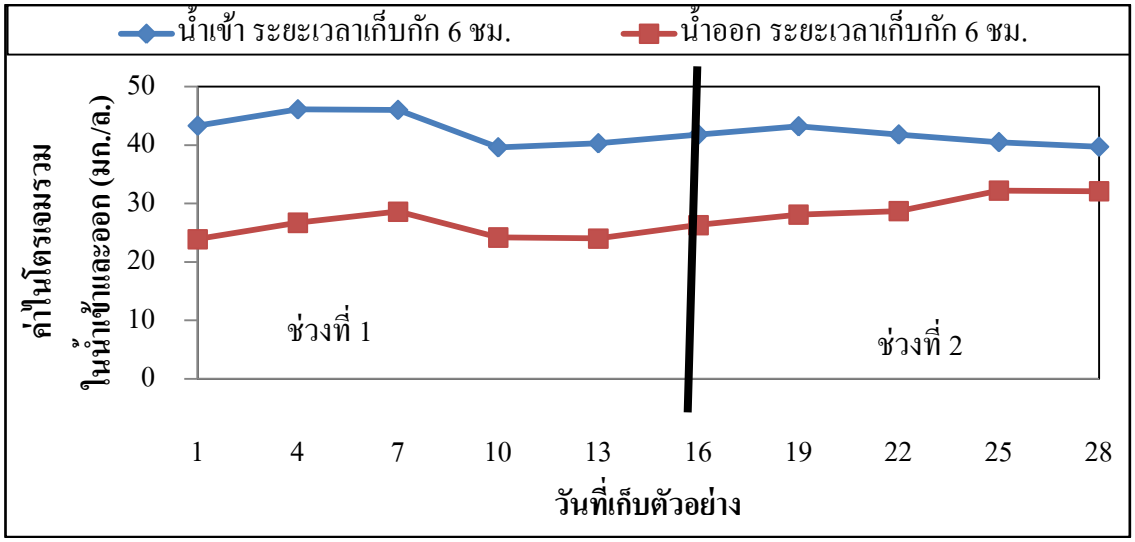
รูปที่ 4.92 ค่าผลรวมไนโตรเจนในน้ำเข้าและออกของระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 9.66, 12.81 และ 19.36 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



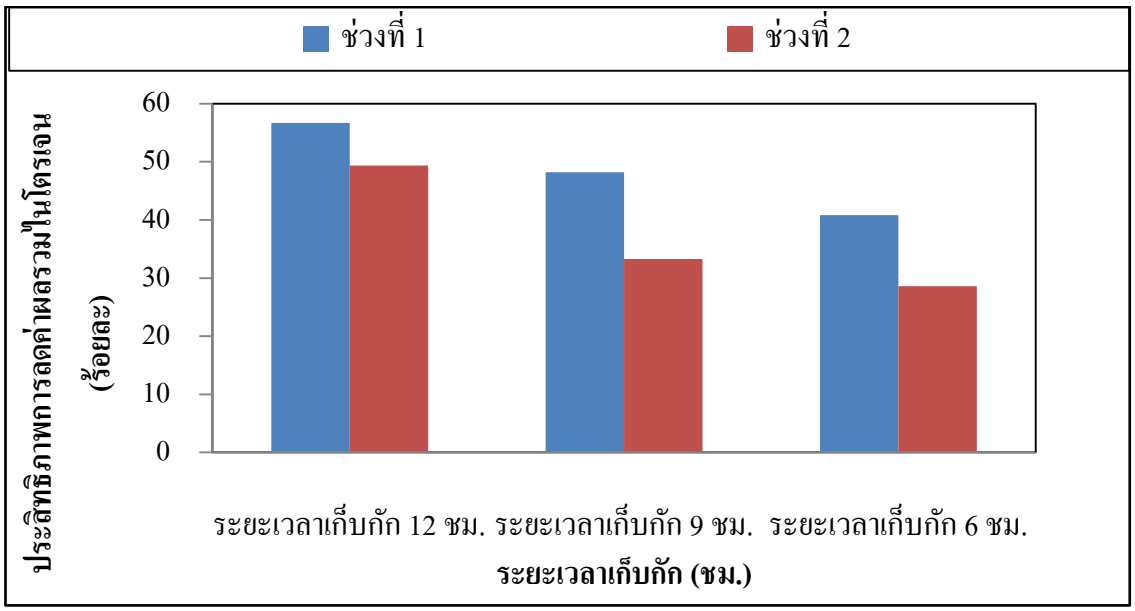
รูปที่ 4.93 ค่าผลรวมไนโตรเจนช่วงที่ 1 และ 2 ของน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันปาล์มเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 9.66 กรัมบีโอดี /ตารางเมตร-วัน)



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



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



รูปที่ 4.96 ประสิทธิภาพการบำบัดค่าผลรวมไนโตรเจนช่วงที่ 1 และ 2 ของระบบที่มีน้ำมัน 400 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 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)

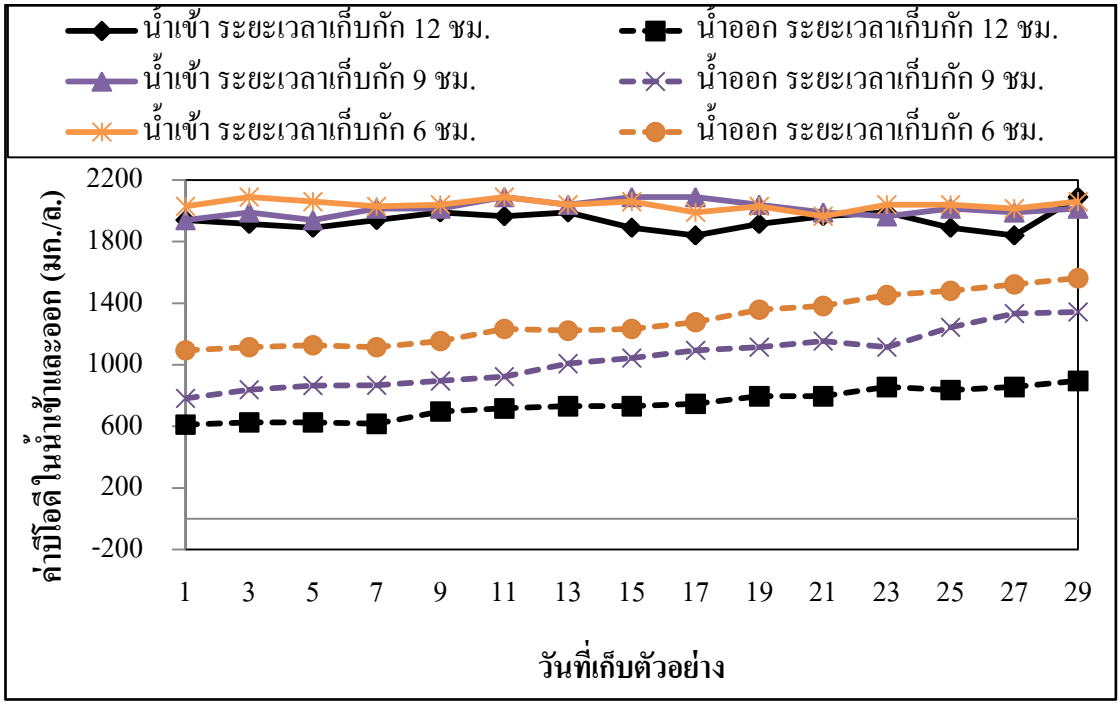
จากการวิเคราะห์ค่า บีโอดีที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 600 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าทั้ง 3 ระยะเวลาเก็บกักสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่า บีโอดีของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วงอย่างเห็นได้ชัด โดยที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าบีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 1,931.23±46.23 และ 1,952.73±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 บีโอดี คิดเป็นค่าเฉลี่ย 2023.22±59.65 และ 2002.45±26.02 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่าบี โอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 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 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าบีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 2054.91±24.24 และ 2020.01±32.70 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่า บีโอดี คิดเป็นค่าเฉลี่ย 1161.90±58.87 และ 1433.76±99.82 มิลลิกรัม/ลิตร และประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 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

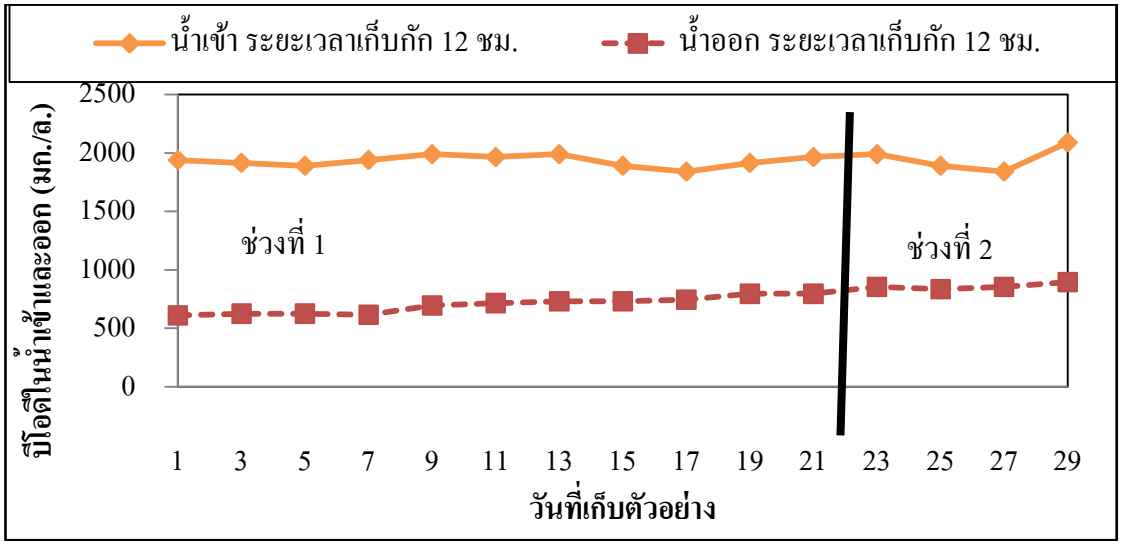
สารอินทรีย์ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบลดลง และการลดภาระบรรทุกสารอินทรีย์นี้จะไม่ทำให้ฟิล์มชีวะที่เจริญอยู่บนตัวกลางเติบโตจนหนาและหลุดลอกเร็วเกินไปทำให้ระบบสามารถคงประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดีได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sirianuntapiboon [7] ได้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียที่มีคลอรีนปนเปื้อน ด้วยระบบบำบัด Packed Cage RBC ที่ระยะเวลาเก็บกัก 16, 12 และ 8 ชั่วโมงพบว่าที่ระยะเวลาเก็บกักมากที่สุดเท่ากับ 16 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำสุดคือ 2.04 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน ระบบจะมีประสิทธิภาพการบำบัดค่อนข้างคงที่ และกำจัด บีโอดีสูงสุดได้ถึง 2.01 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน คิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 92.5±1.2 แต่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้อยที่สุดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบำบัดสูงสุดคือ 4.07 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน ระบบจะมีประสิทธิภาพการบำบัดไม่คงที่และมีประสิทธิภาพการบำบัดต่ำกว่า โดยสามารถกำจัดบีโอดี 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

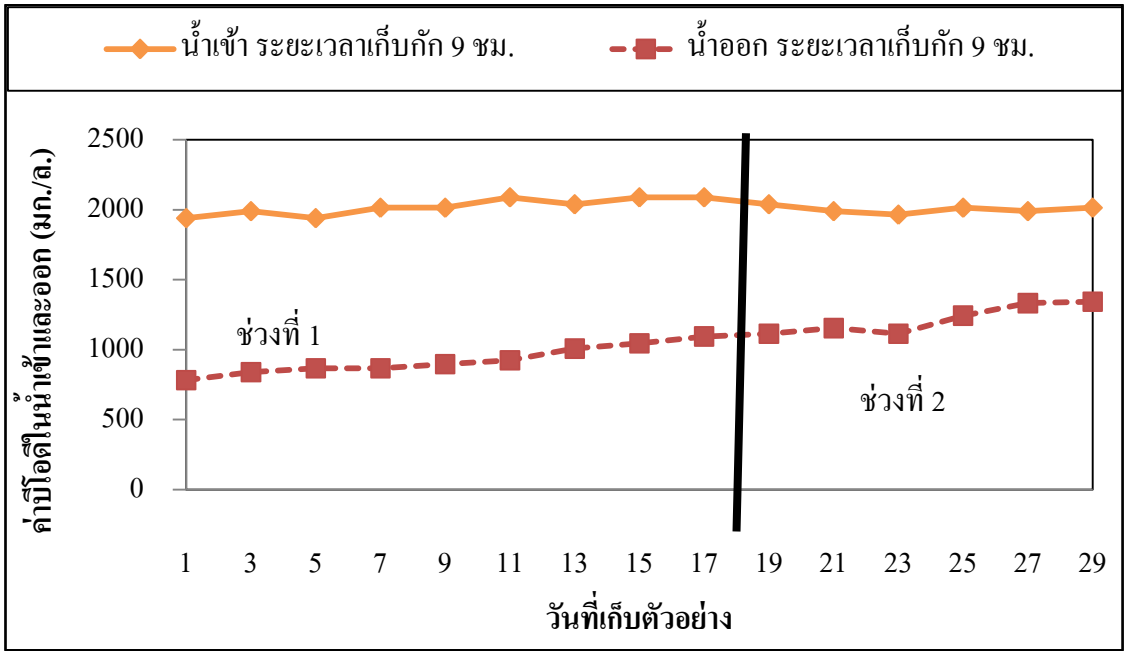
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า บีโอดีของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.97 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.98-4.100 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่า บีโอดีของทั้งสองช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12,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



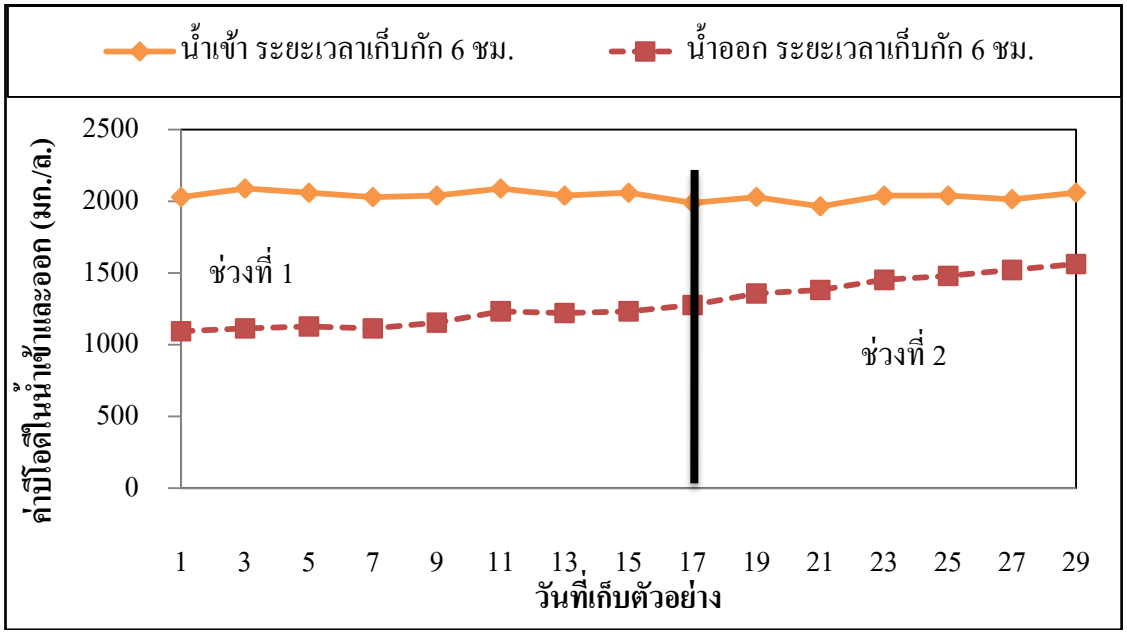
รูปที่ 4.97 ค่าบีโอดีในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันปาล์ม 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 13.59, 18.00 และ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



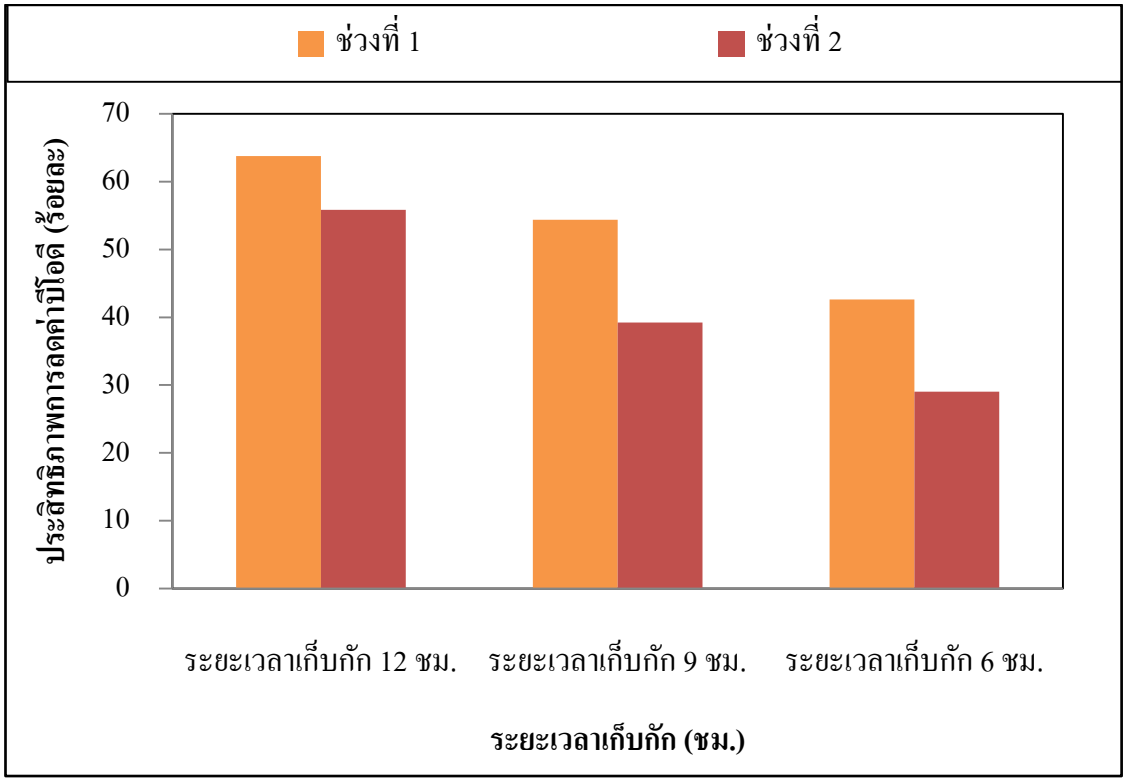
รูปที่ 4.98 ค่าบีโอดีช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 13.59 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



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



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



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

4.3.2 ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดี (Chemical Oxygen Demand: COD)

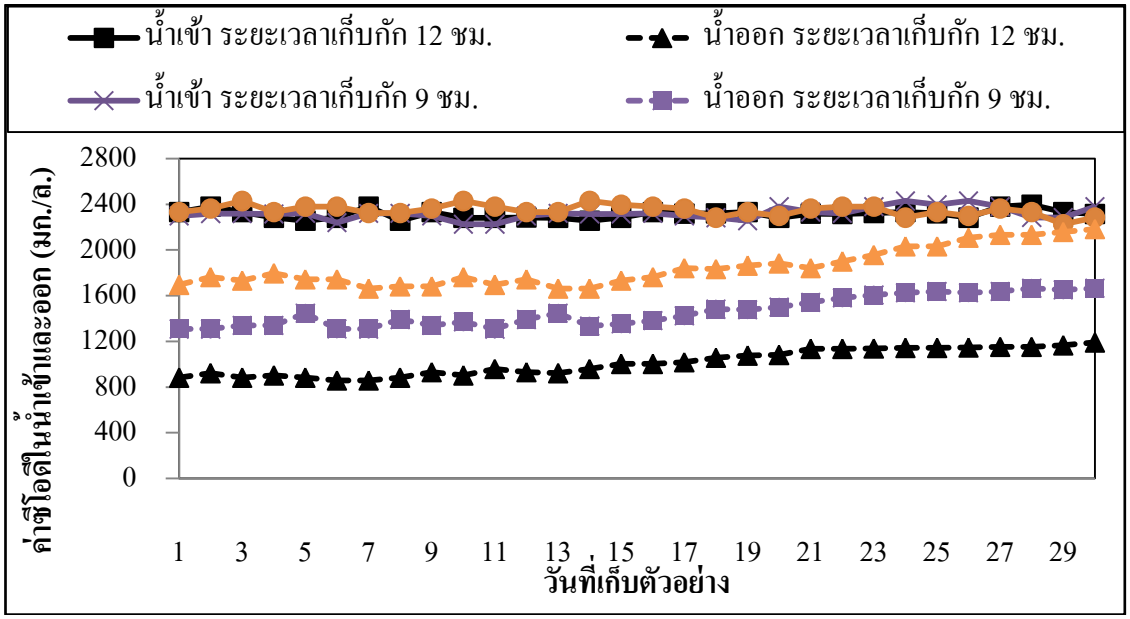
จากการวิเคราะห์ค่าซีโอดีที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 600 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าทั้ง 3 ระยะเวลาเก็บกักสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่า ซีโอดีของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วงอย่างเห็นได้ชัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าซีโอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 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 น้ำเสียออกจากระบบมีค่าซี โอดีคิดเป็นค่าเฉลี่ย 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

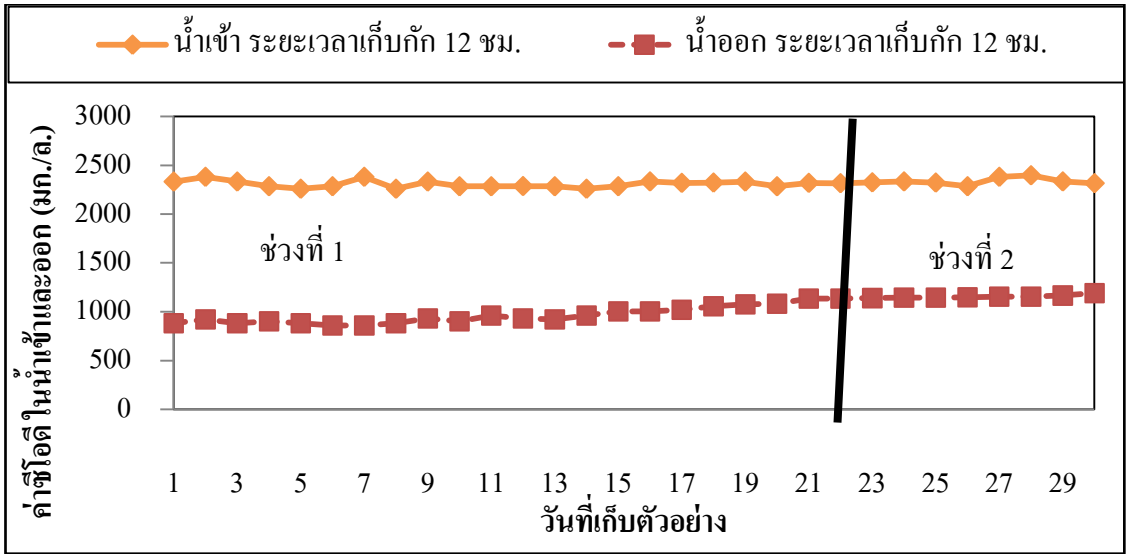
จากการทดลองพบว่าระบบบำบัด Packed Cage RBC มีประสิทธิภาพในการบำบัด ซีโอดี และถ้าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ลดลง หรือเพิ่มระยะเวลาเก็บกักจะทำให้ประสิทธิภาพการบำบัด ซีโอดีเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Malandra และคณะ [11] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ RBC ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตไวน์ จากการศึกษาพบว่า ค่า 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 เพราะที่ระยะเวลาเก็บกักต่ำระบบจะต้องรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่สูงกว่าทำให้เชื้อจุลินทรีย์เข้าสู่ 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

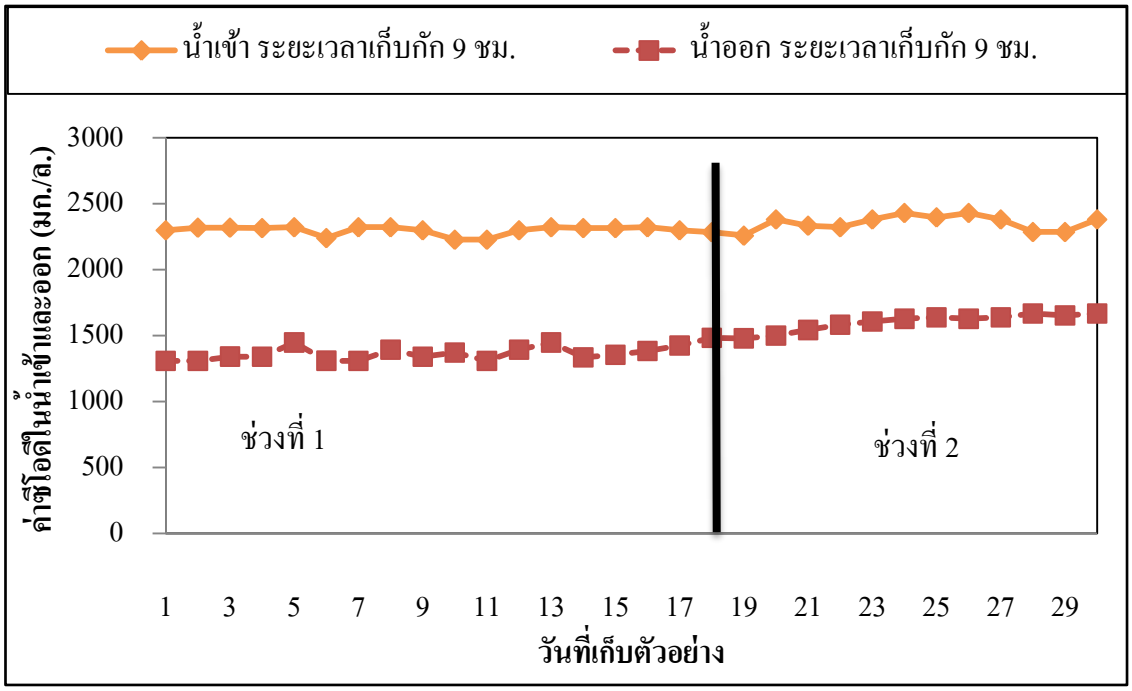
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า ซีโอดีของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.102 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.103-4.105 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่าซีโอดีของทั้งสองช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12,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



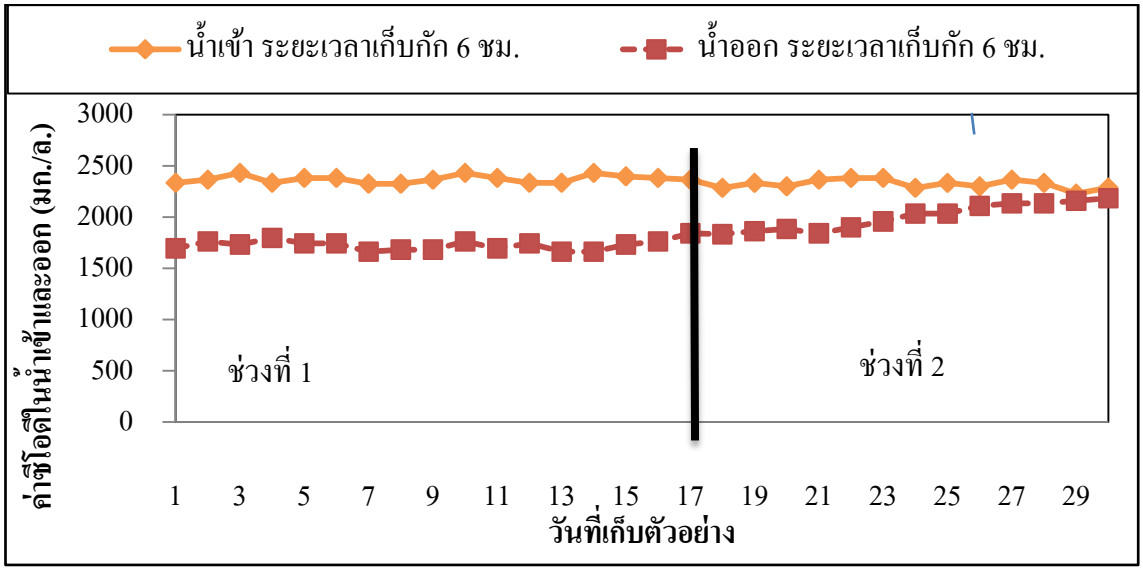
รูปที่ 4.102 ค่าซีโอดีในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 13.59, 18.00 และ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



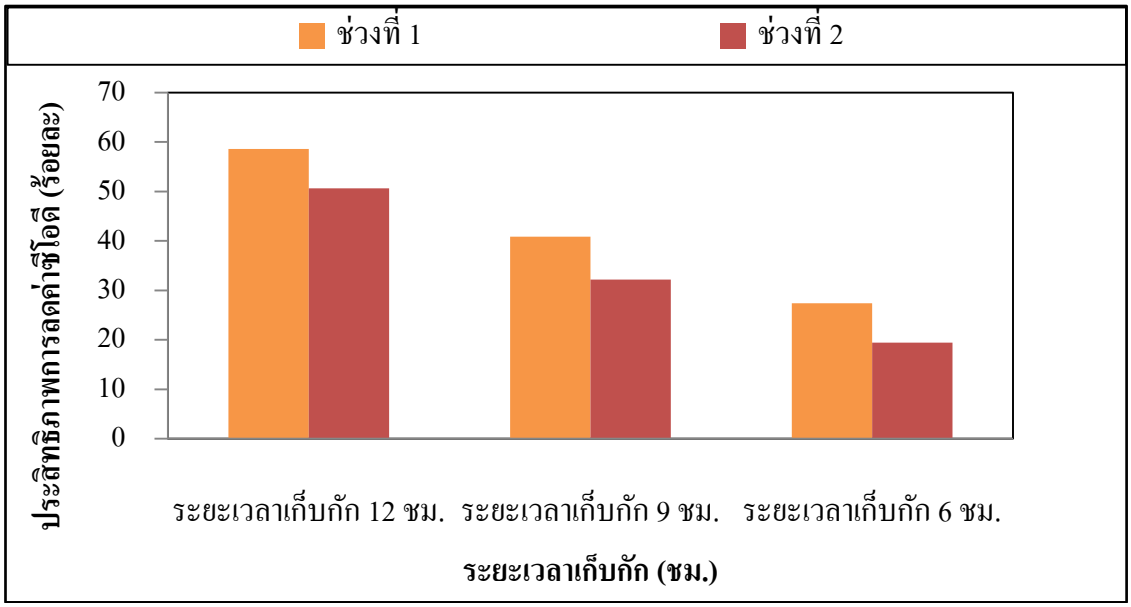
รูปที่ 4.103 ค่าซีโอดีช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 13.59 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.104 ค่าซีโอดีช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 18.00 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



รูปที่ 4.105 ค่าซีโอดีช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



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

4.3.3 ปริมาณสารแขวนลอยในน้ำเสียออกระบบ (Suspended Solid: SS)

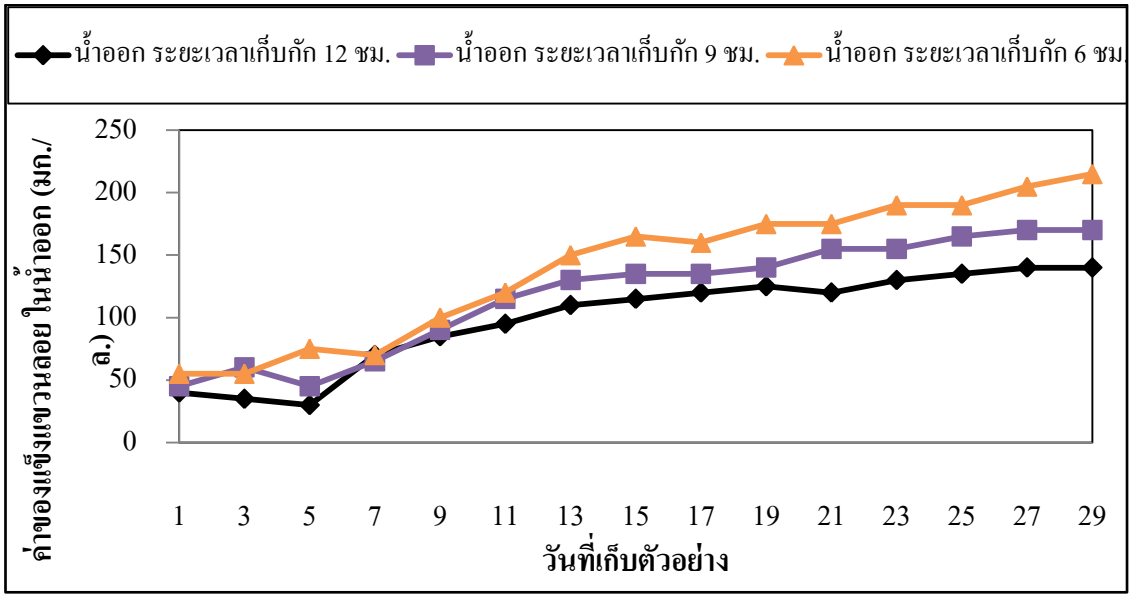
จากการวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอยที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 600 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าทั้ง 3 ระยะเวลาเก็บกักสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่า ของแข็งแขวนลอย ของน้ำเสียออกจากระบบที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วงอย่างเห็นได้ชัด โดยที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ของแข็งแขวนลอย คิดเป็นค่าเฉลี่ย 85.91±36.66 และ 136.25±4.79 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียออกจากระบบมีค่าของแข็งแขวนลอย คิดเป็นค่าเฉลี่ย 91.11±38.47 และ 159.17±11.58 มิลลิกรัม/ลิตรที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ของแข็งแขวนลอย คิดเป็นค่าเฉลี่ย 136.67±52.67 และ 187.14±18.90 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมงค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2

จากการศึกษาพบว่าค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำออกจะแปรผกผันกับกับระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียหรือแปรผันตามภาระบรรทุกสารอินทรีย์ กล่าวคือภาระบรรทุกสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าของแข็ง

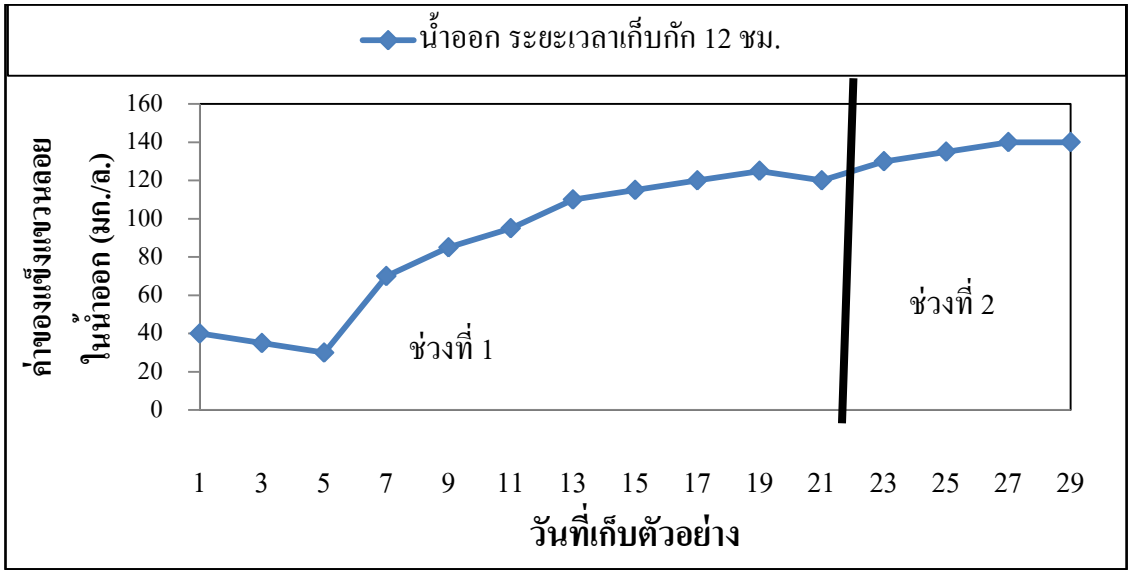
แขวนลอย ในน้ำออกจะเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่สูงขึ้นทำให้จุลินทรีย์เกิดกระบวนการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ในน้ำเสียมาใช้ในการเติบโตและแบ่งเซลล์เพิ่มขึ้นในขณะที่ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของระบบมีจำกัดทำให้ออกซิเจนไม่เพียงพอต่อจุลินทรีย์ อีกทั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทำให้ฟิล์มชีวะหนาขึ้นจนออกซิเจนไม่สามารถแพร่ผ่านได้ทำให้ชั้นในสุดของฟิล์มชีวะเกิดส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

นอกจากนี้ยังพบว่า สามารถแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงเนื่องจากค่าของแข็งแขวนลอยที่แตกต่างกันอันเป็นผลมาจากการเติบโตของฟิล์มชีวะทำให้ฟิล์มชีวะหนาขึ้นเรื่อยๆ จนเกิดสภาวะไร้อากาศของชั้นในสุดของฟิล์มชีวะทำให้ฟิล์มชีวะหลุดลอกในช่วงที่สองของการเดินระบบ ส่งผลให้ค่าของแข็งแขวนลอยในช่วงที่สองเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งฟิล์มชีวะของระบบที่ใช้ระยะเวลาเก็บกักต่ำกว่าจะเกิดการหลุดลอกเร็วกว่าระบบที่ใช้ระยะเวลาเก็บกักนานกว่า เนื่องจากระยะเวลาเก็บกักที่ต่ำทำให้ระบบต้องรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่สูงกว่าทำใช้เชื้อตายเร็วกว่าและหลุดลอกออก 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 น้ำเสียออกจากระบบจะมีค่า ของแข็งแขวนลอยต่ำสุดเท่ากับ 18±2 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้อยที่สุดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงสุดคือ 4.07 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน จะมีค่าของแข็งแขวนลอย ในน้ำออกมากที่สุดคือ 25±2 มิลลิกรัม/ลิตร

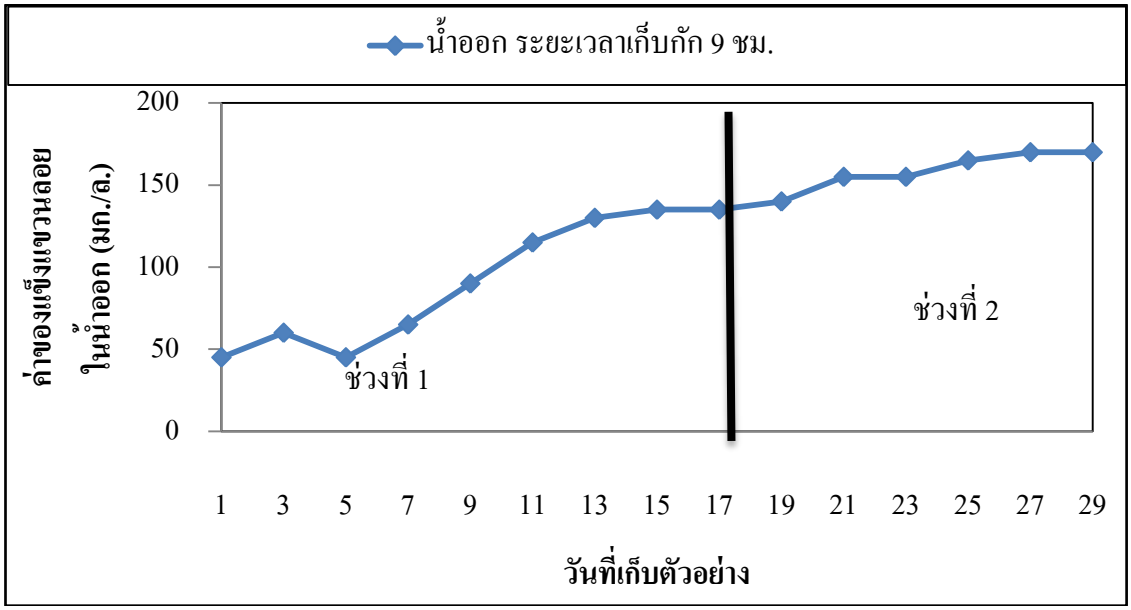
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า ของแข็งแขวนลอย ของเสียออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.107 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.108-4.110



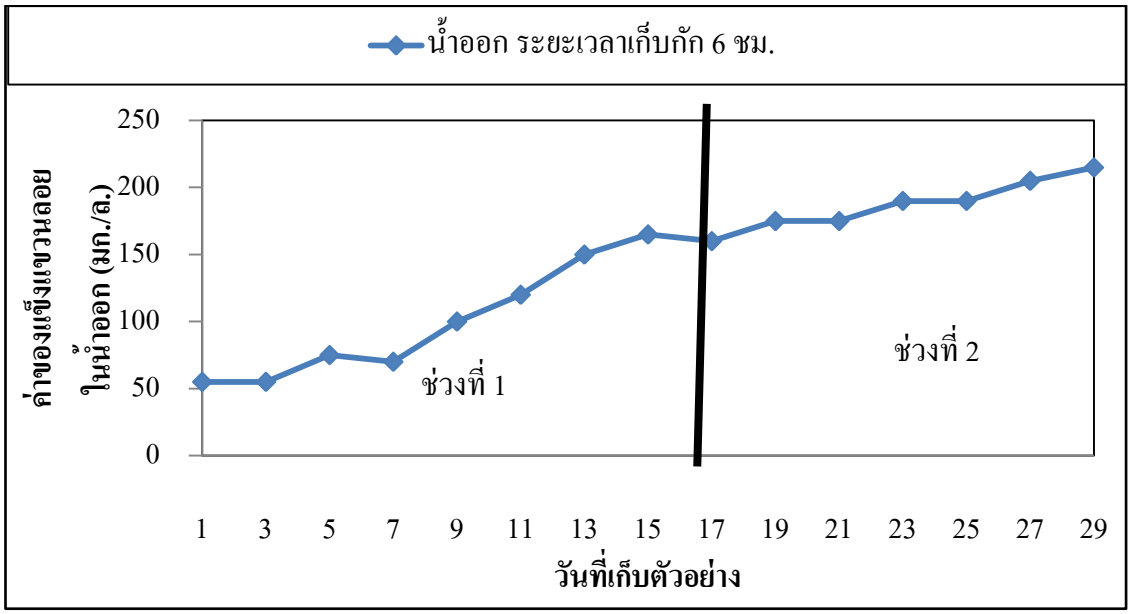
รูปที่ 4.107 ค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำออกระบบ ที่มีน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 13.59, 18.00 และ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



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



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



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

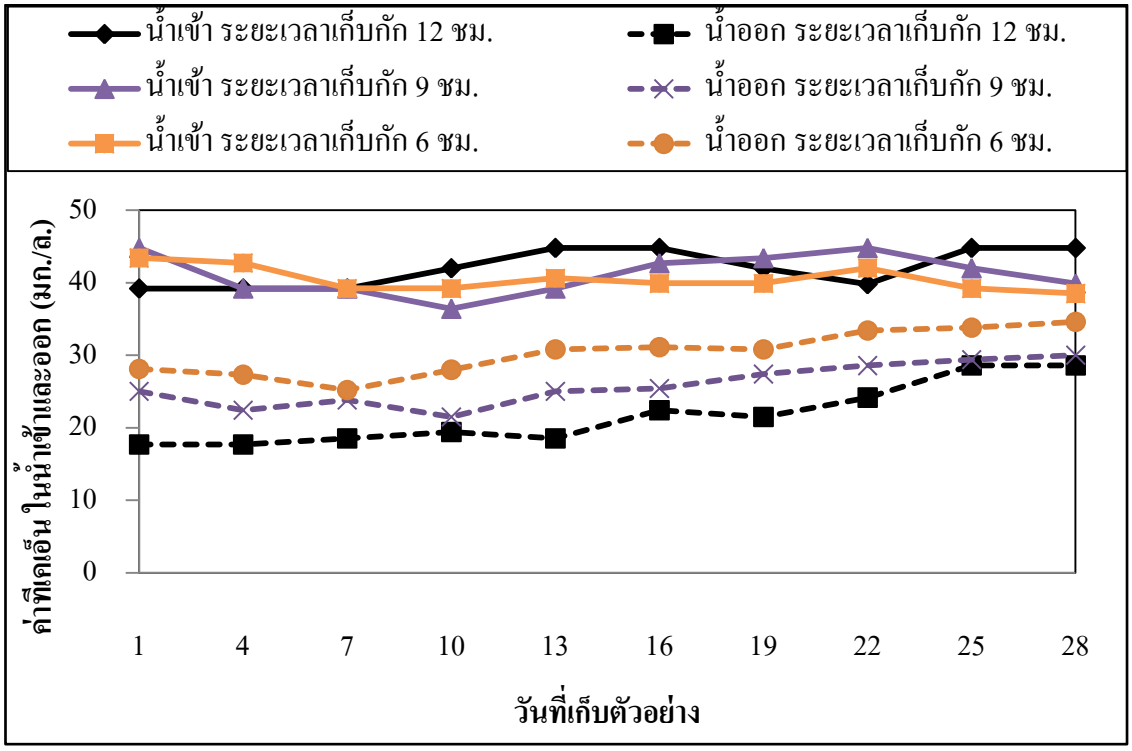
4.3.4 ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen: TKN)

จากการวิเคราะห์ค่าทีเคเอ็นที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 600 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าทั้ง 3 ระยะเวลาเก็บกักสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่า ทีเคเอ็นของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 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 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าทีเคเอ็น 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 และประสิทธิภาพการบำบัดของช่วงที่ 1 จะสูงกว่าช่วงที่ 2 ด้วย

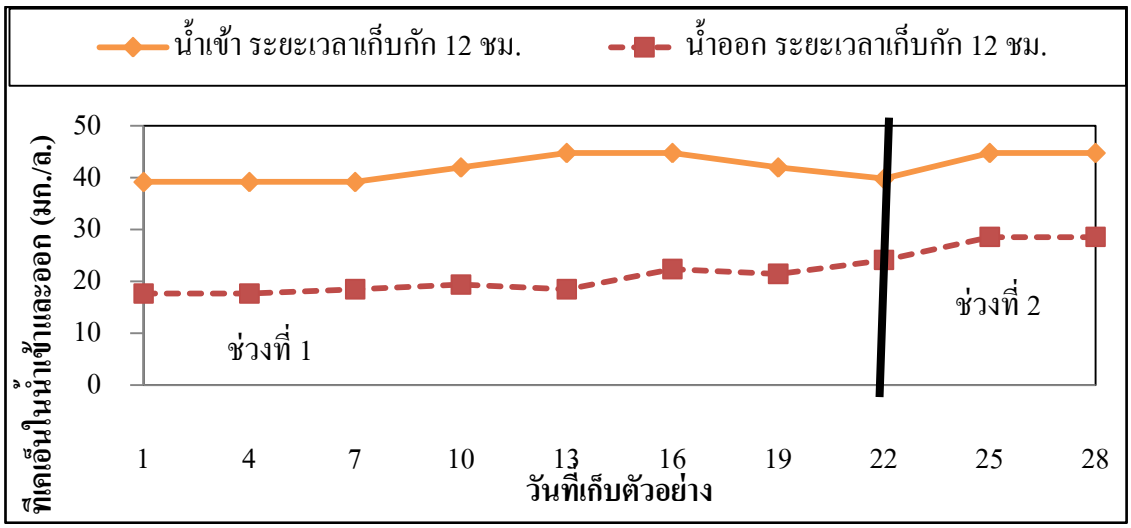
จากการศึกษาพบว่า ระบบ Packed Cage RBC มีประสิทธิภาพในการบำบัด ทีเคเอ็นและประสิทธิภาพการบำบัดทีเคเอ็นจะแปรผันตามระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย หรือแปรผกผันกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ โดยระบบที่มีระยะเวลาเก็บกักนาน หรือมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำ จะมีประสิทธิภาพการบำบัดที่ดีกว่า เนื่องจากที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำระบบจะรับภาระในการบำบัดทีเคเอ็นน้อยลงด้วย ทำให้ระบบสามารถกำจัดทีเคเอ็นได้มีประสิทธิภาพดีขึ้น อีกทั้งปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่มีจำกัด ทำให้เมื่อระบบต้องรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์มากๆ ออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการนำมาเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์และบำบัดทีเคเอ็น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Najafpour และคณะ [6]ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของภาระบรรทุกสารอินทรีย์ในน้ำเสียของอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม ต่อประสิทธิภาพระบบ RBC พบว่าเมื่อใช้ *Saccharomycese 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 เชื้อจะเริ่มตายแหละหลุดลอกออกจากตัวกลาง โดยที่ระยะเวลาเก็บกักต่ำฟิล์มชีวะจะเกิดการหลุดลอกเร็วกว่า 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 มีประสิทธิภาพการบำบัด ทีเคเอ็น สูงสุดคิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 61.6±3.7 แต่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้อยที่สุดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงสุดคือ 4.07 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน จะมีประสิทธิภาพการบำบัดลดลง คิดเป็นร้อยละ 40.2±1.2

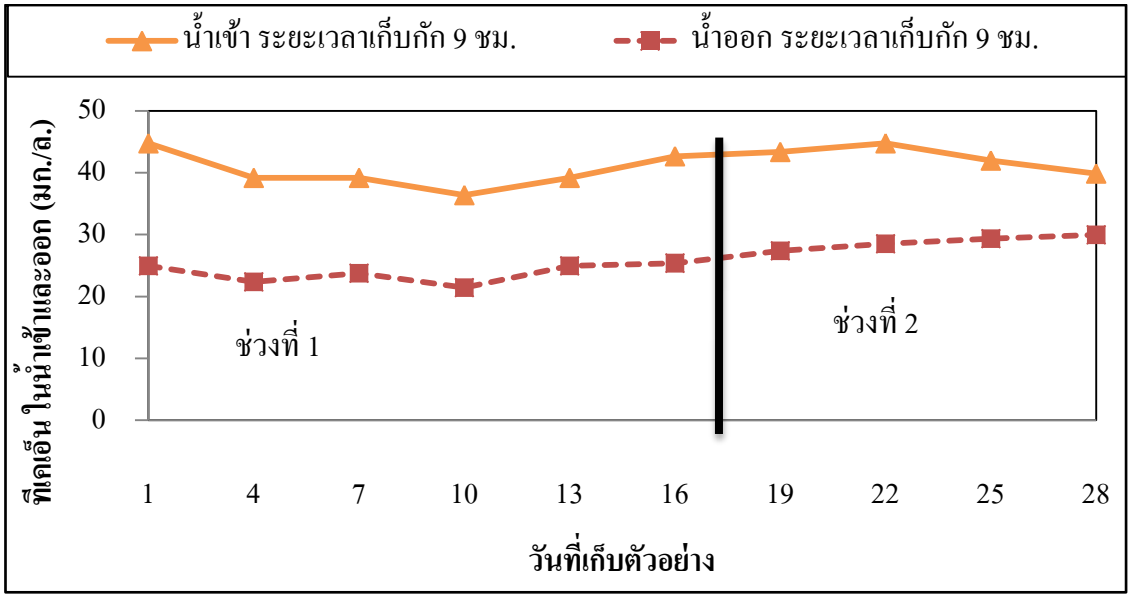
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า ทีเคเอ็น ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.111 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.112-4.114 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่า ทีเคเอ็น ของทั้งสองช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก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



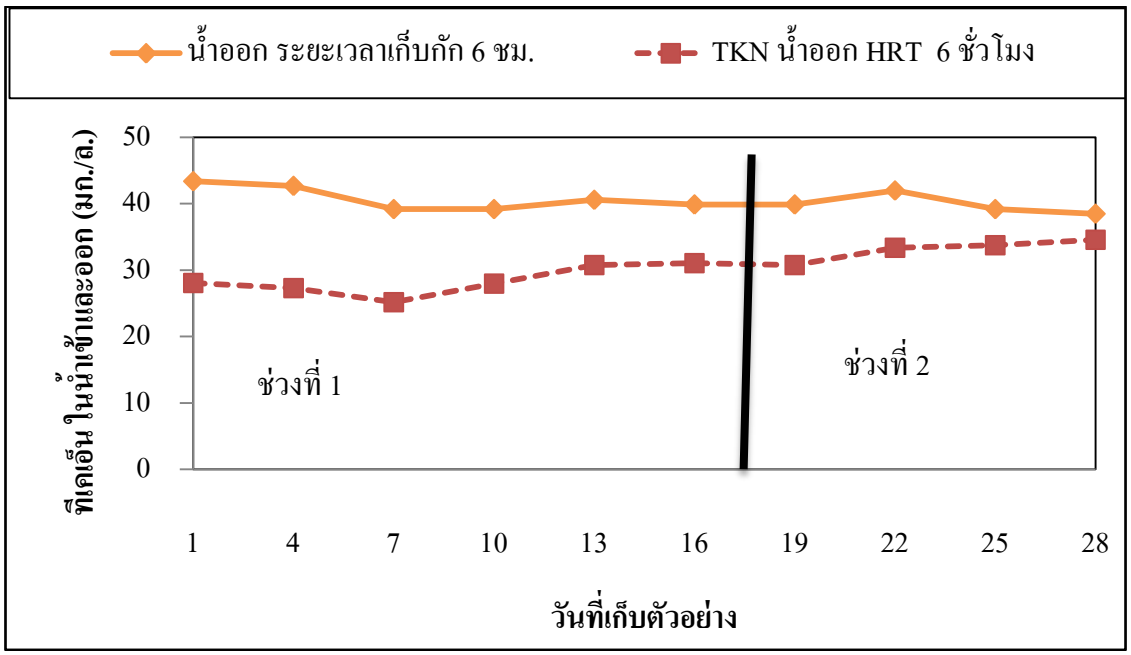
รูปที่ 4.111 ค่าทีเคเอ็นในน้ำเข้าและออกของระบบที่มีน้ำมันเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 13.59, 18.00 และ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



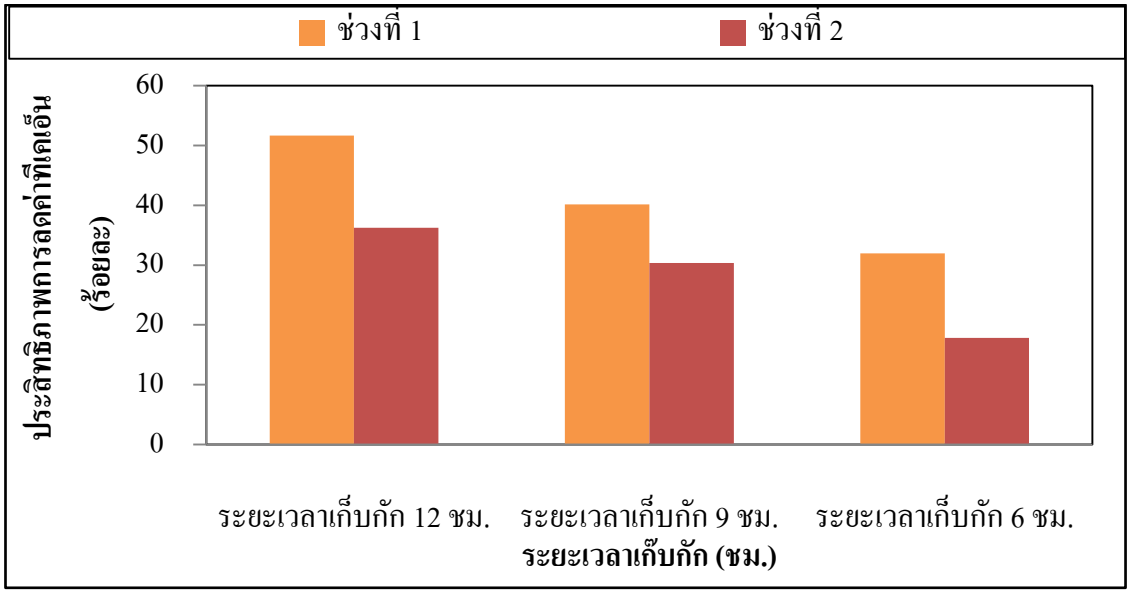
รูปที่ 4.112 ค่าทีเคเอ็น ในช่วงที่ 1 และ 2 ของน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 13.59 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



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



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



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

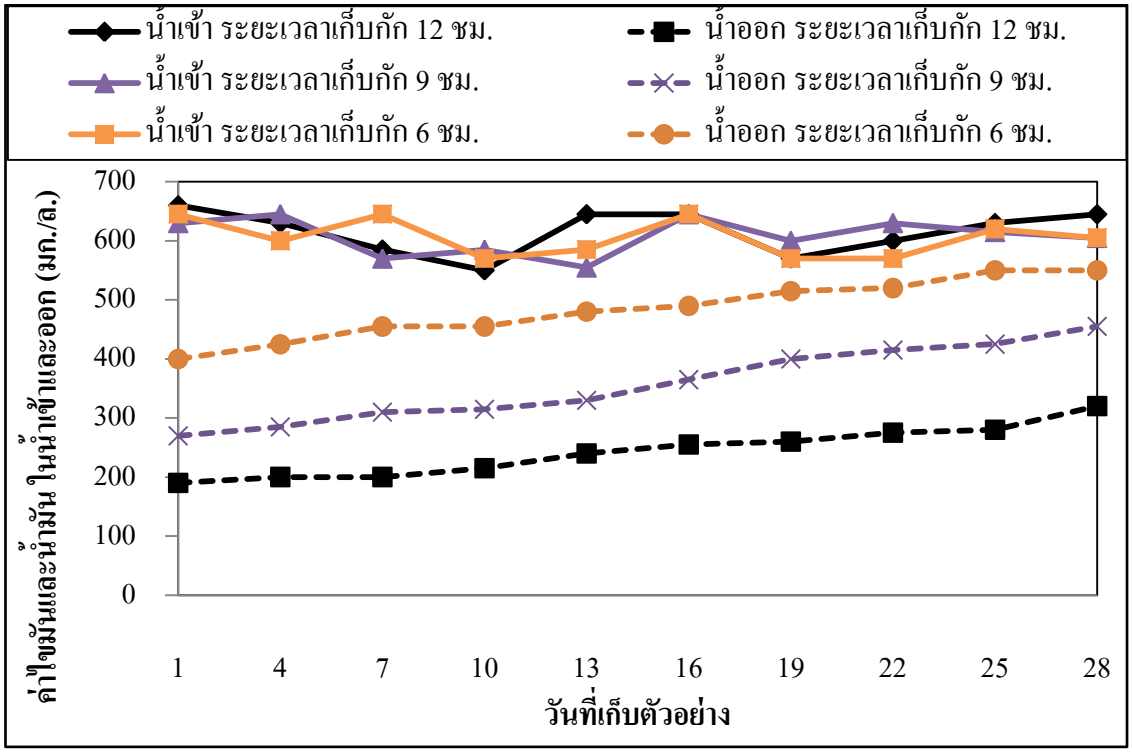
4.3.5 ประสิทธิภาพการบำบัดไขมันและน้ำมัน (Grease & Oil)

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 น้ำเสียออกจากระบบมีค่าปริมาณไขมันและน้ำมัน 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 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าไขมันและน้ำมัน 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 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าไขมันและน้ำมัน คิดเป็นค่าเฉลี่ย 615.00±34.21 และ 591.25±25.29 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำเสียออกจากระบบมีค่าปริมาณไขมันและน้ำมัน คิดเป็นค่าเฉลี่ย 450.83±33.68 และ 533.75±18.87 มิลลิกรัม/ลิตร และ ประสิทธิภาพ

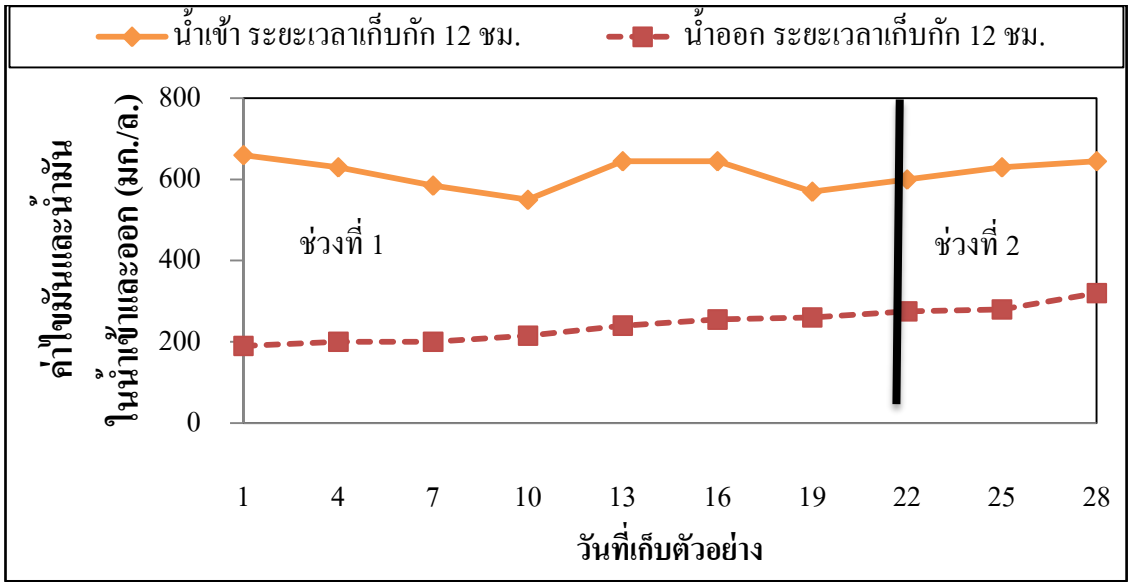
การบำบัดคิดเป็นร้อยละ 26.46±7.31 และ 26.46±7.31 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าไขมันและน้ำมัน ของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2 และประสิทธิภาพการบำบัดของช่วงที่ 1 จะสูงกว่าช่วงที่ 2 ด้วย

จากการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพของการบำบัดค่าปริมาณ ไขมันและน้ำมัน จะแปรผันตามระยะเวลาเก็บกัก หรือแปรผกผันกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ กล่าวคือถ้าเพิ่มระยะเวลาเก็บกัก หรือลดภาระบรรทุกสารอินทรีย์ จะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพการบำบัด ไขมันและน้ำมัน ดีขึ้น เนื่องจากการเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์ทำให้จุลินทรีย์ในระบบเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณออกซิเจนในระบบมีจำกัดและไม่เพียงพอต่อการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ปริมาณมากๆ ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดลดลง อีกทั้งถ้าภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงจุลินทรีย์จะเลือกใช้สารอินทรีย์ชนิดอื่นที่ย่อยสลายได้ง่ายกว่าก่อนจะย่อยสลายน้ำมันที่เป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ยาก ทำให้การย่อยสลายไขมันและน้ำมันมีอัตราการบำบัดลดลง และยังสามารถแบ่งช่วงการบำบัด ไขมันและน้ำมัน ได้เป็น 2 ช่วง โดยช่วงที่ 2 ประสิทธิภาพการบำบัดจะลดลง เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์เริ่มตายและหลุดลอกจากตัวกลาง และที่ระยะเวลาเก็บกักมากกว่า เชื้อจะหลุดลอกจากตัวกลางช้ากว่า เนื่องจากภาระบรรทุกของน้ำเสียเข้าระบบจะต่ำกว่า เป็นผลให้เชื้อเติบโตและตายช้ากว่าทำให้เกิดการหลุดลอกออกจากตัวกลางระบบที่รับภาระบรรทุกสูงๆ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Najafpour และคณะ [6]ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของภาระบรรทุกสารอินทรีย์ในน้ำเสียของอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม ต่อประสิทธิภาพระบบ RBC พบว่าเมื่อใช้ *Saccharomycese cerevisiae* เป็นจุลินทรีย์หลักในระบบ RBC เพื่อย่อยสลายน้ำเสียของโรงงานน้ำมันปาล์ม ที่มีน้ำมันปนเปื้อนสูง ส่งผลให้ มีซีโอดีในน้ำเสียเข้าระบบสูงถึง 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

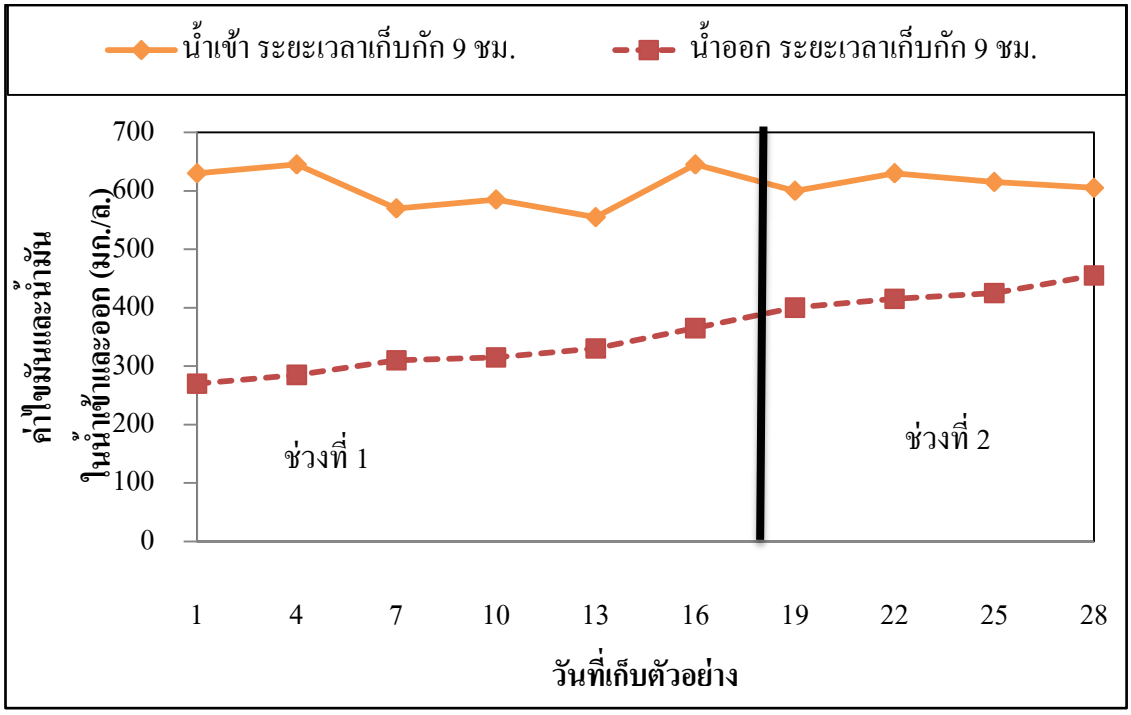
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณ ไขมันและน้ำมัน ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.116 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.117-4.119 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่าไขมันและน้ำมัน ของทั้งสองช่วง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



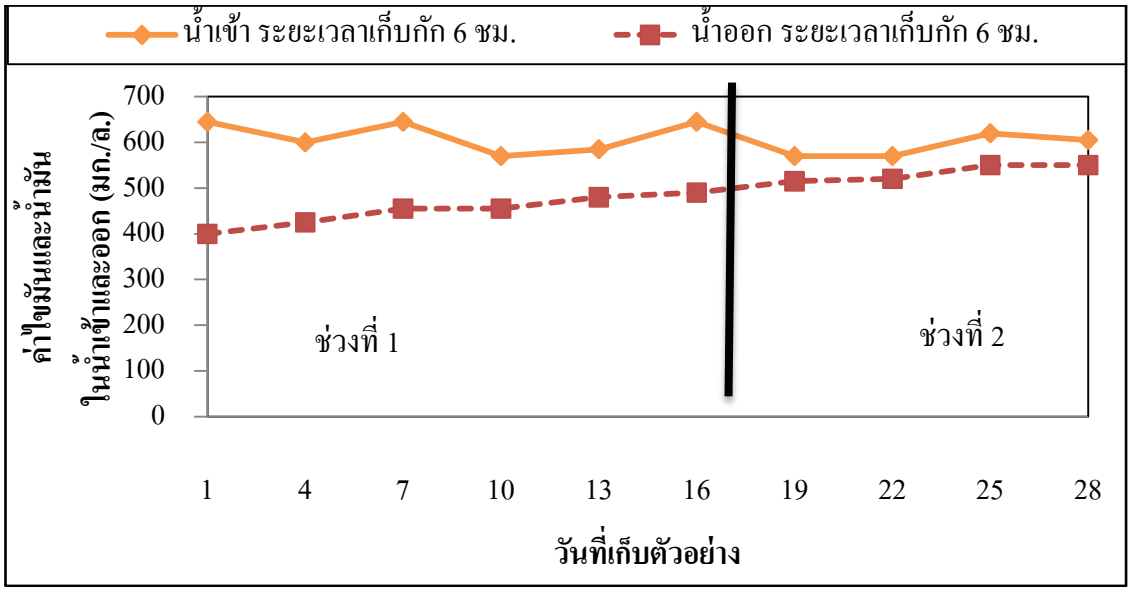
รูปที่ 4.116 ค่าไขมันและน้ำมันในน้ำเข้าระบบและออกจากระบบ ที่มีน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 13.59, 18.00 และ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



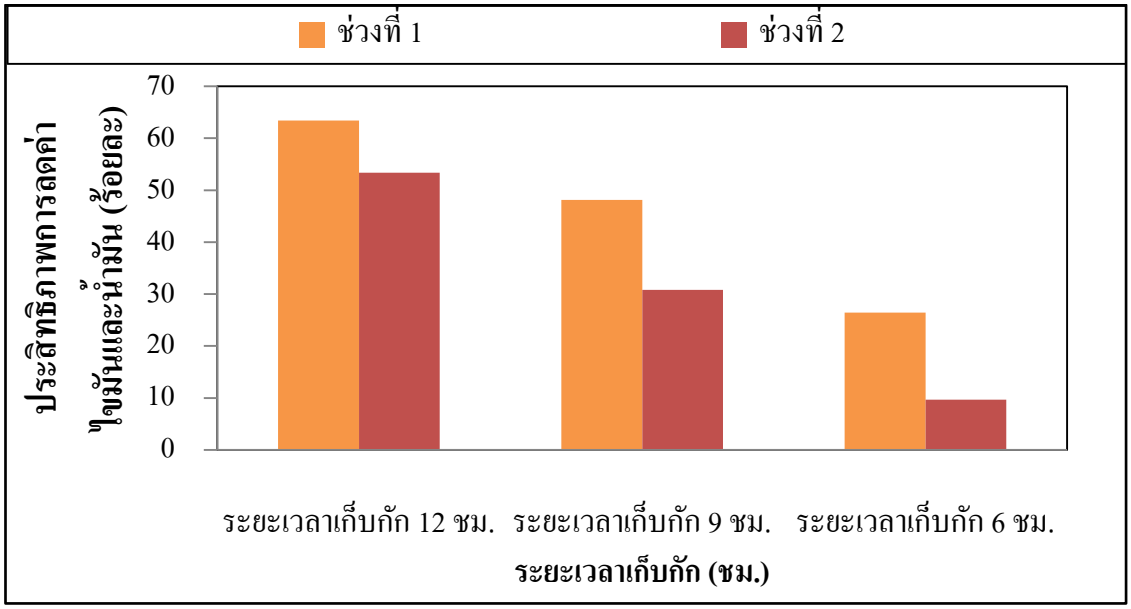
รูปที่ 4.117 ค่าไขมันและน้ำมันช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 13.59 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



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



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



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

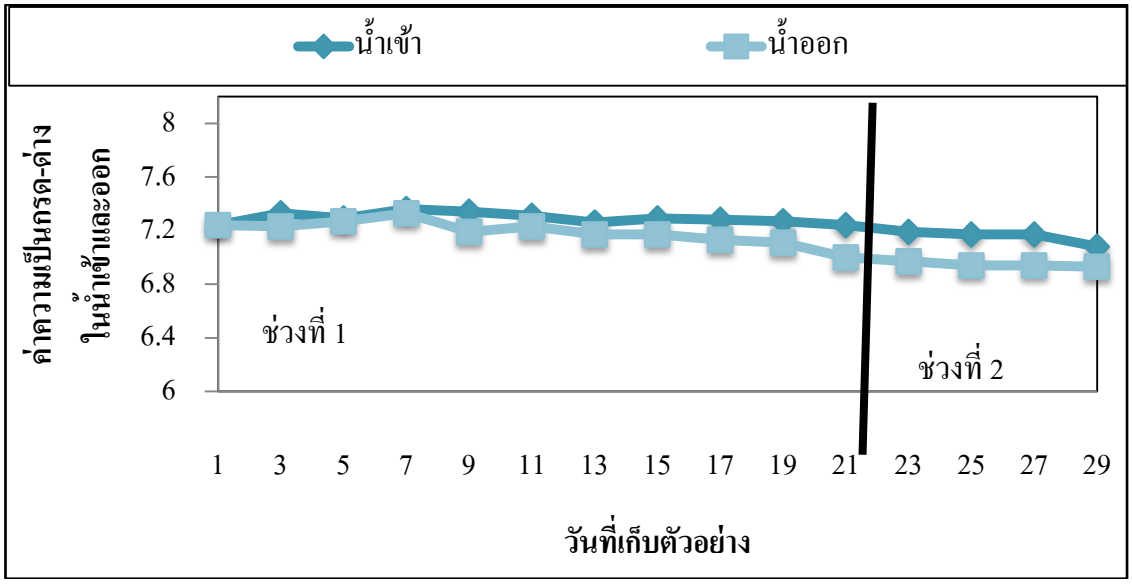
4.3.6 ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียเข้าและออกระบบ (pH)

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

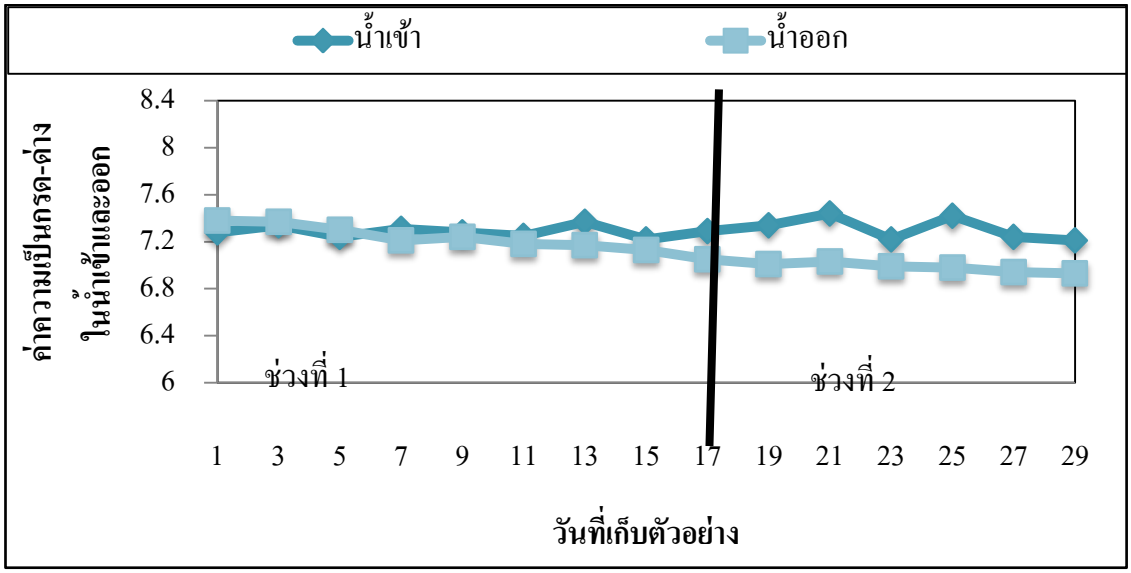
จากการศึกษาพบว่า ค่า ความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำออกจะต่ำกว่าน้ำเข้าเล็กน้อย เนื่องจากภาระบรรทุกสารอินทรีย์เข้าระบบค่อนข้างสูงทำให้ออกซิเจนในระบบไม่เพียงพอ จึงเกิดกระบวนการย่อยสลาย

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

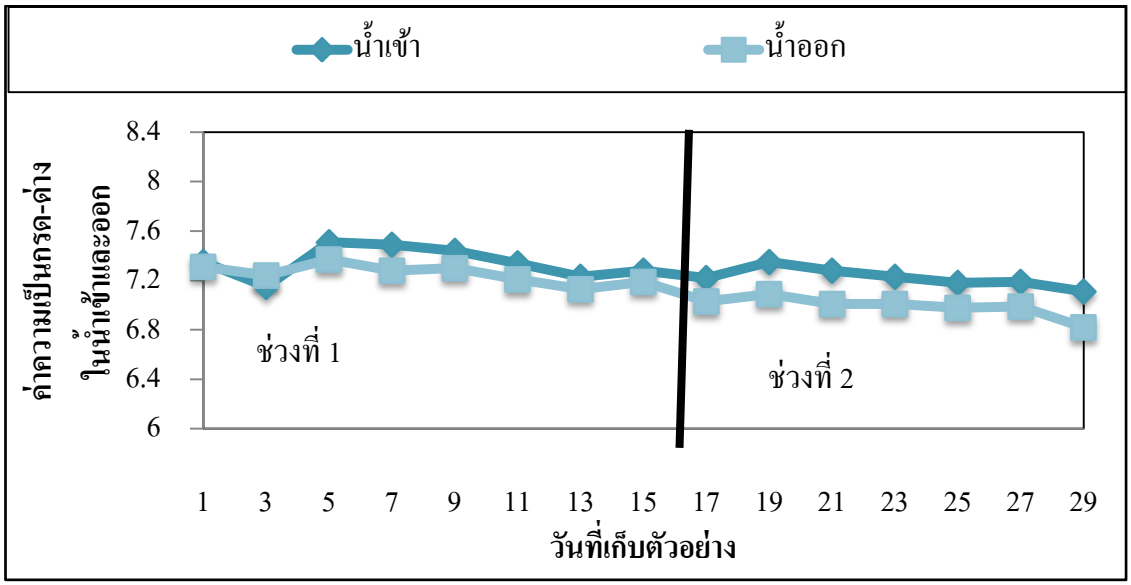
เมื่อนำมาแสดงในรูปกราฟเพื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรดด่างของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.121-4.123 จะเห็นได้ว่าค่าความเป็นกรดด่างของน้ำเสียออกจากระบบจะต่ำกว่าน้ำเสียเข้าระบบเล็กน้อยโดยเฉพาะน้ำเสียออกระบบช่วงที่ 2 จะมีค่าต่ำกว่าช่วงที่ 1 เล็กน้อย แต่ก็ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก และอยู่ในช่วงที่เหมาะสมคือค่อนข้างเป็นกลาง ซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบ



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



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



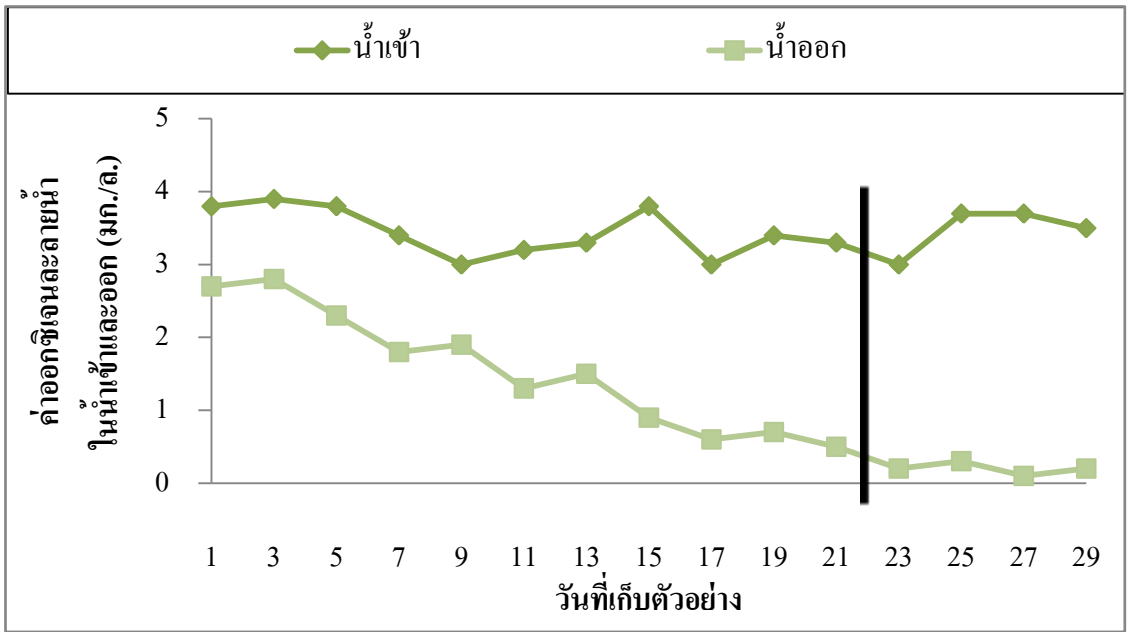
รูปที่ 4.123 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ช่วงที่ 1 และ 2 ของน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

4.3.7 ค่าออกซิเจนละลายน้ำของน้ำเสียเข้าและออกระบบ (Dissolved Oxygen: DO)

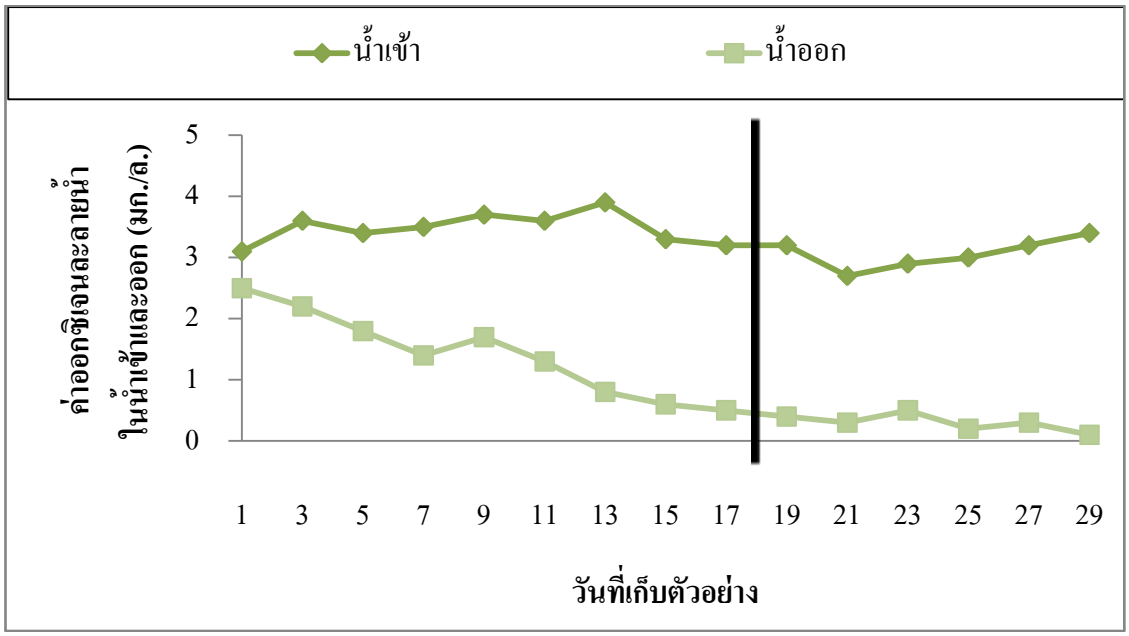
จากการวิเคราะห์ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 600 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 6, 9 และ 12 ชั่วโมง พบว่าทั้ง 3 ระยะเวลาเก็บกักสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ของน้ำเสียออกจากระบบที่แตกต่างกันของทั้ง 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 น้ำเสียเข้าระบบมีค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 3.20±0.49 และ 3.13±0.45 น้ำเสียออกจากระบบมีค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำคิดเป็นค่าเฉลี่ย 1.29±0.60 และ 0.26±0.15 ตามลำดับ

จากการศึกษา พบว่าจากการศึกษาพบว่า ค่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ในน้ำออกจะต่ำกว่าน้ำเข้า เนื่องจากภาระบรรทุกสารอินทรีย์เข้าระบบค่อนข้างสูงทำให้เชื้อจุลินทรีย์ต้องใช้ออกซิเจนปริมาณมากในการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ และสามารถแบ่งช่วงการบำบัดได้ 2 ช่วง เนื่องจากช่วงที่ 2 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ จะลดลงเล็กน้อย เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์เริ่มตายและหลุดลอกจากตัวกลางทำให้สารอินทรีย์ในระบบเพิ่มขึ้นอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ก็จะเพิ่มขึ้น ทำให้ความต้องการออกซิเจนเพิ่มขึ้นด้วย ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ในน้ำออกจึงลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhiqiang และคณะ [21] ได้ใช้ระบบ RBC บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ปนเปื้อนสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจนที่ระยะเวลาเก็บ 5-9 ชั่วโมง และภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 16-40 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร -วัน พบว่าค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ของของน้ำเข้าระบบเท่ากับ 8.1 มิลลิกรัม/ลิตร และเมื่อผ่านไป 5 วัน ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำออกลดลงเหลือ 3.9 มิลลิกรัม/ลิตร

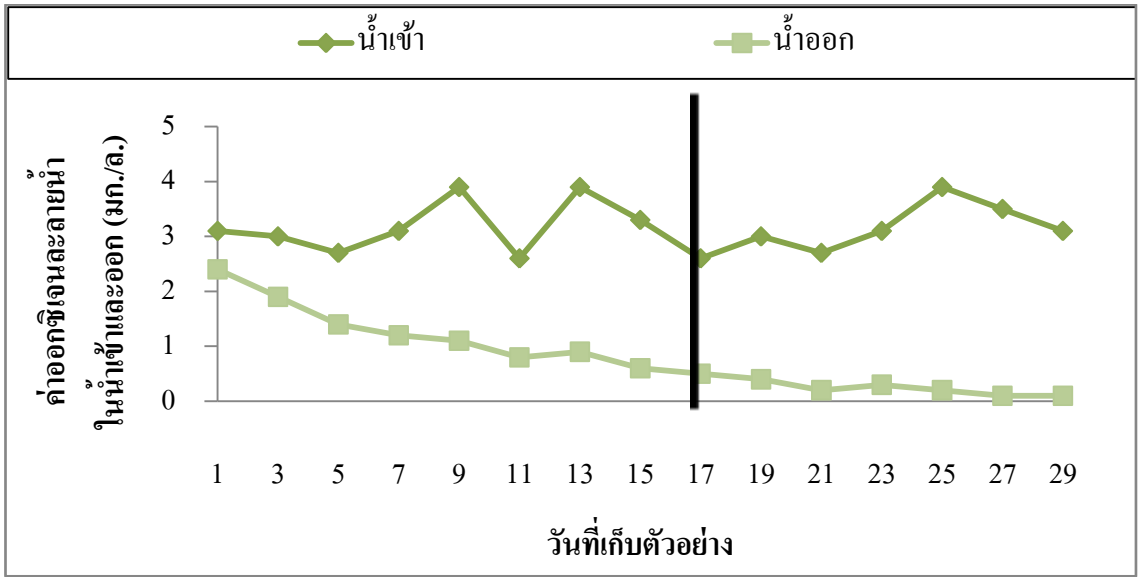
เมื่อนำมาแสดงในรูปกราฟเพื่อเปรียบเทียบค่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.124-4.126



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



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



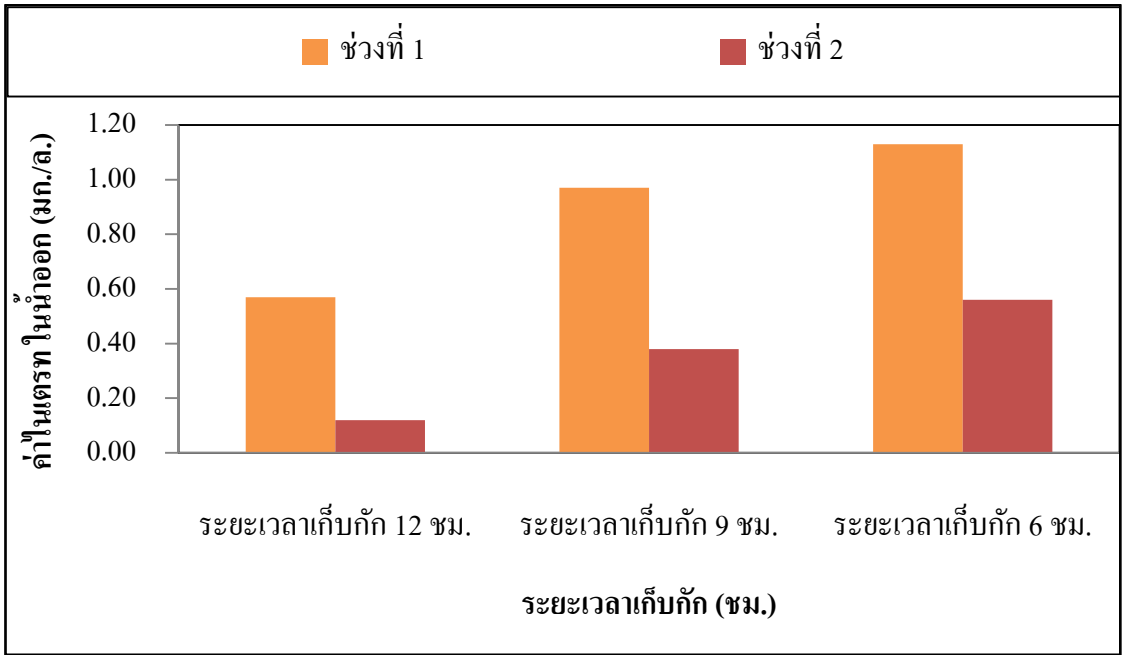
รูปที่ 4.126 ค่าออกซิเจนละลายน้ำช่วงที่ 1 และ 2 ของน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)

4.3.8 ปริมาณไนเตรทของน้ำเสียในระบบ (Nitrate)

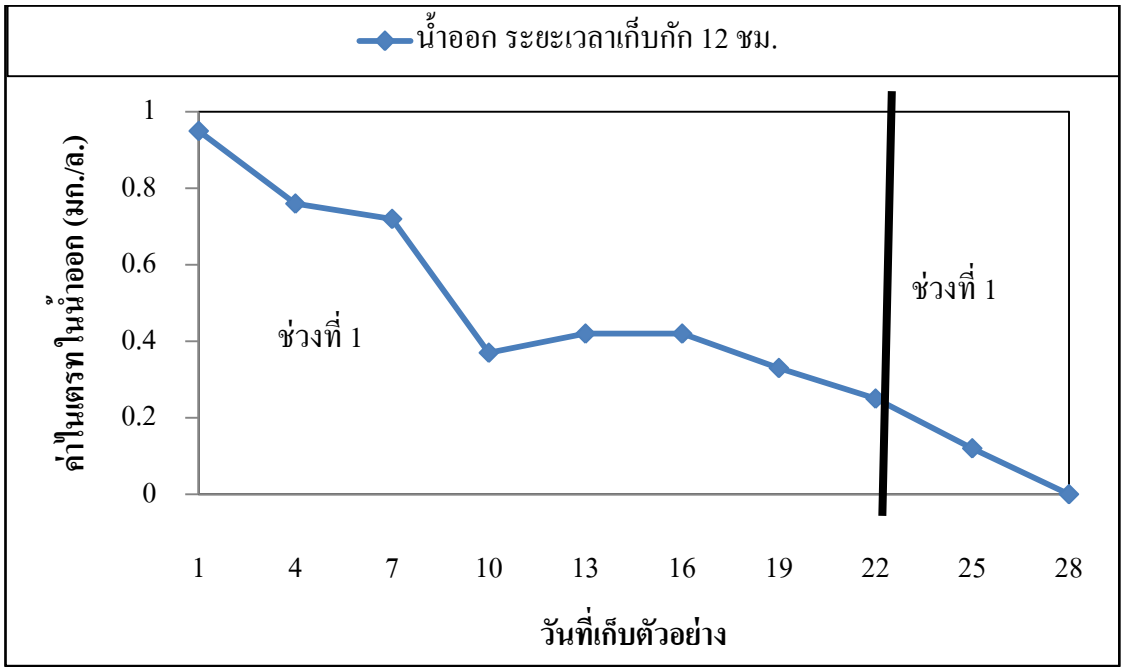
จากการวิเคราะห์ค่า ไนเตรทที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 600 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าทั้ง 3 ระยะเวลาเก็บกักสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่า ไนเตรทของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วงอย่างเห็นได้ชัด โดยที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ไนเตรทน้อยมากหรือเท่ากับ 0 น้ำเสียออกจากระบบช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 มีค่า ไนเตรท คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.53±0.23 และ 0.12±0.13 มิลลิกรัม /ลิตร ตามลำดับ ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่าไนเตรทน้อยมากหรือเท่ากับ 0 น้ำเสียออกจากระบบมีค่าไนเตรท ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.97±0.30 และ 0.38±0.19มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่า ไนเตรทน้อยมากหรือเท่ากับ 0 น้ำเสียออกจากระบบมีค่าไนเตรทช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 คิดเป็นค่าเฉลี่ย 1.13±0.24 และ 0.56±0.16 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าไนเตรทของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2

การศึกษาพบว่าในน้ำเข้าพบว่ามีค่า ไนเตรทน้อยมากหรือเท่ากับ 0 ในขณะที่น้ำออกสามารถตรวจพบค่าไนเตรท โดยค่าไนเตรทในน้ำออกมีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัด และสามารถแบ่งช่วงการบำบัดเป็น 2 ช่วงเนื่องจากช่วงที่ 2 จะมีอัตราการเกิดของไนเตรทลดลงอย่างเห็นได้ชัดเป็นผลมาจากค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่ค่อนข้างสูงที่ส่งผลให้อัตราการใช้ออกซิเจนเพื่อเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์สูงขึ้น 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 ภาระบรรทุกสารอินทรีย์จาก 40 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน พบไนเตรทในน้ำเสียออกระบบ 8.8±0.3 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ถ้าเพิ่มระยะเวลาเก็บกักเป็น 9 ชั่วโมง ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 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 ชั่วโมงพบว่าที่ความเข้มข้นของไซยาไนด์ 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 จะมีค่าไนเตรทในน้ำออกมากที่สุดคือ 1.7±0.4 มิลลิกรัม/ลิตร

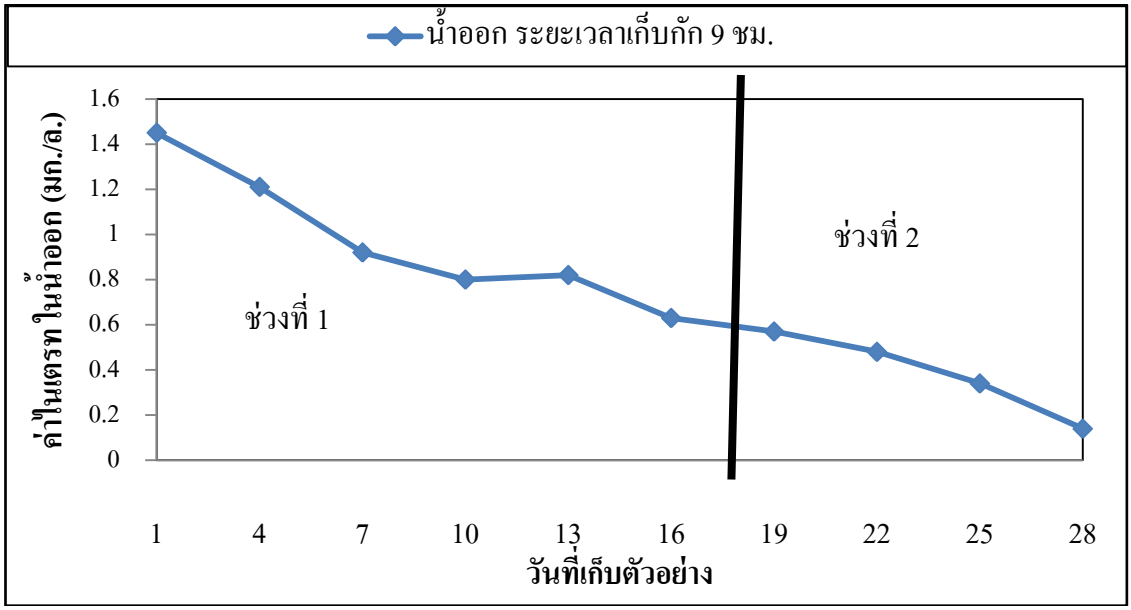
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า ไนเตรท ในน้ำออกจากระบบบำบัดที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.127 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.128-4.130



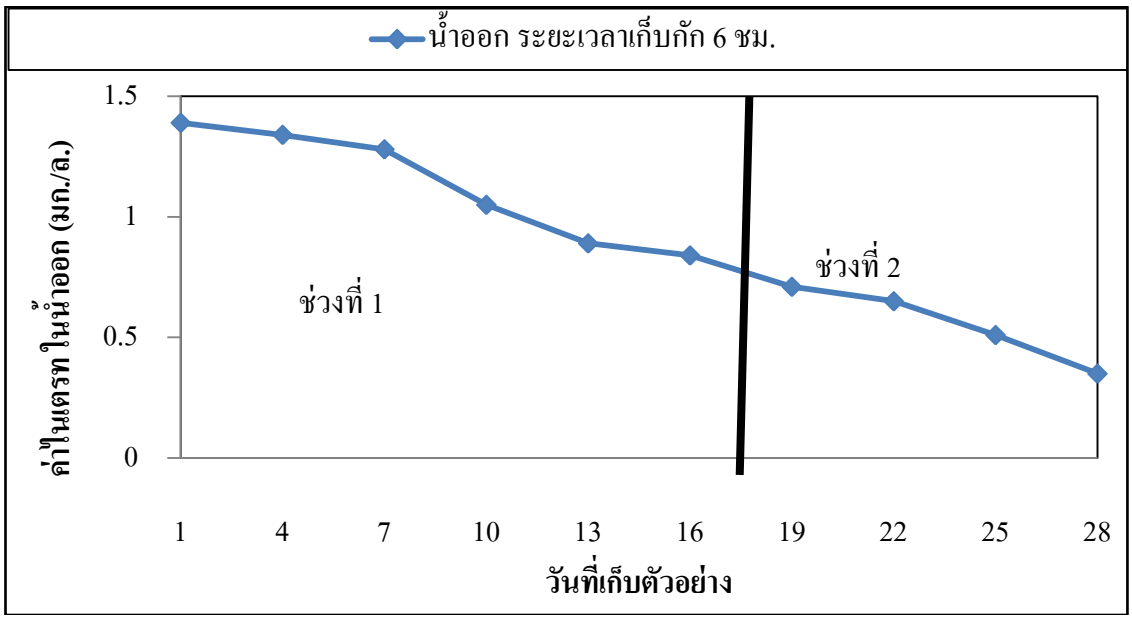
รูปที่ 4.127 ค่าไนเตรทในช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออกระบบ ที่มีน้ำมัน 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 13.59, 18.00 และ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



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



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



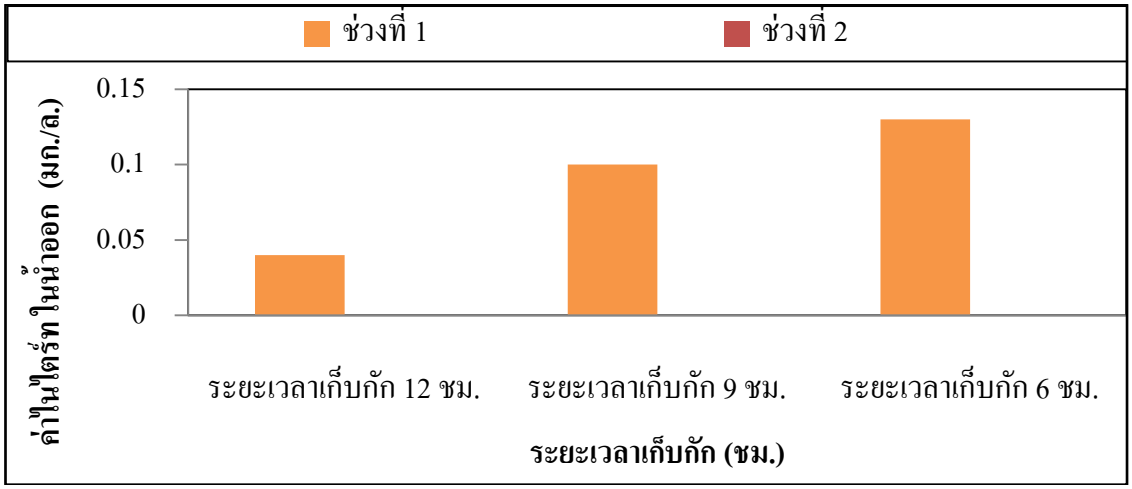
รูปที่ 4.130 ค่าไนเตรทช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออกของระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

4.3.9 ปริมาณไนไตร์ทของน้ำเสียในระบบ (Nitrite)

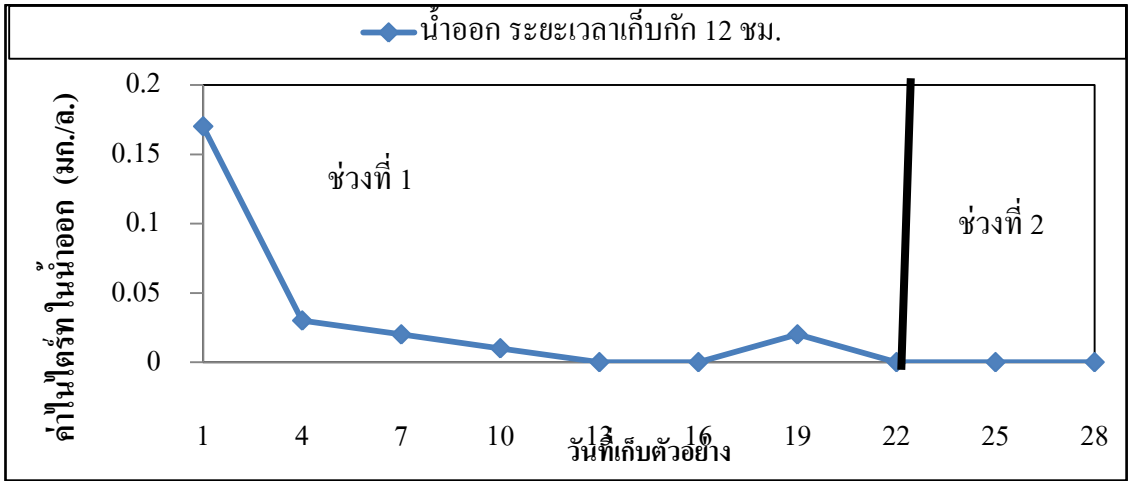
จากการวิเคราะห์ค่า ไนไตร์ทที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 600 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าทั้ง 3 ระยะเวลาเก็บกักสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่า ไนไตร์ทของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ช่วงอย่างเห็นได้ชัด โดยที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่าไนไตร์ทน้อยมากหรือเท่ากับ 0 น้ำเสียออกจากระบบช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 มีค่า ไนไตร์ท คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.04±0.06 และ 0.00±0.00 มิลลิกรัม /ลิตร ตามลำดับ ที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่าไนไตร์ทน้อยมากหรือเท่ากับ 0 น้ำเสียออกจากระบบมีค่าไนไตร์ท ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.10±0.12 และ 0.00±0.00 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และที่ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง น้ำเสียเข้าระบบมีค่าไ นไตร์ทน้อยมากหรือเท่ากับ 0 น้ำเสียออกจากระบบมีค่า ไนไตร์ท ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.13±0.09 และ 0.00±0.00 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ค่าไนไตร์ทของน้ำเสียออกจากระบบของช่วงที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าช่วงที่ 2

จากการศึกษาพบว่า ในน้ำเข้าพบว่ามีค่า ไนไตร์ท น้อยมากหรือเท่ากับ 0 ในขณะที่น้ำออกสามารถตรวจพบค่า ไนไตร์ท ปริมาณไนไตร์ทในน้ำเสียมีน้อยมาก เนื่องจากไนไตร์ทเป็นสารตัวกลางในการเปลี่ยนรูปของไนเตรทของกระบวนการ Denitrification และสามารถแบ่งช่วงการบำบัดเป็น 2 ช่วง ไนไตร์ทมีแนวโน้มลดลง จากการบวนการ Denitrification ที่ Facultative Organism จะเปลี่ยนรูปไนเตรทเป็นไนไตร์ทซึ่งเป็นสารตัวกลางเพื่อนำออกซิเจนที่อยู่ในรูปสารประกอบมาใช้ และสิ้นสุดที่ก๊าซไนโตรเจน [23] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhiqiang และคณะ [21] ได้ใช้ระบบ RBC บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ปนเปื้อนสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจน พบว่าถ้าที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 ชั่วโมง ภาระบรรทุกสารอินทรีย์จาก 40 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน พบไนไตร์ทในน้ำเสียออกระบบ 1.5±0.2 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ถ้าเพิ่มระยะเวลาเก็บกักเป็น 9 ชั่วโมง ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 16 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน ค่าไนไตร์ทในน้ำเสียออกระบบจะลดลงเป็น 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 น้ำเสียออกจากระบบจะมีค่าไนไตร์ทต่ำสุดเท่ากับ 0.5±0.3 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้อยที่สุดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงสุดคือ 4.07 กรัม บีโอดี/ตารางเมตร -วัน จะมีค่า ไนไตร์ท ในน้ำออกมาก

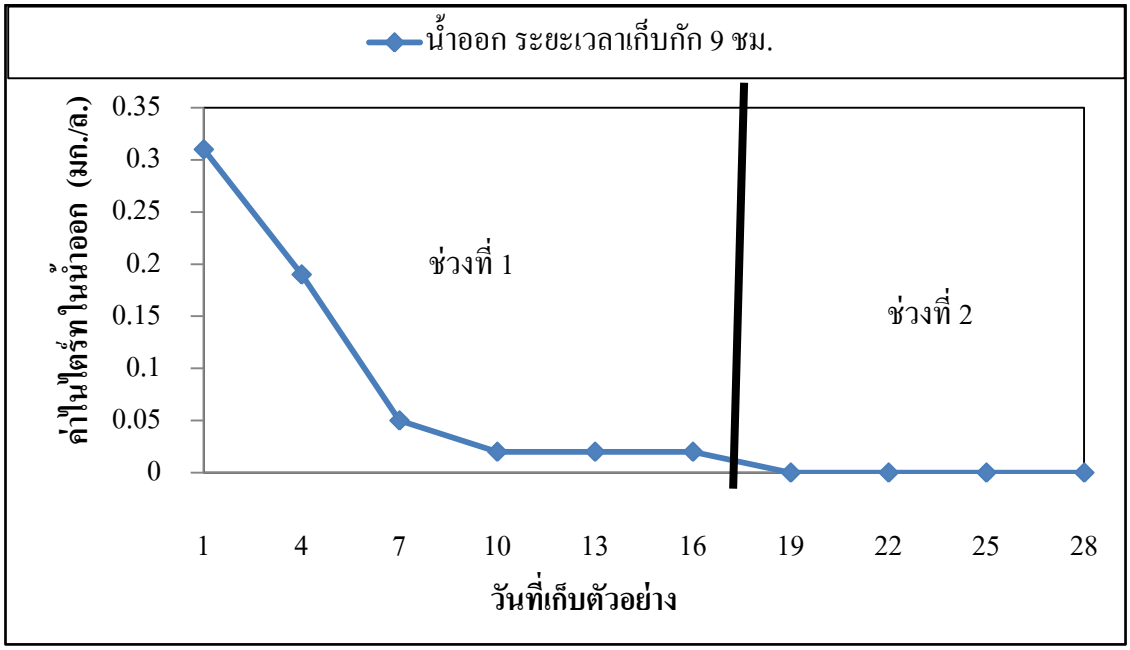
ที่สุดคือ 0.7±0.6 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า ไนไตร์ท ในน้ำออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.131 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.132-4.134



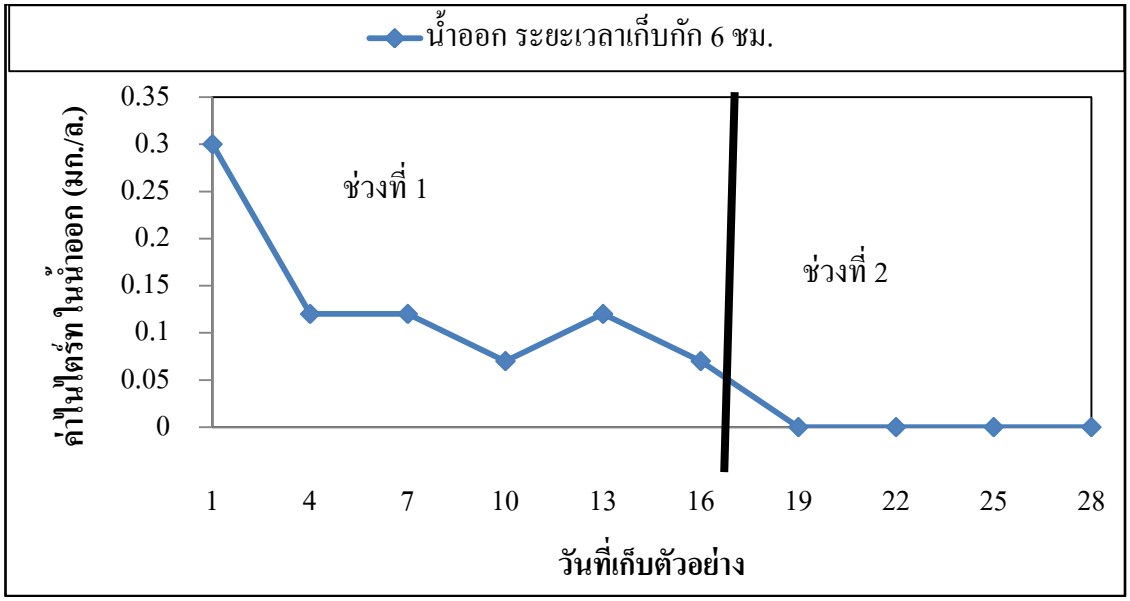
รูปที่ 4.131 ค่าไนไตร์ทในน้ำออก ของระบบที่มีน้ำมันเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 13.59, 18.00 และ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



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



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



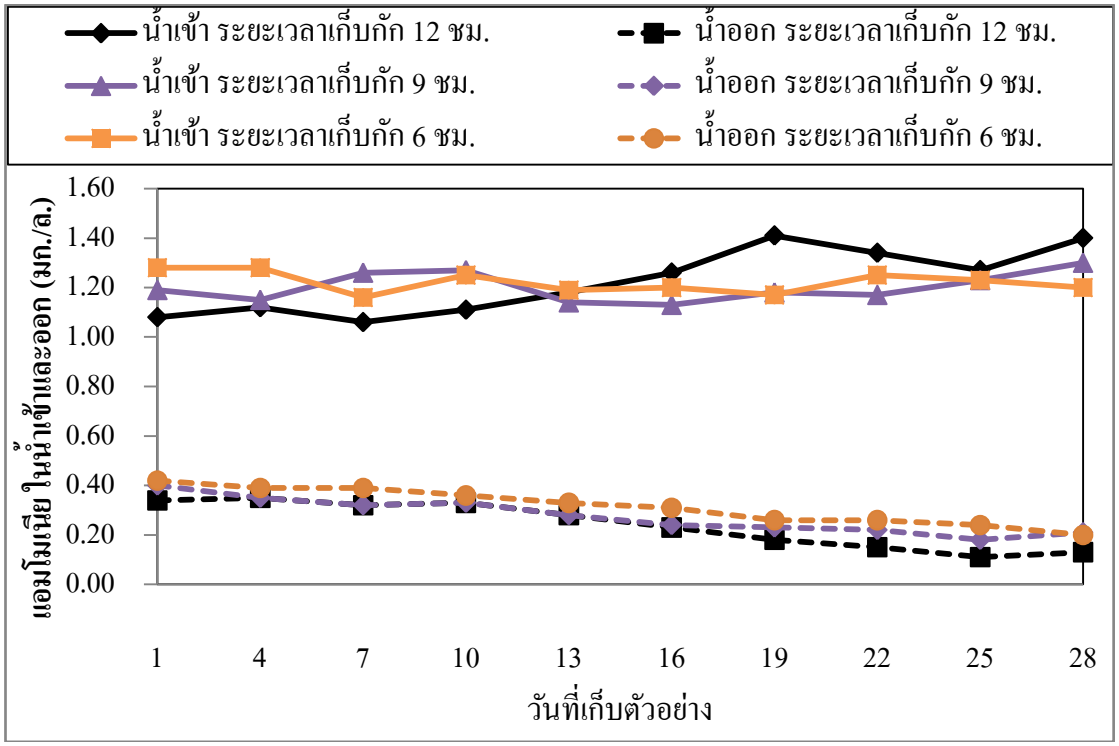
รูปที่ 4.134 ค่าไนไตร์ทช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำออก ของระบบที่มีน้ำมันเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ระยะเวลาเก็บกัก 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

4.3.10 ปริมาณแอมโมเนียของน้ำเสียในระบบ (Ammonia)

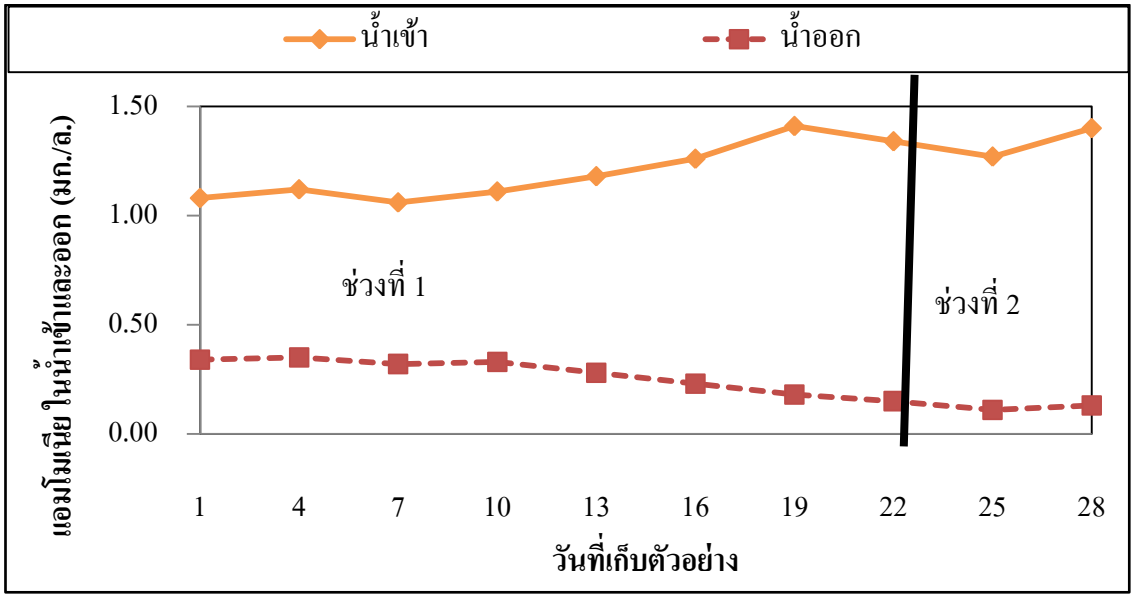
จากการวิเคราะห์ค่า แอมโมเนีย ที่สภาวะความเข้มข้นของน้ำมันเท่ากับ 600 มิลลิกรัม /ลิตร เมื่อวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง พบว่าทั้ง 3 ระยะเวลาเก็บกักสามารถแบ่งช่วงประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็น 2 ช่วง โดยพิจารณาค่าแอมโมเนียของน้ำเสียออกจากระบบและประสิทธิภาพการบำบัดที่แตกต่างกันของทั้ง 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 เนื่องจากเมื่อเวลาผ่านไปฟิล์มชีวะที่หนาขึ้นทำให้ชั้นในสุดของฟิล์มชีวะเกิดสภาวะไร้อากาศและหลุดลอกออกในที่สุด ทำให้เกิดการย่อยสลายฟิล์มที่หลุดลอกหรืออาจกล่าวได้ว่าเกิดการย่อยสลายเซลล์จุลินทรีย์ที่ตายแล้วเพิ่มขึ้น จึงทำให้เกิดการย่อยสลายแอมโมเนียเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhiqiang และคณะ [21] ได้ใช้ระบบ RBC บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ปนเปื้อนสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจน พบว่าถ้าที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 ชั่วโมง ภาระบรรทุกสารอินทรีย์จาก 40 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน พบแอมโมเนีย ในน้ำเสียออกระบบ 19.4±1.3 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ถ้าเพิ่มระยะเวลาเก็บกักเป็น 9 ชั่วโมง ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 16 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน ค่าแอมโมเนียในน้ำเสียออกระบบจะลดลงเป็น 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

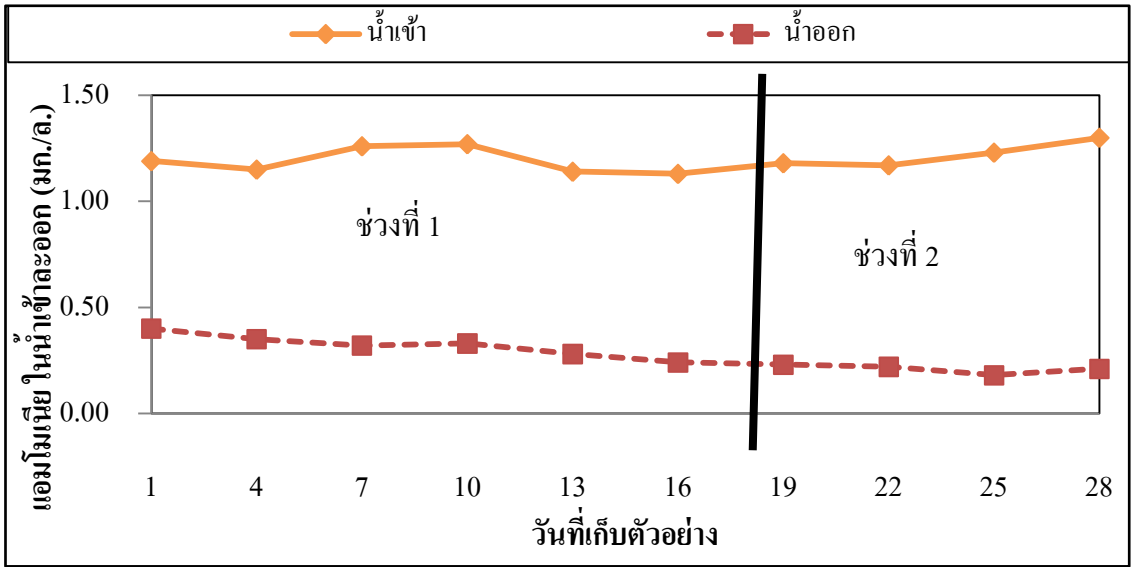
ที่สุดเท่ากับ 16 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำสุดเท่ากับ 2.04 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน น้ำเสียออกจากระบบจะมีค่า แอมโมเนียต่ำสุดเท่ากับ 7.9±1.8 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้อยที่สุดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงสุดคือ 4.07 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน จะมีค่าแอมโมเนียในน้ำออกมากที่สุดคือ 9.2±1.6 มิลลิกรัม/ลิตรเมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า แอมโมเนีย ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.135 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.136-4.138 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่า แอมโมเนีย ของทั้งสองช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.139



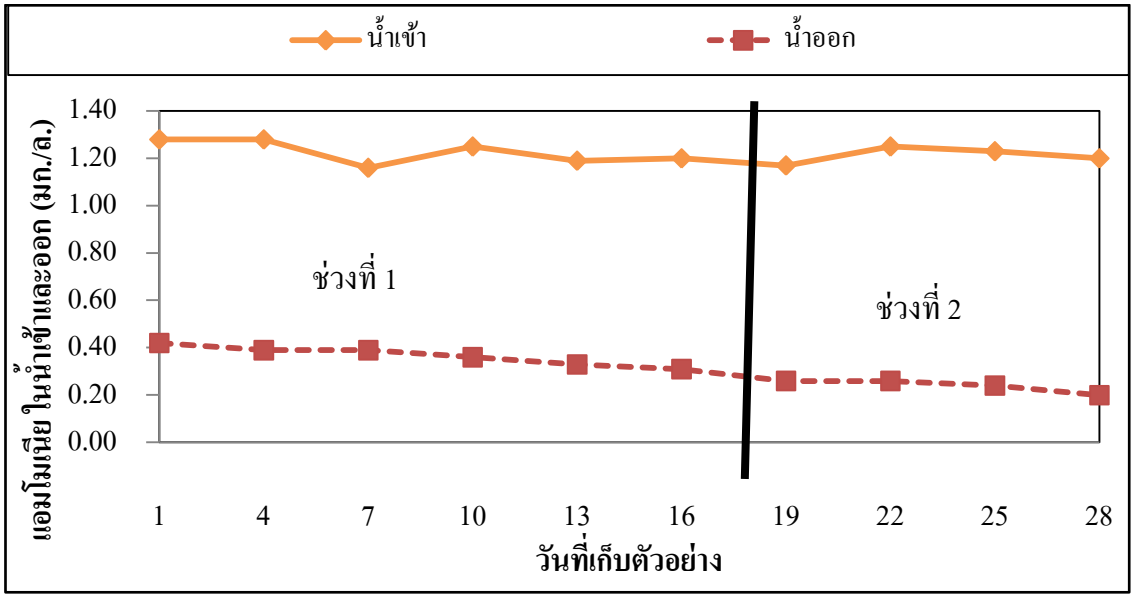
รูปที่ 4.135 ค่าแอมโมเนียในน้ำเข้าและออกของระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 13.59, 18.00 และ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



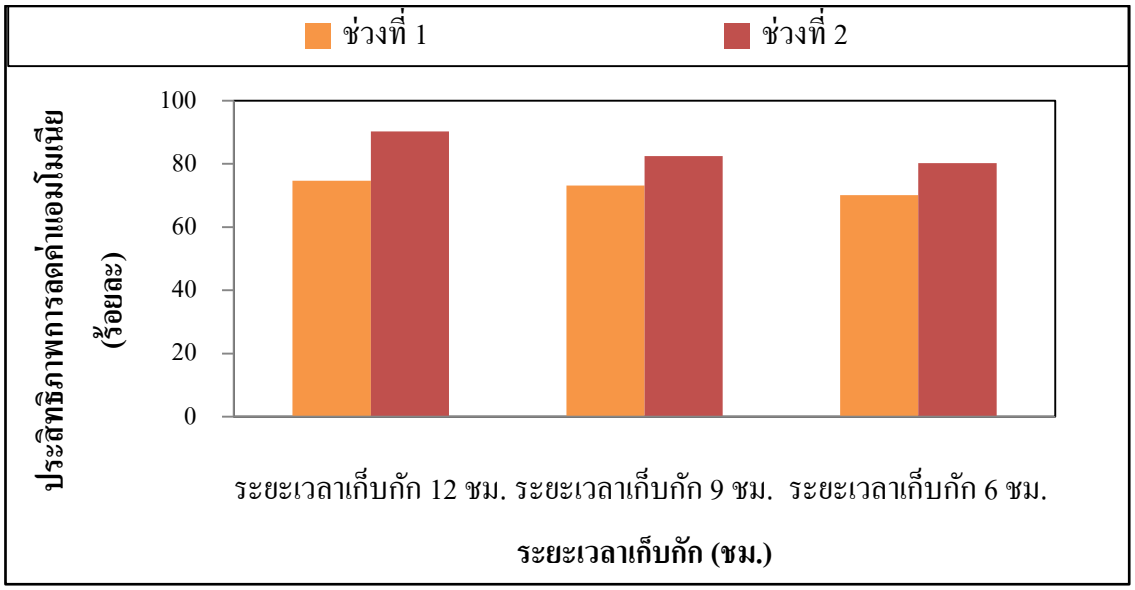
รูปที่ 4.136 ค่าแอมโมเนียช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 13.59 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร -วัน)



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



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



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

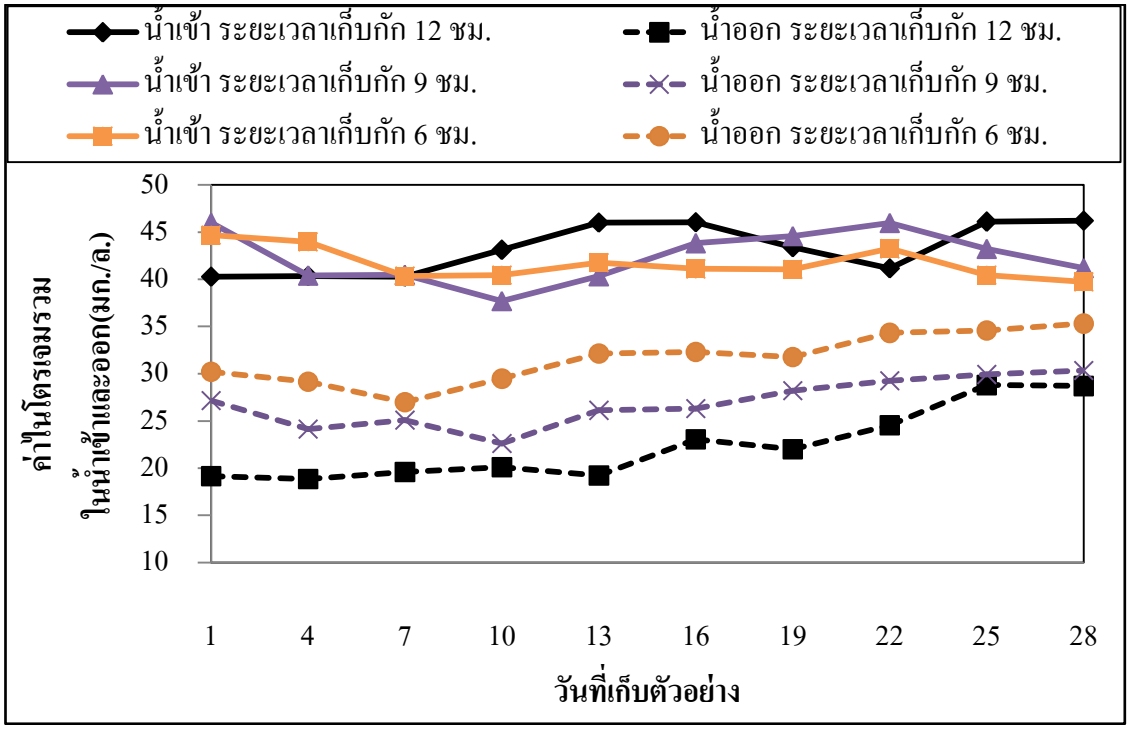
4.3.11 ประสิทธิภาพการลดค่าผลรวมไนโตรเจนของระบบ (Total Nitrogen)

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 และ27.35±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 และประสิทธิภาพการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 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

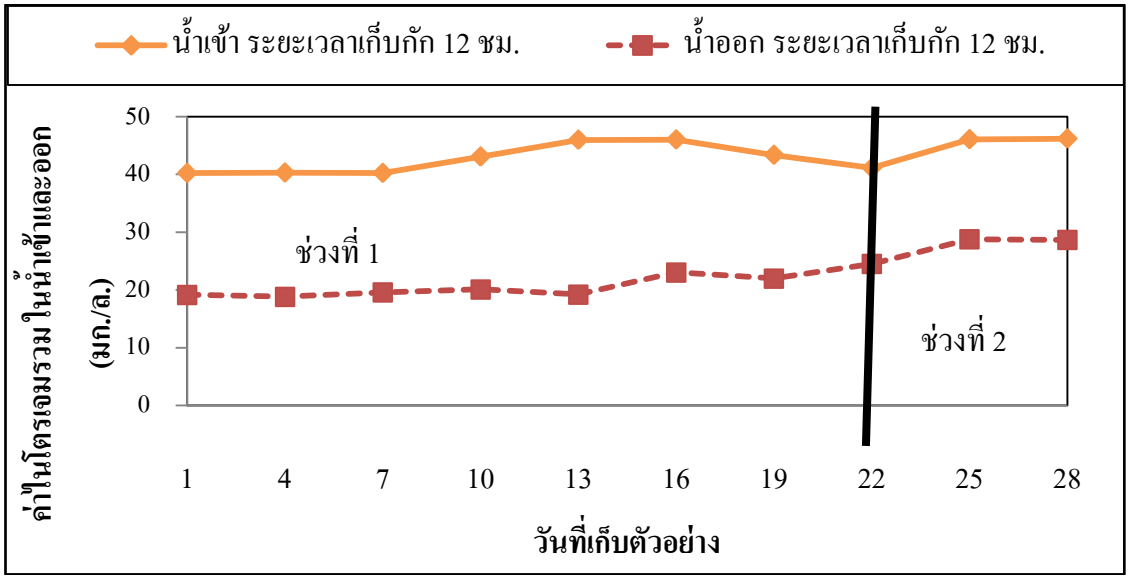
จากการศึกษาพบว่า ระบบ Packed Cage RBC มีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าผลรวมไนโตรเจนและประสิทธิภาพการบำบัดค่าผลรวมไนโตรเจนจะแปรผันตามระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย หรือแปรผกผันกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ โดยระบบที่มีระยะเวลาเก็บกักนาน หรือมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำ จะมีประสิทธิภาพการบำบัดที่ดีกว่า เนื่องจากจุลินทรีย์ที่เติบโตในระบบที่รับภาระบรรทุกต่ำจะมีอัตราการเจริญเติบโตและตายช้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

สารอินทรีย์เท่ากับ 16 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร-วัน ประสิทธิภาพการบำบัดค่าผลรวมไนโตรเจนจะเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 61.4

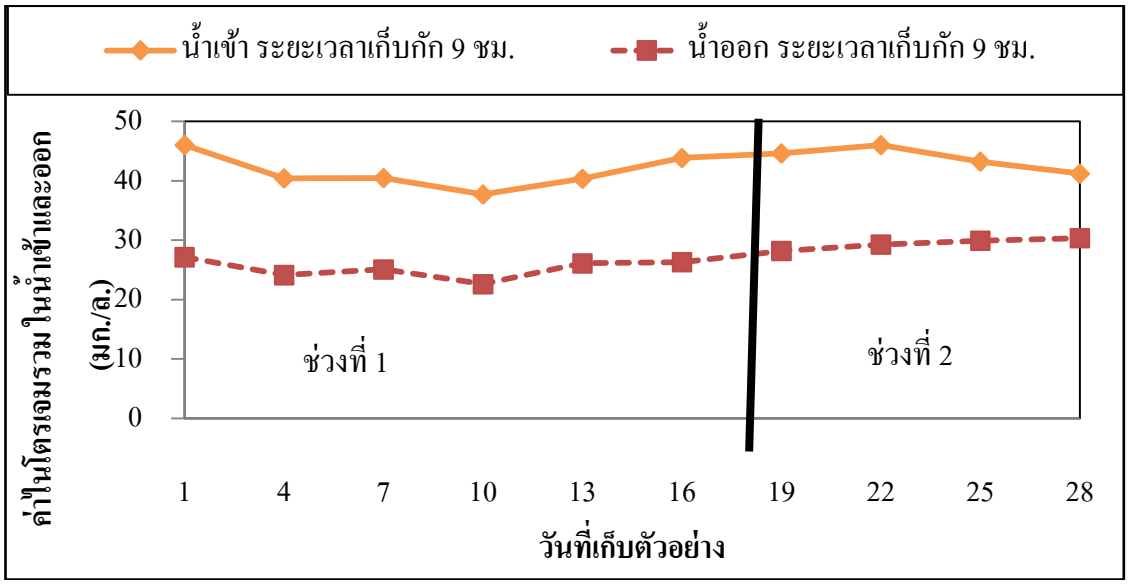
เมื่อนำค่าที่ได้ต่างๆ มาแสดงในรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบค่า ค่าผลรวมไนโตรเจน ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.140 และแบ่งช่วงการบำบัดเป็นสองช่วงของแต่ละระยะเวลาเก็บกักดังรูปที่ 4.141-4.143 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดค่าผลรวมไนโตรเจน ของทั้งสองช่วง ที่ระยะเวลาเก็บกัก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



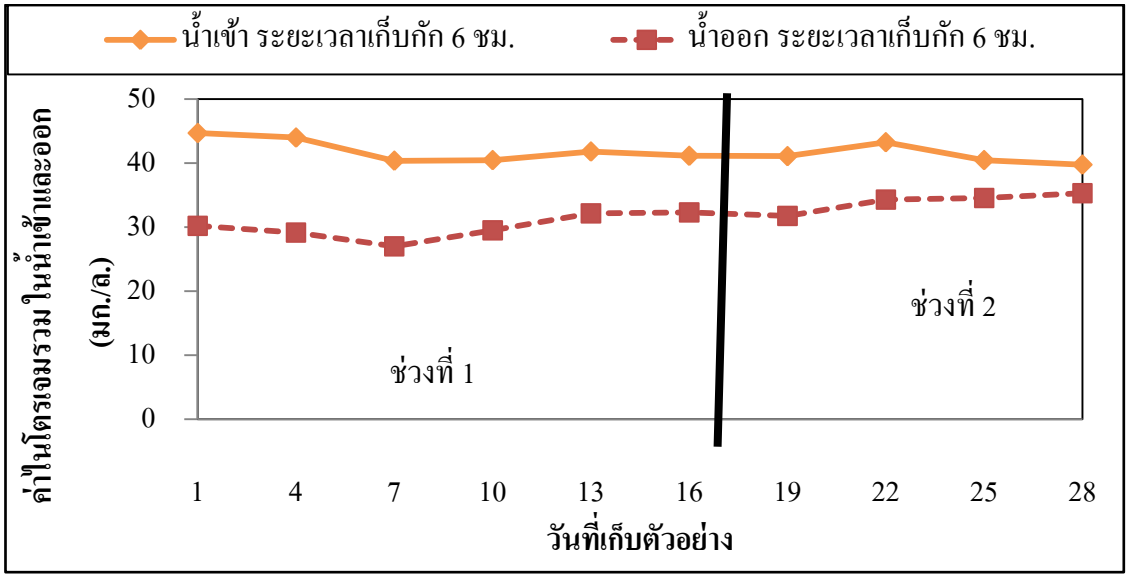
รูปที่ 4.140 ค่าผลรวมไนโตรเจน ในน้ำเข้าและออกของระบบที่มีน้ำมันเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 13.59, 18.00 และ 27.15 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)



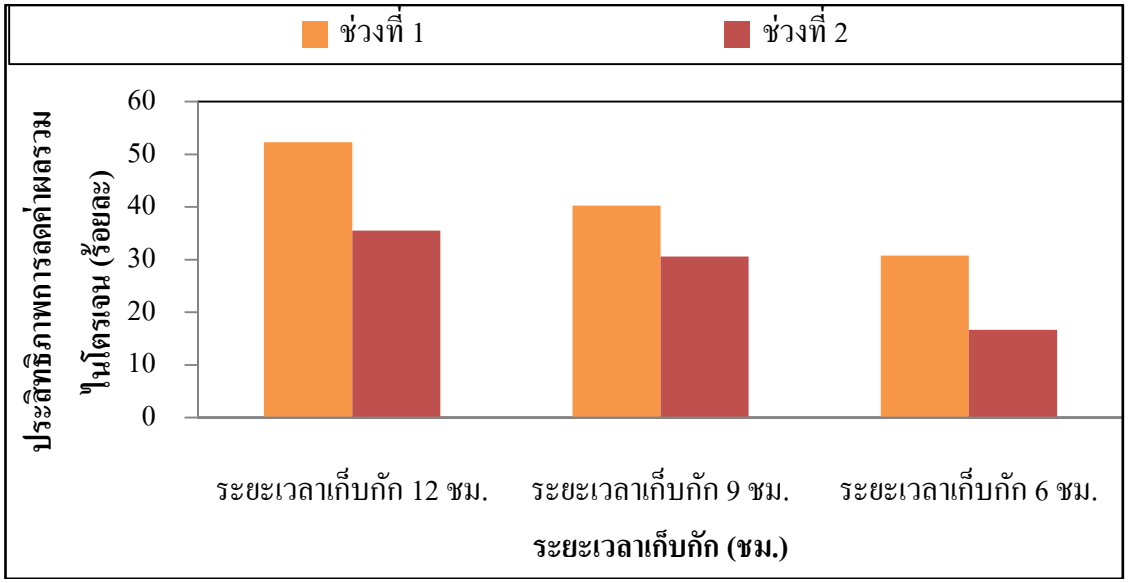
รูปที่ 4.141 ค่าผลรวมไนโตรเจนช่วงที่ 1 และ 2 ในน้ำเข้าและออกระบบ ที่มีน้ำมันปาล์มเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 ชั่วโมง (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 13.59 กรัมบีโอดี /ตารางเมตร-วัน)



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



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



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

4.4 ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มชีวะ

ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มชีวะที่ความเข้มข้นน้ำมันปาล์ม 200, 400 และ 600 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระยะเวลาเก็บกัก 12, 9 และ 6 ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่าฟิล์มชีวะของระบบที่มีน้ำมันปาล์ม 200 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งรับภาระบรรทุกน้อยกว่าระบบที่มีความเข้มข้น 400 และ 600 มิลลิกรัม/ลิตร จะมีลักษณะของฟิล์มชีวะเป็นสีน้ำตาลเข้มมากกว่าแสดงถึงลักษณะของจุลินทรีย์แบบใช้อากาศและเมื่อลดระยะเวลาเก็บกักของระบบที่มีน้ำมันปาล์ม 200 มิลลิกรัม/ลิตร (เพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์) จะทำให้ฟิล์มชีวะเริ่มหลุดจากตัวกลาง เนื่องจากการเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์นี้จะทำให้เชื้อจุลินทรีย์ในระบบเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์มากขึ้นส่งผลให้มีอัตราการเติบโตสูงจนทำให้ฟิล์มหนาขึ้นและชั้นในของฟิล์มชีวะเกิดสภาวะไร้อากาศเชื้อจุลินทรีย์จึงเริ่มตายและทำให้ฟิล์มชีวะเริ่มหลุดลอก ส่งผลให้ช่วงที่เชื้อหลุดประสิทธิภาพการบำบัดของระบบลดลงและทำให้ค่าของแข็งแขวนลอยของระบบสูงขึ้น ส่วนระบบ ที่มีน้ำมันปาล์มเข้มข้น 400 และ 600 มิลลิกรัม/ลิตร ฟิล์มชีวะจะหลุดเร็วขึ้นเนื่องจากความเข้มข้นของน้ำมันที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ฟิล์มชีวะหลุดลอกได้มากขึ้น และความเข้มข้นน้ำมันน้ำมันที่เพิ่มขึ้นทำให้ระบบรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงขึ้นมากและ เมื่อลดระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย (หรือเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์) จะยิ่งทำให้เชื้อหลุดเร็วขึ้นอีกเพราะรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่สูงมากเชื้อ มีอัตราการเติบโตที่เร็วเกินไป ประสิทธิภาพการบำบัดหลังจากเชื้อหลุดจากตัวกลางจึงลดลงอย่างเห็นได้ชัด และลักษณะของฟิล์มชีวะมีสีน้ำตาลอ่อนลง ดังรูปที่ 4.145 4.161

รูปที่ 4.145 ลักษณะของฟิล์มชีวะของระบบที่สภาวะความเข้มข้นน้ำมันปาล์ม 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 (ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10.03 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร-วัน)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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