

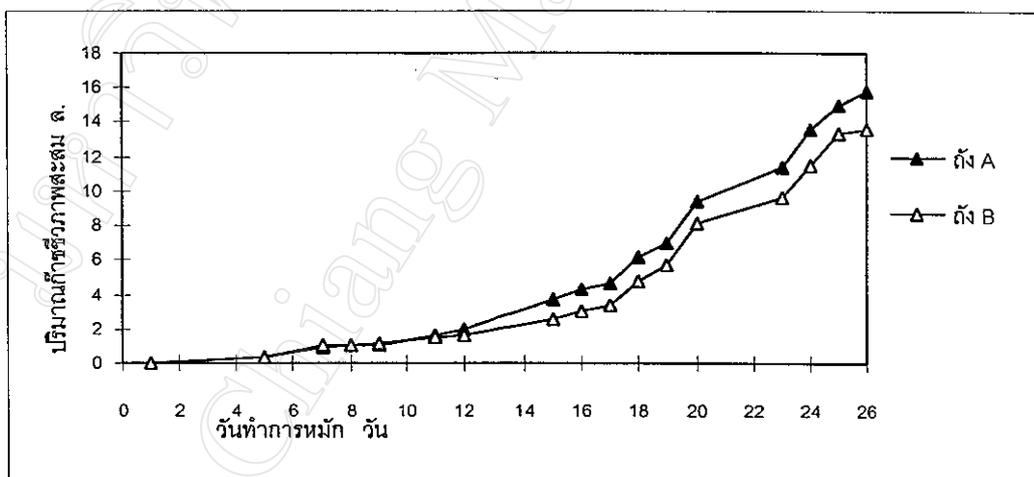
บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การปรับสภาพตะกอนและเริ่มต้นระบบ

4.1.1 การปรับสภาพตะกอน

ทำการหมักตะกอนหัวเชื้อภายในถังปฏิกรณ์ให้ปรับสภาพเข้ากับน้ำเสีย โดยหมักกับส่วนผสมของน้ำเสีย ทำการวัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดทุกวัน ทำการหมักเป็นเวลารวม 26 วัน ก๊าซชีวภาพเริ่มวัดได้ในวันที่ 5 ของการหมักและปริมาณก๊าซชีวภาพเพิ่มขึ้นตลอดเวลา แสดงถึงการปรับตัวของตะกอนจุลินทรีย์กับน้ำเสีย ปริมาณก๊าซชีวภาพแสดงแนวโน้มเริ่มลดลงในวันที่ 26 ซึ่งแสดงว่าสารอาหารของแบคทีเรียในน้ำเสียถูกใช้ไปมากแล้ว และตะกอนจุลินทรีย์ได้ปรับสภาพกับน้ำเสียได้ดี สามารถเริ่มต้นระบบได้ ขั้นตอนการหมักเพื่อให้แบคทีเรียปรับสภาพกับน้ำเสียนี้ได้เริ่มในวันที่ 25 พฤษภาคม สิ้นสุดวันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2541 รูปที่ 4.1 แสดงปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมในช่วงของการหมักเพื่อทำการปรับสภาพ ตารางที่ ก-1 แสดงค่าปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิด



รูปที่ 4.1 ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมในช่วงของการหมักเพื่อปรับสภาพ

4.1.2 การเริ่มต้นระบบ

เนื่องจากไม่มีข้อมูลการใช้ระบบยูเอเอสบีในการบำบัดน้ำเสียจากโรงฟอกย้อมเส้นไหมมาก่อน การเริ่มต้นระบบช่วงแรกจึงเป็นไปในลักษณะแบบลองผิดลองถูก โดยในขั้นแรกได้ป้อนน้ำเสียที่ไม่เจือจาง และมีการหมุนเวียนน้ำจากถังรวบรวมน้ำออกให้เวียนกลับเข้าระบบด้วย เพื่อให้มีความเร็วไหลขึ้นของน้ำในถังปฏิกรณ์เท่ากับ 0.5 ม./ชม. ซึ่งคาดว่าความเร็วไหลขึ้นของน้ำ

ในดังนั้นจะช่วยเร่งการก่อตัวของเม็ดตะกอนได้ดีขึ้นและช่วยให้จุลินทรีย์ได้มีโอกาสสัมผัสน้ำเสียอย่างทั่วถึง (Malina and Pohland,1992) รายละเอียดของค่าต่างๆ ที่ใช้ในช่วงระยะของการทดสอบนี้ได้แสดงในตารางที่ 4.1 น้ำเสียที่ป้อนแก่ระบบครั้งแรกมีค่าพารามิเตอร์ดังในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดค่าต่างๆ ที่ใช้ในช่วงเริ่มต้นระบบ

ถังปฏิบัติการ	อัตราภาระบรรทุก สารอินทรีย์* กก.ซีไอดี/(ม ³ .วัน)	อัตราน้ำเสีย ไหลเข้า ล./วัน	อัตราไหล น้ำหมุนเวียน ล./วัน	อัตราไหลรวม ล./วัน
A	1.5	1.9	35.5	37.4
B	3.0	3.8	33.5	37.4

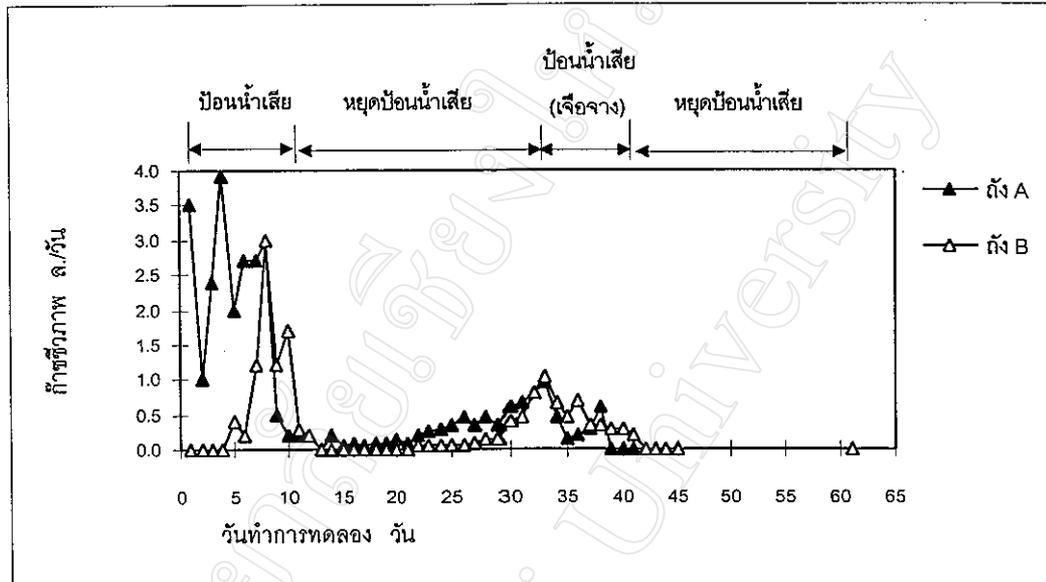
หมายเหตุ * คิดจากค่าน้ำเข้า ไม่รวมค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์จากน้ำหมุนเวียน

ตารางที่ 4.2 ค่าพารามิเตอร์ของน้ำเสียที่ใช้ในการเริ่มต้นระบบ

พารามิเตอร์	น้ำเสียป้อนครั้งที่ 1 วันที่ 1-11	น้ำเสียป้อนครั้งที่ 2 (เจือจาง) วันที่ 33-41
สี	แดง	ม่วง
ซีไอดี มก./ล.	1,4083	1,260
ซีไอดีกรอง มก./ล.	9,975	1,060
ความเป็นด่างรวม มก./ล. CaCO ₃	3,072	77
กรดไขมันระเหย มก./ล. กรดอะซิติก	2,615	137
พีเอช	9.06	9.11
ของแข็งแขวนลอย มก./ล.	1,606	70.5
ของแข็งแขวนลอยระเหย มก./ล.	1,369	27

ในวันที่ 11 ของการทดสอบได้หยุดการป้อนน้ำเสียแก่ระบบ เพราะทั้งถัง A และ B มีก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นในปริมาณที่ลดลงโดยลำดับ ซึ่งแสดงว่าจุลินทรีย์ในระบบไม่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียและเปลี่ยนให้เป็นก๊าซชีวภาพได้ แต่ยังคงให้มีการป้อนน้ำหมุนเวียนอยู่เพื่อให้จุลินทรีย์ในระบบสามารถใช้อาหารจากน้ำที่หมุนเวียนได้และเพื่อรักษาความเร็วของน้ำในถัง ทั้งนี้ตั้งแต่วันที่ 13 ของการทดสอบ ถัง B ไม่มีก๊าซชีวภาพออกมาเลย ส่วนถัง A ยังคงมีก๊าซชีวภาพเกิด

ขึ้นแต่มีปริมาณที่น้อยมาก ค่าปริมาณก๊าซชีวภาพในช่วงการทดสอบความสามารถของระบบได้แสดงในรูปที่ 4.2 และตารางที่ ก-2

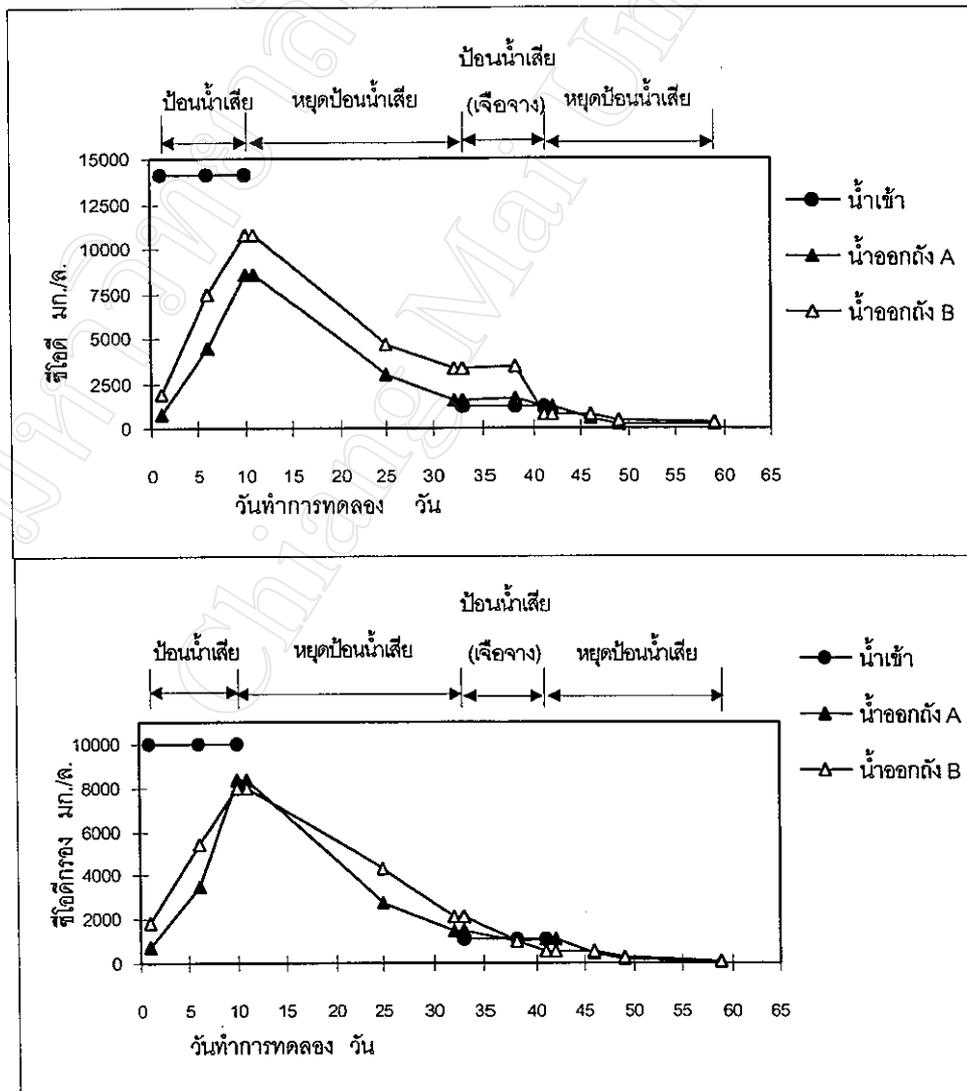


รูปที่ 4.2 ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในช่วงเริ่มต้นระบบ

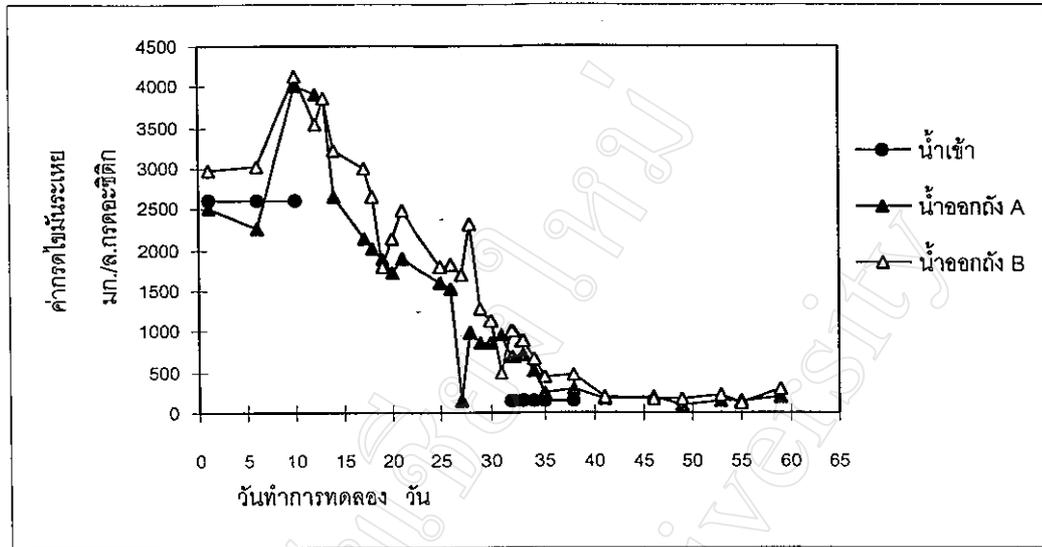
ในวันที่ 33 ของการทดสอบ ได้เริ่มทำการบ่อน้ำเสียแก่ระบบใหม่อีกครั้งหนึ่งเมื่อถัง A และ B เริ่มมีก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นซึ่งแสดงว่าจุลินทรีย์ในระบบเริ่มที่จะปรับตัวกับน้ำเสียที่มีอยู่ในถังได้อีกครั้งหนึ่ง แต่การบ่อน้ำเสียครั้งนี้ได้เจือจางน้ำเสียในอัตรา 1:10 และมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.2 ทั้งนี้เพื่อลดความเข้มข้นของน้ำเสียที่เข้าระบบที่อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้การทดสอบล้มเหลวในช่วงแรก การบ่อน้ำเสียยังคงให้มีการหมุนเวียนน้ำออกกลับเข้าถังอยู่ ในวันที่ 41 ของการทดสอบได้หยุดการบ่อน้ำเสียอีกครั้งหนึ่ง เนื่องจากปริมาณก๊าซชีวภาพของถัง A และ B กลับมีค่าลดลงจนเป็นศูนย์ในวันที่ 39 และวันที่ 42 ของการทดสอบตามลำดับ และได้หยุดบ่อน้ำเสียเข้าระบบจนถึงวันที่ 61 ของการทดสอบ แต่ยังคงมีการหมุนเวียนน้ำออกกลับเข้าถังอยู่

ในรูปที่ 4.3 และตารางที่ ก-3 แสดงค่าซีไอดีและซีไอดีกรองในช่วงการเริ่มต้นระบบ ในระหว่างวันที่ 1-11 ค่าซีไอดีและซีไอดีกรองในน้ำออกมีค่าเพิ่มขึ้นโดยลำดับซึ่งแสดงถึงการที่ระบบไม่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่เข้มข้นได้สมบูรณ์และประกอบกับยังมีน้ำหมุนเวียนกลับเข้าระบบที่ยังนำสารอินทรีย์และสารยับยั้งกลับเข้ามาสมทบด้วย จึงคาดว่าเกิดการจำกัดอัตราย่อยสลายที่ขั้นตอนการสร้างมีเทน แบคทีเรียสร้างมีเทนไม่สามารถเปลี่ยนกรดอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทนได้ จึงทำให้ปริมาณก๊าซชีวภาพลดลงจนเป็นศูนย์ ซึ่งจากรูปที่ 4.4 และตารางที่ ก-4 ที่แสดง

ค่ากรดไขมันระเหยในช่วงเวลาเดียวกัน จะพบว่ากรดไขมันระเหยในน้ำออกของทั้งสองดังมีค่าสูง ขึ้นและสูงกว่าค่าของน้ำเข้า แสดงว่าแบคทีเรียสร้างกรดสามารถเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นกรดอินทรีย์ ได้ดี แต่แบคทีเรียสร้างมีเทนไม่สามารถเปลี่ยนกรดอินทรีย์เป็นมีเทนได้ เมื่อประกอบมีการหมุนเวียนน้ำด้วย จึงทำให้ปริมาณกรดอินทรีย์ในน้ำออกมีค่าสูงกว่าของน้ำเข้า แต่หลังจากที่หยุดป้อนน้ำเสียแต่ยังคงให้มีการหมุนเวียนน้ำกลับเข้าระบบในระหว่างวันที่ 12-32 ระบบเริ่มปรับตัวได้อีก ครั้งโดยค่าซีไอดีและซีไอดีกรองในน้ำออกมีค่าลดลงโดยลำดับ ปริมาณก๊าซชีวภาพกลับค่อยๆ มีเพิ่มขึ้น ดังนั้นในวันที่ 33 ของการทดสอบจึงได้ป้อนน้ำเสียเจือจางและมีการหมุนเวียนน้ำกลับด้วย แต่พบว่าปริมาณก๊าซชีวภาพกลับมีค่าลดลงอีก ทั้งที่ค่าซีไอดีและซีไอดีกรองมีค่าลดลงโดยลำดับ ซึ่งแสดงว่าแบคทีเรียสร้างมีเทนไม่สามารถปรับตัวได้กับสารยับยั้งที่มีในน้ำเสีย จึงได้หยุดการป้อนน้ำเสียตั้งแต่วันที่ 41 ของการทดสอบแต่ยังคงหมุนเวียนน้ำกลับอยู่

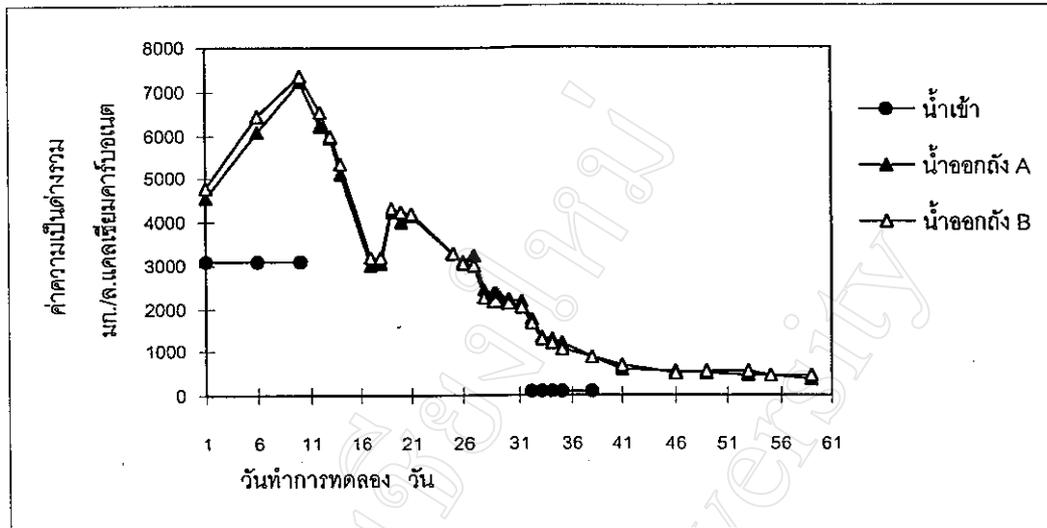


รูปที่ 4.3 ค่าซีไอดีและซีไอดีกรองในช่วงเริ่มต้นระบบ



รูปที่ 4.4 ค่ากรดไนโตรเจนในในช่วงเริ่มต้นระบบ

ในวันที่ 60 ของการทดสอบได้ทำการวิเคราะห์หาค่าแอมโมเนียไนโตรเจนและไนโตรเจนรวมของน้ำออก พบว่าค่าแอมโมเนียไนโตรเจนและเจดาล์ไนโตรเจนของน้ำออกถัง A มีค่า 471.1 และ 500.0 มก./ล. ตามลำดับ และถัง B มีค่า 485.1 และ 571.2 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งนับว่าเป็นค่าที่ค่อนข้างสูง เพราะแอมโมเนียไนโตรเจนจะเริ่มเป็นพิษต่อแบคทีเรียสร้างมีเทนที่ความเข้มข้น 700 มก./ล. (Koster and Lettinga, 1988) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าความเป็นพิษในน้ำเสียที่มีผลยับยั้งต่อแบคทีเรียสร้างมีเทนของการทดสอบที่ผ่านมาคือแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำเสียและในน้ำที่หมุนเวียนกลับเข้าถัง สาเหตุที่น้ำเสียนี้อาจมีค่าแอมโมเนียไนโตรเจนสูงเพราะในน้ำเสียฟอกย้อมเส้นไหมที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีโปรตีนเจือปนสูงซึ่งเกิดจากการฟอกเอาสารเซรีซินที่เป็นโปรตีนออกจากเส้นไหม ประกอบกับการย่อยสลายโปรตีนในสภาพไร้อากาศของจุลินทรีย์จะทำให้มีแอมโมเนียไนโตรเจนเพิ่มมากขึ้นในระบบ และนอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.5 และตารางที่ ก-4 จะพบว่าค่าความเป็นด่างรวมในน้ำออกจะสูงกว่าของน้ำเข้า ซึ่งเกิดจากการที่แอมโมเนียมอิออนที่ได้จากการย่อยสลายโปรตีนรวมตัวกับไฮดรอกซิลอิออนเกิดเป็นด่างเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.5 ค่าความเป็นต่างรวมในช่วงเริ่มต้นระบบ

ดังนั้นน้ำเสียที่จะป้อนแก่ระบบจึงควรถูกเจือจางในสัดส่วนที่มีแอมโมเนียไนโตรเจนในปริมาณที่ไม่เป็นพิษต่อแบคทีเรียสร้างมีเทน และในขณะเดียวกันก็มีค่าพารามิเตอร์อื่นที่เหมาะสมกับการทำงานของแบคทีเรียด้วย พบว่าเมื่อเจือจางน้ำเสียให้มีค่าซีโอดี 2,500 มก./ล. น้ำเสียที่เจือจางจะมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เหมาะสมกับการทำงานของจุลินทรีย์ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3.2 หลังจากนั้นได้ทำการป้อนน้ำเสียเจือจางนี้แก่ระบบ และเริ่มการทดลองระยะที่ 1 ของแผนการวิจัยตามตารางที่ 3.3 ต่อไป โดยได้ใช้วิธีการเจือจางน้ำเสียนี้ตลอดการทดลองที่เหลือ และได้ยกเลิกการหมุนเวียนน้ำกลับซึ่งได้กลายเป็นการเพิ่มภาระบรรทุกและนำสารยับยั้งในน้ำออกกลับเข้าสู่ระบบด้วย

การเริ่มต้นระบบนี้เริ่มตั้งแต่วันที่ 20 มิถุนายนไปจนถึง 19 สิงหาคม 2541 รวมเป็นเวลาทั้งสิ้น 61 วัน

4.2 การทดลองที่ 1

หลังจากการเริ่มต้นระบบโดยการหมักตะกอนกับน้ำเสียเพื่อให้จุลินทรีย์ได้ปรับสภาพรวมถึงการเริ่มต้นระบบแล้ว ก็ได้เริ่มการทดลองระยะที่ 1 ในวันที่ 21 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2541 โดยนับเป็นวันที่ 1 ของการทดลองครั้งนี้ การทดลองระยะที่ 1 สิ้นสุดวันที่ 29 เดือนมกราคม พ.ศ. 2542 และเนื่องจากไม่มีข้อมูลความสามารถของระบบยูเอเอสบีในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกและย้อมไหม จึงได้เริ่มการทดลองด้วยอัตราบรรทุกสารอินทรีย์ 1.54 และ 2.56 กก.ซีโอดี/(ม.³.วัน) สำหรับถังปฏิกริยา A และ B ตามลำดับ รายละเอียดค่าความเร็วไหลขึ้น อัตรา

การไหลและเวลาเก็บกักน้ำของแต่ละถังปฏิกริยาในการทดลองที่ 1 ได้แสดงในตารางที่ 3.3 โดยถึง A ใช้เวลา 132 วันจึงเข้าสู่สภาวะคงที่ และถึง B ใช้เวลา 141 วันจึงเข้าสู่สภาวะคงที่ ทั้งนี้ การที่จะพิจารณาว่าระบบเข้าสู่สภาวะคงที่นั้น จะพิจารณาจากค่าซีไอดีกรองของน้ำออกว่ามีค่าแตกต่างกันไม่เกินร้อยละ 15 เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 3 สัปดาห์ โดยจะพิจารณาเปรียบเทียบกับค่ากรดไขมันระเหยของน้ำออกและปริมาณก๊าซชีวภาพด้วยเพื่อเป็นการยืนยันว่าจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียและเปลี่ยนเป็นก๊าซมีเทนได้สมบูรณ์

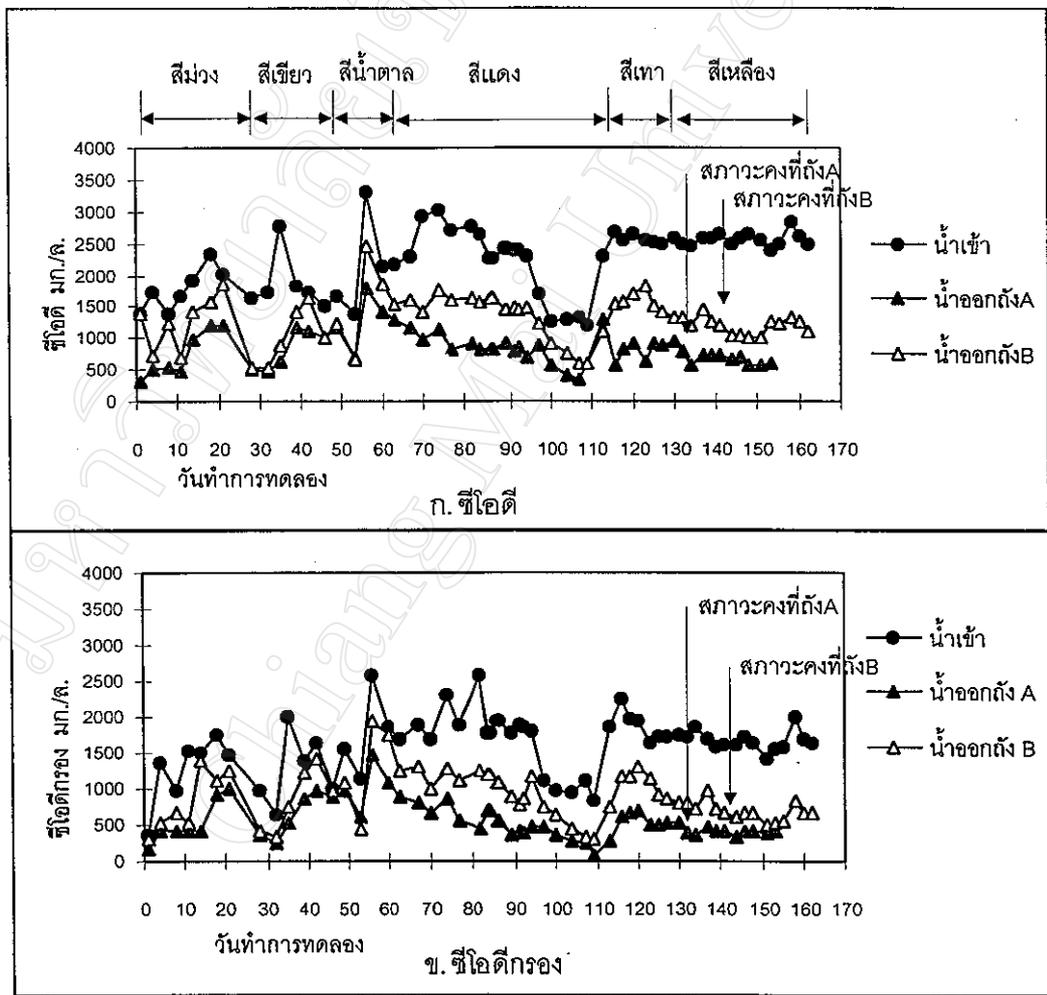
น้ำเสียที่ใช้ป้อนในการทดลองที่ 1 มีจำนวนหกโทนส์คือม่วง เขียว น้ำตาล แดง เทา และเหลือง ทำการป้อนน้ำเสียแก่ระบบโดยเฉลี่ยโทนส์ละหนึ่งเดือนเพื่อให้จุลินทรีย์มีความคุ้นเคยกับน้ำเสีย ยกเว้นในช่วงแรกของการทดลองที่มีการเปลี่ยนน้ำเสียโทนส์ละ 1 - 2 สัปดาห์เนื่องจากไม่สามารถรวบรวมน้ำเสียจากโรงงานได้มากพอ การเตรียมน้ำเสียเพื่อป้อนแก่ระบบจะทำทุกวันเพื่อป้องกันการเกิดสภาพ Pre-acidification ที่ถึงน้ำเข้า

ในระยะสามเดือนแรกของการทดลองระยะที่ 1 สามารถมองเห็นการปั่นป่วนและกวนผสมบริเวณชั้นตะกอนล่างโดยการมองเห็นผิวน้ำใสของถังปฏิกริยาได้ชัดเจน ซึ่งเกิดเนื่องจากก๊าซชีวภาพพาเอาตะกอนลอยขึ้นไปชั้นบน และเมื่อก๊าซแยกตัวออกไปตะกอนก็ตกลงมาชั้นล่างอีกครั้ง แต่เมื่อเริ่มเดือนที่สี่ของการทดลอง ท่ออะคริลิกพลาสติกใสที่ใช้เป็นถังปฏิกริยาก็ได้เริ่มมีฝ้าสีแดงเกิดขึ้นโดยรอบด้านใน ทำให้มองไม่เห็นการเคลื่อนที่ภายในอีกเลยจนหมดการทดลอง จึงได้ทดลองนำถุงพลาสติกสีดำมาพันโดยรอบถังปฏิกริยา A สูงประมาณ 50 ซม. เป็นเวลานานเจ็ดเดือนพบว่าที่บริเวณดังกล่าว ฝ้าสีแดงไม่ได้ลดลงหรือหายไป แสดงว่าฝ้าสีแดงที่เกิดขึ้นนั้นไม่ได้เป็นสารร้ายหรือตะไคร่น้ำที่สามารถสังเคราะห์แสงและผลิตออกซิเจนออกมารบกวนระบบ

4.2.1 ซีไอดี ซีไอดีกรองและประสิทธิภาพการบำบัด

ในการทดลองระยะที่ 1 ถึงปฏิกริยา A ใช้เวลารวม 132 วันในการเข้าสู่สภาวะคงที่เร็วกว่าถึงปฏิกริยา B ที่ใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะคงที่ 141 วัน การที่ระบบใช้เวลามากในการเข้าสู่สภาวะคงที่เป็นสิ่งชี้ให้เห็นถึงความเป็นพิษในน้ำเสียที่มีต่อแบคทีเรียและยับยั้งการทำงานของระบบ ความเป็นพิษอาจเกิดจากสารช่วยฟอก สารช่วยย้อม สบู่ ต่าง นอกจากนั้นน้ำเสียอาจประกอบด้วยสารย่อยสลายยากซึ่งรวมถึงโครงสร้างโมเลกุลของสีย้อมแต่ละโทนส์ที่อาจมีความยากง่ายในการถูกย่อยสลายในสภาพไร้อากาศต่างกันและบางชนิดอาจมีความเป็นพิษต่อแบคทีเรียด้วย (Terzis and Yuan, 1997)

ค่าซีไอดีเฉลี่ยของน้ำเข้า ของน้ำออกถึงปฏิบัติการ A และ B ที่สภาวะคงที่มีค่า 2,560.6 662.2 และ 1,148.1 มก./ล. ตามลำดับ ค่าประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีเฉลี่ยของถึงปฏิบัติการ A และ B มีค่าร้อยละ 74.1 และ 55.2 ตามลำดับ ค่าซีไอดีกรองเฉลี่ยของน้ำเข้า ของน้ำออกถึงปฏิบัติการ A และ B ที่สภาวะคงที่มีค่า 1,666.0 405.2 และ 637.9 มก./ล. ตามลำดับ ค่าประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีกรองเฉลี่ยของถึงปฏิบัติการ A และ B มีค่าร้อยละ 75.7 และ 61.7 ตามลำดับ ตารางที่ ข-1 และรูปที่ 4.6 แสดงค่าซีไอดีและซีไอดีกรองของน้ำเข้า น้ำออกตลอดการทดลองที่ 1



รูปที่ 4.6 ค่าซีไอดีและซีไอดีกรอง การทดลองที่ 1

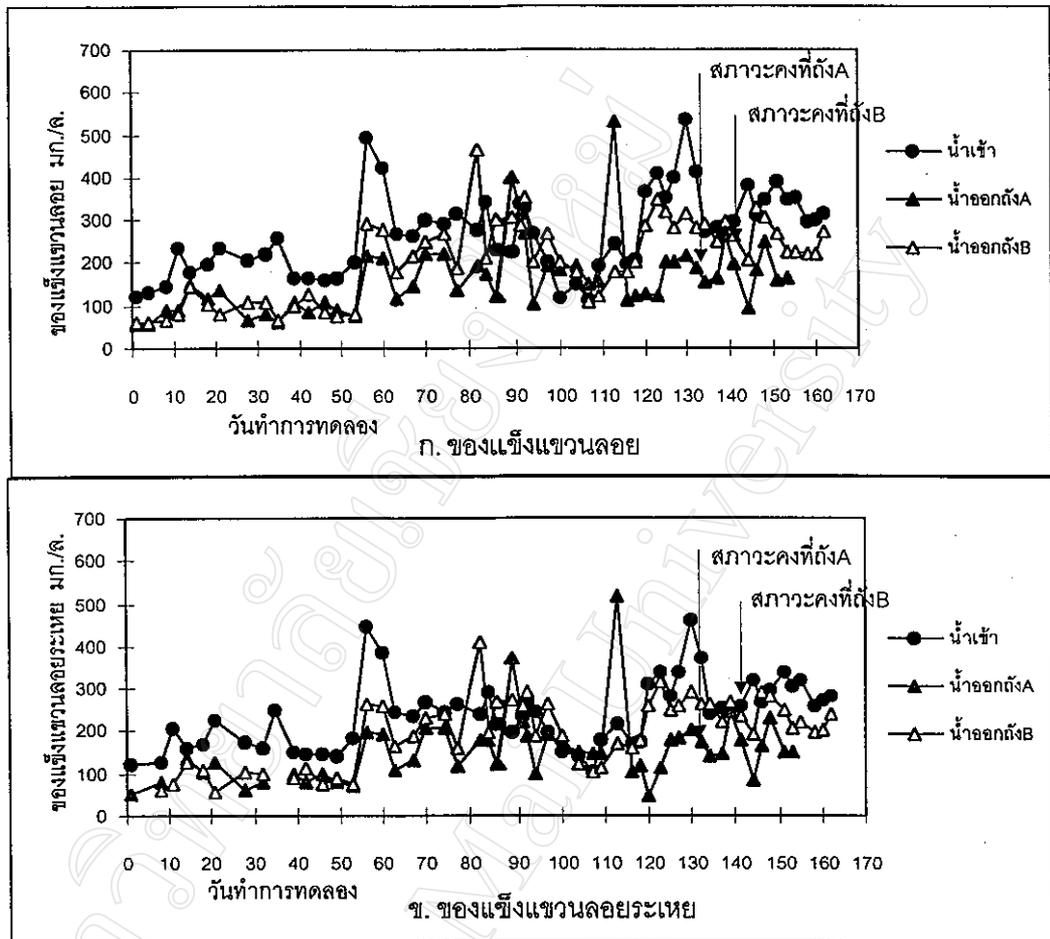
ในช่วง 20 วันแรกของการทดลอง ได้ค่อยๆ เพิ่มค่าความเข้มข้นซีไอดีของน้ำเข้าครั้งละ ร้อยละ 20 จากค่าประมาณ 1,500 มก./ล. เป็นประมาณ 2,500 มก./ล. แต่อย่างไรก็ตาม ค่าซีไอดีของน้ำเข้าหลังจากนี้ก็ยังมีค่าที่แปรผันอยู่มากอันเกิดจากการที่ยังไม่มีความชำนาญในการเจือจางน้ำเสียให้มีความสม่ำเสมอ เนื่องจากจะต้องทำการเตรียมและเปลี่ยนน้ำเสียในถังน้ำเข้าทุกวัน แต่เมื่อสามารถปรับวิธีการเตรียมน้ำได้แล้ว ค่าซีไอดีของน้ำเข้าก็เริ่มมีค่าคงที่ขึ้น ในระยะก่อนเข้าสู่สภาวะคงที่ ค่าซีไอดีและซีไอดีกรองของน้ำออกมีค่าแปรผันตามน้ำเข้า และเริ่มมีค่าคงที่เมื่อระบบมีการปรับตัวได้ดีขึ้น

ในช่วงวันที่ 97-113 ของการทดลองเป็นเวลารวม 16 วัน โรงงานได้ลดกำลังการผลิตลงตามสถานะเศรษฐกิจของประเทศ ทำให้ไม่มีการผลิตน้ำเสียออกจากโรงงาน จึงจำเป็นต้องเจือจางน้ำเสียที่มีอยู่ป้อนแก่ระบบเพื่อรอให้โรงงานเริ่มผลิตใหม่ ดังนั้นการเจือจางน้ำเข้าอยู่ 16 วันดังกล่าวแล้วจึงเริ่มป้อนน้ำเสียปกติใหม่ จึงเกิดเป็นสภาพ Shock Load ทำให้ระบบซึ่งเริ่มมีแนวโน้มที่จะเข้าสู่สภาวะคงที่ที่ต้องปรับตัวกับน้ำเสียใหม่ และเลื่อนเวลาการเข้าสู่สภาวะคงที่ออกไปอีก 56 วันก่อนที่จะเริ่มปรับตัวเข้าสู่สภาวะคงที่ได้อีกครั้งหนึ่ง

จากผลการทดลอง ถัง B มีประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีและซีไอดีกรองน้อยกว่าถัง A ทั้งนี้เพราะถัง B มีค่าอัตราบรรทุกสารอินทรีย์ที่สูงกว่า มีค่าอัตราการไหลของน้ำเสียที่สูงเกินกว่าที่แบบที่เรียจะสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้อย่างสมบูรณ์

4.2.2 ของแข็งแขวนลอย ของแข็งแขวนลอยระเหยและประสิทธิภาพการบำบัด

ค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำเข้า น้ำออกถึงปฏิบัติการ A และ B ที่สภาวะคงที่มีค่า 327.9 181.6 และ 254.1 มก./ล. ตามลำดับ ค่าประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยของถังปฏิบัติการ A และ B มีค่าร้อยละ 44.6 และ 22.5 ตามลำดับ ค่าของแข็งแขวนลอยระเหยของน้ำเข้าของน้ำออกถึงปฏิบัติการ A และ B ที่สภาวะคงที่มีค่า 288.1 165.7 และ 231.6 มก./ล. ตามลำดับ ค่าประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหยเฉลี่ยของถังปฏิบัติการ A และ B มีค่าร้อยละ 42.5 และ 19.6 ตามลำดับ ตารางที่ ข-2 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยของน้ำเข้าและน้ำออก รูปที่ 4.7 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยของน้ำเข้าและน้ำออกตลอดการทดลองที่ 1



รูปที่ 4.7 ค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหย การทดลองที่ 1

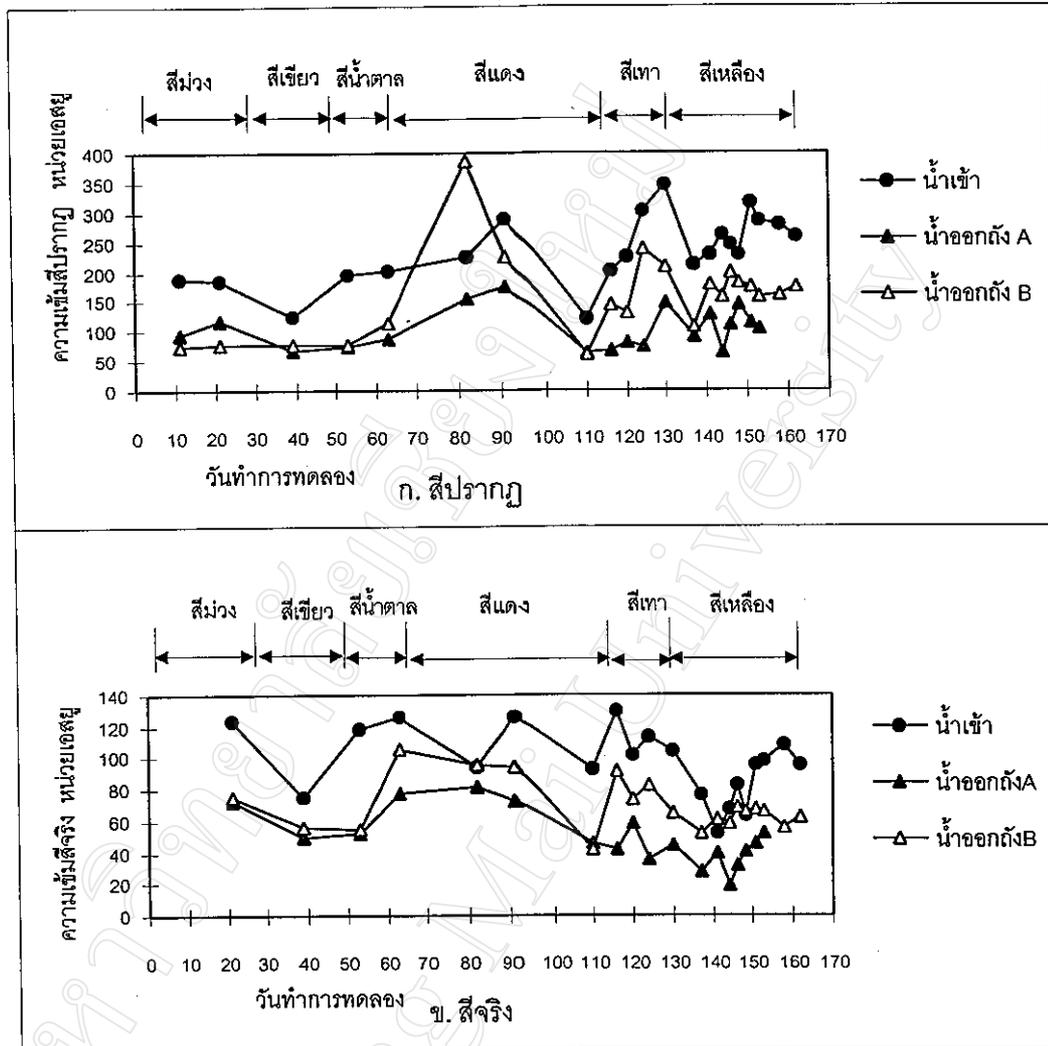
จากการที่ระบบยูเอเอสบีมีกลไกตามธรรมชาติที่จะคัดเลือกตะกอนจุลินทรีย์ที่มีขนาดใหญ่ ตกตะกอนง่ายและจมตัวได้เร็วคงเหลือไว้ในระบบ ส่วนตะกอนจุลินทรีย์และของแข็งแขวนลอยที่เบากว่าและตกตะกอนยากจะถูกชะล้างหลุดออกมากับน้ำออกด้วยผลของความเร็วของน้ำไหลขึ้นและแรงปั่นป่วนของก๊าซชีวภาพที่เกิดภายในถังปฏิกรณ์ จึงพบว่าค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยของน้ำออกถึง A และ B มีค่าสูงในบางวัน

ที่สภาวะคงที่ ค่าอัตราส่วนระหว่างของแข็งแขวนลอยระเหยต่อของแข็งแขวนลอยของน้ำเข้า น้ำออกถึง A และ ถึง B มีค่าเท่ากับ 0.88 0.91 และ 0.91 ตามลำดับ ค่าอัตราส่วนที่สูงขึ้นของน้ำออกถึง A และ B ที่มากกว่าของน้ำเข้านี้ แสดงว่ามีเซลล์แบคทีเรียเพิ่มจำนวนขึ้นภายในถังปฏิกรณ์และมีบางส่วนที่ถูกชะล้างออกมาหลุดรอดผ่านอุปกรณ์จีเอสเอสกับไซนการตกตะกอนที่อยู่ด้านบนและปนออกมากับน้ำออก และวิเคราะห์หาได้ในรูปของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหย

ตะกอนที่หลุดออกมาโดยเฉพาะอย่างยิ่งของถัง B ในระยะสามเดือนแรก จะมีลักษณะรวมตัวเป็นเมือกเหนียวอยู่ที่ก้นถังเก็บน้ำออก แต่ลักษณะเมือกนี้จะหายไปเมื่อเข้าใกล้สภาวะคงที่ เมือกเหนียวนี้ได้ก่อเป็นปัญหาต่อระบบ โดยพบว่าก๊าซชีวภาพได้พาเอาเมือกหลุดเข้าไปในท่อนำก๊าซของถัง B ในวันที่ 86 และเกิดการอุดตันในท่อนำก๊าซยาวประมาณ 20 ซม. ทำให้ไม่สามารถวัดปริมาณก๊าซในถังเก็บก๊าซได้ หลังจากที่ใช้เวลาสามวันในการตรวจสอบจึงทราบสาเหตุ และได้แก้ไขโดยตัดท่อนำก๊าซของถัง A และ B ทำการล้างเอาเมือกออกแล้วเพิ่มข้อต่อและคลิบริดที่ท่อนำก๊าซ เพื่อให้สามารถทำการถอดล้างท่อได้เมื่อมีการอุดตันครั้งต่อไป ซึ่งที่คลิบริดดังกล่าวของถัง A ในวันที่ 98 ได้เกิดรั่ว ไม่สามารถทำการวัดปริมาณก๊าซได้ หลังจากทราบสาเหตุแล้วจึงทำการแก้ไขโดยทำการขันคลิปให้แน่นขึ้นและทดสอบจุดรั่วโดยขังน้ำไว้ในท่อนำก๊าซ หลังจากนั้นไม่พบว่ามีเมือกอุดตันท่อนำก๊าซอีกจนถึงสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งคาดว่าเมือกเหนียวนี้เป็นฝ้าตะกอนลอยที่เกิดจากการย่อยสลายโปรตีนในน้ำเสียและถูกใช้โดยแบคทีเรียไม่หมด เมื่อภายหลังแบคทีเรียสามารถปรับตัวได้ ขั้นตอนการสร้างกรดและขั้นตอนการสร้างมีเทนของแบคทีเรียมีความสมดุล การย่อยสลายโปรตีนเกิดได้สมบูรณ์ จึงไม่พบการเกิดเมือกเหนียวอีกที่สภาวะคงที่

4.2.3 ความเข้มข้นปรากฏ ความเข้มข้นจริง และประสิทธิภาพการบำบัด

ค่าความเข้มข้นปรากฏและความเข้มข้นจริงของน้ำเข้า ของน้ำออกถัง A และถัง B ได้แสดงในรูปที่ 4.8 ค่าความเข้มข้นปรากฏของน้ำเข้า ของน้ำออกถัง A และถัง B มีค่าเฉลี่ยที่สภาวะคงที่เท่ากับ 257.2 107.7 และ 173.4 หน่วยเอสยูตามลำดับ มีค่าประสิทธิภาพการบำบัดสีปรากฏเฉลี่ยของถัง A และถัง B ที่สภาวะคงที่มีค่าร้อยละ 58.1 และ 32.6 ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นจริงเฉลี่ยของน้ำเข้า ของน้ำออกถัง A และถัง B ที่สภาวะคงที่มีค่า 82.1 37.0 และ 63.5 หน่วยเอสยูตามลำดับ มีค่าประสิทธิภาพการบำบัดสีจริงเฉลี่ยของถัง A และถัง B ที่สภาวะคงที่มีค่าร้อยละ 54.9 และ 22.6 ตามลำดับ ตารางที่ ข-3 แสดงค่าความเข้มข้นปรากฏและสีจริงตลอดการทดลองที่ 1



รูปที่ 4.8 ค่าความเข้มข้นสีปรากฏและความเข้มข้นสีจริง การทดลองที่ 1

ค่าความเข้มข้นสีปรากฏและความเข้มข้นสีจริงของน้ำออกถึง A มีค่าน้อยกว่าของน้ำเข้าตลอดการทดลองที่ 1 และสำหรับถึง B พบว่าในวันที่ 82 ซึ่งมีค่าของแข็งแขวนลอยสูง ค่าความเข้มข้นสีปรากฏและความเข้มข้นสีจริงของน้ำออกก็มีค่ามากกว่าของน้ำเข้าด้วย และในวันที่ 141 ค่าความเข้มข้นสีจริงมีค่าสูงกว่าของน้ำเข้า ซึ่งแสดงว่าในขั้นตะกอนล่างของถังปฏิกริยาที่มีตะกอนจุลินทรีย์หนาแน่นนั้น นอกจากจะเกิดกระบวนการหมักที่สามารถสลายพันธะของโมเลกุลสีแล้ว ยังมีกระบวนการกรองและการดูดติดผิวที่ทำให้เกิดการสะสมสีที่ย่อยสลายยากที่ชั้นตะกอนล่างและเกิดการคายสีในภายหลังได้ด้วย โดยเมื่อใดที่มีการยกตัวของชั้นตะกอนและเกิดก๊าซชีวภาพปั่นป่วนมากก็อาจเกิดอาการคายสีออกมาได้ โดยสีที่มองเห็นด้วยสายตาในถังน้ำออก B ในวันที่ 82 คือสีเขียวในขณะที่น้ำเสียเข้าขณะนั้นเป็นน้ำเสียมีสีแดงซึ่งได้ป้อนน้ำเสียสีแดงตั้งแต่วันที่ 63 แล้ว ส่วนในวันที่

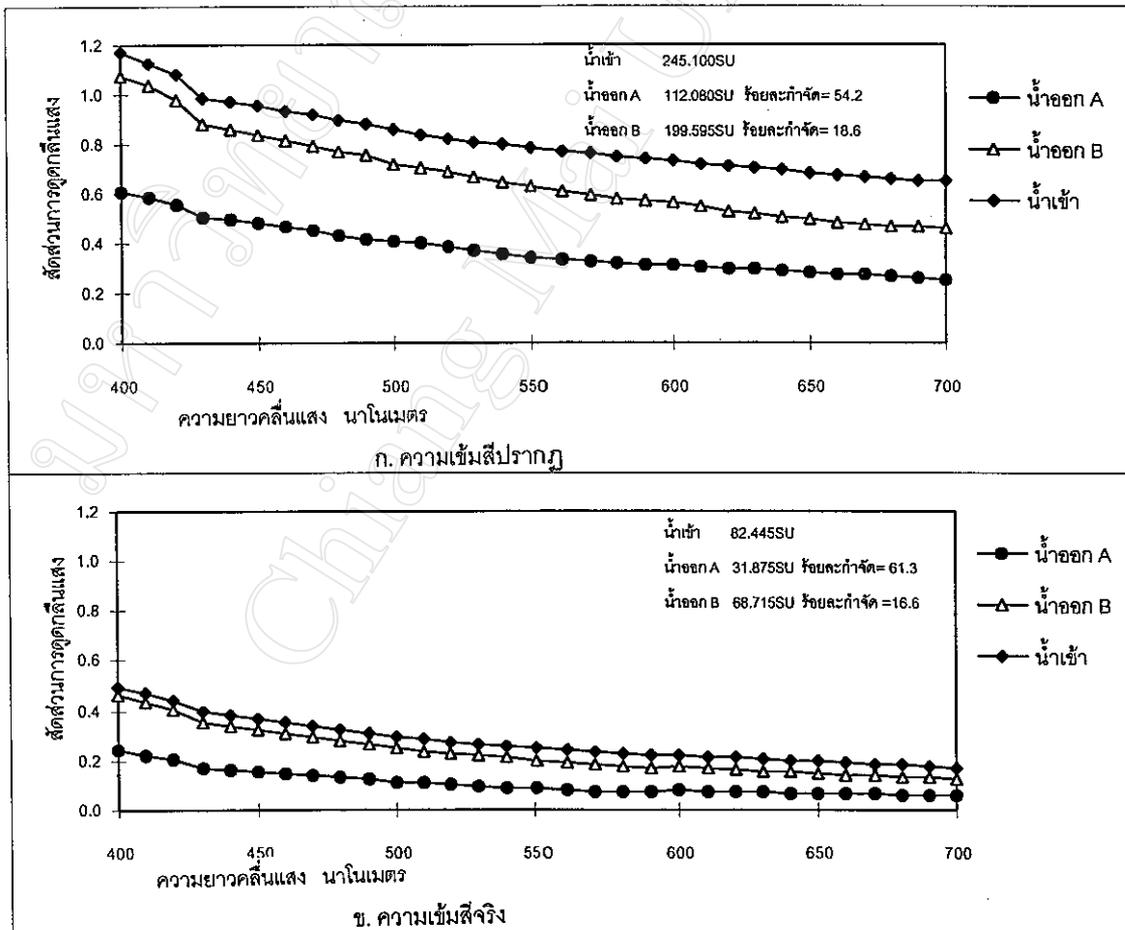
141 พบว่าสีของน้ำในถังน้ำออกถึง B เป็นสีน้ำตาลในขณะที่น้ำเสียที่บ่อนมีสีเหลืองและได้บ่อนเข้าระบบตั้งแต่วันที่ 130 ของการทดลอง

การยกตัวของชั้นตะกอนที่เกิดจากการสะสมเมือกของฝ้าตะกอนที่ชั้นตะกอนล่างซึ่งเป็นผลจากการย่อยสลายโปรตีนที่ไม่สมบูรณ์ ทำให้ก๊าซชีวภาพที่เกิดในระบบไม่สามารถลอยผ่านขึ้นไปได้ เมื่อมีการสะสมก๊าซมากขึ้น ก๊าซจะยกเอาชั้นตะกอนลอยขึ้นไปยังด้านบน แล้วพลิกกลับทำให้เกิดการดันเอาตะกอนเบาหลุดออกมากับน้ำออกมากผิดปกติและเกิดการคายสีออกมา โดยในวันที่ 61 พบว่าชั้นตะกอนล่างของถัง B ถูกยกขึ้นไปสูงและถูกดันผ่านแผ่นจีเอสเอสขึ้นไปยังส่วนตกตะกอนและเกือบจะล้นออกมากับน้ำออก ซึ่งได้แก้ปัญหาโดยทำการระบายน้ำออกจากถังที่จุดเก็บตัวอย่างด้านล่างจนระดับน้ำอยู่ต่ำกว่าแผ่นจีเอสเอส แล้วจึงเทน้ำที่ระบายออกมากลับเข้าถังที่ด้านบน พบว่าตะกอนที่หลุดออกมามีสภาพเป็นเมือกและบางส่วนเป็นเม็ดกลมสีขาว ขนาด 1 - 3 มม. หลุดออกมาด้วย คาดว่าเป็นเม็ดที่เกิดจากการรวมตัวของสปูไซม์กับโปรตีนที่เปลี่ยนสภาพและถูกย่อยสลายไม่หมด อย่างไรก็ตามที่ระยะใกล้สภาวะคงที่ ไม่พบว่าเกิดเมือกหรือเม็ดไซม์ในถังเก็บน้ำออกอีก และไม่พบการยกตัวของชั้นตะกอนด้วย แสดงว่าที่สภาวะคงที่ แบคทีเรียในระบบสามารถปรับตัวได้ดีสามารถย่อยสลายและเปลี่ยนสภาพสารอินทรีย์ได้สมบูรณ์ดีกว่าระยะแรกๆ

สีของน้ำออกของถัง A และถัง B เมื่อมองด้วยตาเปล่าทั้งแบบสีปรากฏและแบบสีจริง พบว่ายังคงมีสีของสีขุ่นให้เห็นบ้างในระยะเดือนแรกของการทดลอง หลังจากนั้นพบว่าน้ำออกจะมีสีเหลืองออกน้ำตาลค่อนข้างใสเหมือนสีของน้ำในแม่น้ำไปจนถึงสิ้นสุดการทดลอง แสดงว่าในระยะแรกของการทดลอง แบคทีเรียที่ทำหน้าที่ในการหมักที่นำไปสู่การแตกพันธะโมเลกุลสีขุ่นและทำให้เกิดการลดสีได้นั้น ยังไม่สามารถปรับตัวเข้ากับน้ำเสียได้ แต่เมื่อสามารถปรับตัวได้และมีปริมาณแบคทีเรียเพิ่มขึ้น กระบวนการหมักและการลดสีจึงเกิดได้สมบูรณ์ นอกจากนี้การเปลี่ยนน้ำเสียที่บ่อนเข้าระบบทุกหนึ่งเดือนยังช่วยลดความแปรผันของน้ำเสียและช่วยให้แบคทีเรียมีความคุ้นเคยกับสีขุ่นในน้ำเสียด้วย

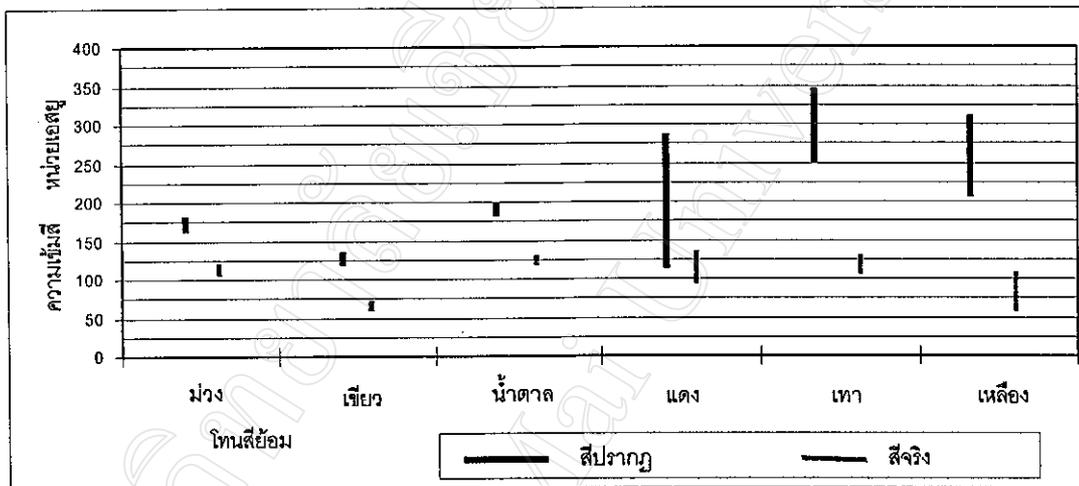
เมื่อพิจารณาความเข้มสีจริงเปรียบเทียบระหว่างแต่ละโหนดสีของน้ำเสีย ค่าความเข้มสีจริงของน้ำเข้าโหนดสีเหลืองและสีเขียวจะมีค่าความเข้มสีน้อยกว่าโหนดสีอื่น แต่ไม่พบว่าน้ำออกจะมีค่าความเข้มสีจริงแตกต่างจากน้ำเสียโหนดสีอื่นอย่างเห็นได้ชัด นอกจากนี้ภายในโหนดเดียวกันของน้ำเข้ายังมีค่าความเข้มสีจริงไม่คงที่ซึ่งเกิดจากการวิธีการเตรียมน้ำเสียประจำวัน ที่สภาวะคงที่ถึง

B มีค่าความเข้มสีจริงของน้ำออกที่คงที่เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงแรกๆ ในขณะที่ถึง A ยังมีความแปรผันอยู่ รูปที่ 4.9 แสดงตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ดูดกลืนแสงกับค่าความยาวคลื่นในการวิเคราะห์หาความเข้มสีปรากฏและความเข้มสีจริงในหน่วยเอสยูของถัง A และ B ของวันที่ 146 ของการทดลอง ความเข้มสีในหน่วยเอสยูหาได้จากการหาพื้นที่ใต้ความสัมพันธ์ดังกล่าว ลักษณะของเส้นความสัมพันธ์ในการทดลองส่วนใหญ่จะไม่มีจุดสูงสุดที่แสดงลักษณะเฉพาะของสีแต่ละโทนสีตามปกติทั่วไปแต่จะมีลักษณะลาดเอียงจากค่าความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร ลงมาที่ความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร ซึ่งเป็นผลจากการผสมกันระหว่างน้ำฟอกไหมที่มีสีขาวขุ่นกับน้ำย้อมไหม และนอกจากนี้ตัวสีย้อมเองในบางครั้งก็ยังสามารถผสมกันของสีย้อมหลายโทนสี ดังนั้นน้ำเข้าและน้ำออกที่นำมาวิเคราะห์จึงไม่แสดงจุดสูงสุดที่แสดงลักษณะสีแต่อย่างใด ค่าความยาวคลื่นที่ใช้ในการวิเคราะห์หาความเข้มสีจะอยู่ระหว่าง 400 - 700 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงความยาวคลื่นที่วัตถุจะดูดกลืนคลื่นแสงและทำให้คนเราจะมองเห็นวัตถุเป็นภาพสีได้



รูปที่ 4.9 ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัดส่วนการดูดกลืนแสงกับค่าความยาวคลื่นในการวิเคราะห์หาความเข้มสีปรากฏและสีจริงของการทดลองวันที่ 146

น้ำเสียที่ป้อนแก่ระบบในการทดลองที่ 1 มี 6 โทนสีคือ ม่วง เขียว น้ำตาล แดง เทา และ เหลือง ตามลำดับ และจากรูปที่ 4.10 พบว่าความเข้มข้นสีจริงในหน่วยเอสยูของน้ำเข้าทุกโทนสีมีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่โทนสีเขียวมีความเข้มข้นสีจริงน้อยที่สุด เมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นสีปรากฏของน้ำเข้าแล้ว โทนสีเทากลับมีค่าความเข้มข้นสีปรากฏสูงที่สุด รองลงมาด้วยโทนสีเหลืองและสีแดง และมีความแตกต่างจากค่าความเข้มข้นสีจริงมาก แสดงว่าของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียมีผลต่อค่าความเข้มข้นสีปรากฏของน้ำเข้า มากกว่าโทนของสีย้อม

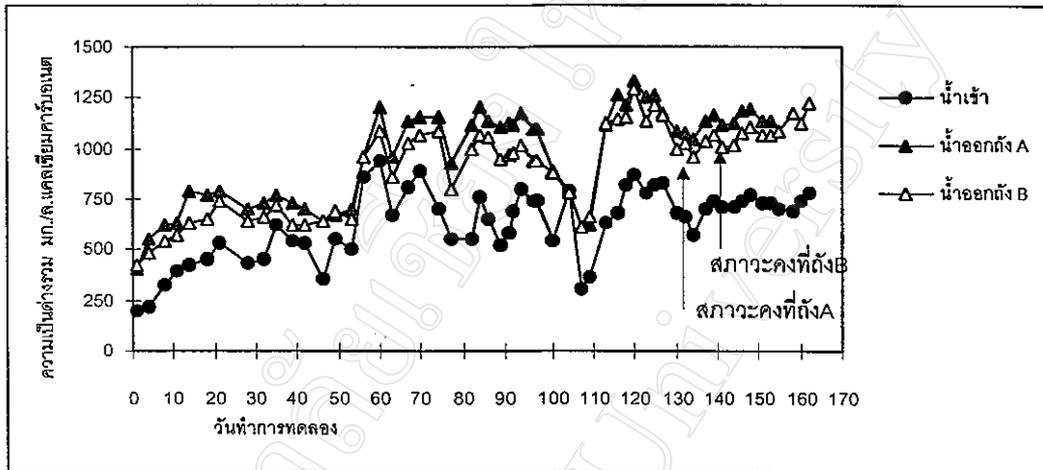


รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสีกับโทนสีย้อม

4.2.4 ความเป็นต่างรวม กรดไขมันระเหยและพีเอช

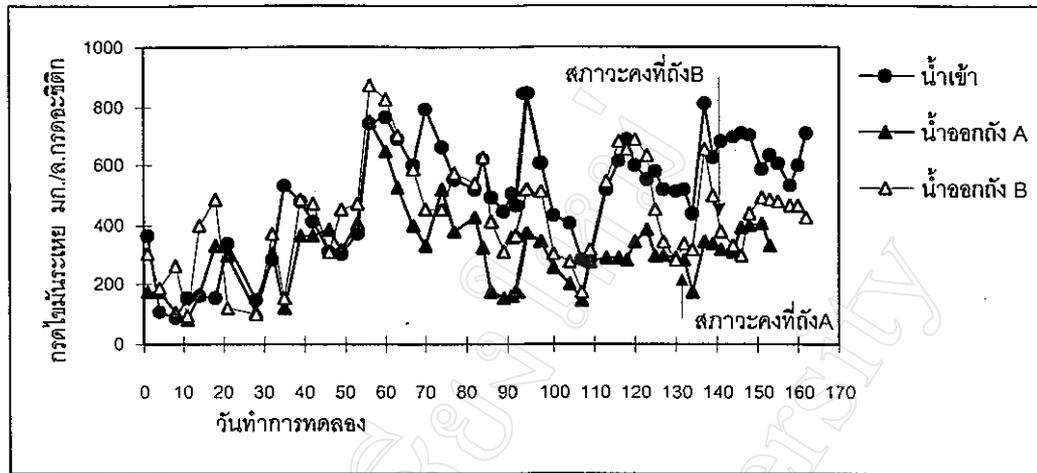
ค่าความเป็นต่างรวมเฉลี่ยที่สภาวะคงที่ของน้ำเข้า ของน้ำในถังปฏิกรณ์ A และ B มีค่า 712.9 1,131.3 และ 1,095.0 มก./ล. (แคลเซียมคาร์บอเนต) ตามลำดับ การที่ค่าความเป็นต่างรวมของน้ำออกถัง A และ B มีค่าสูงกว่าของน้ำเข้า เป็นเพราะว่าในการย่อยสลายน้ำเสียที่มีโปรตีนสูงในสภาพไร้อากาศ ไนโตรเจนในโมเลกุลของโปรตีนจะถูกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย ไนโตรเจน ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$) ถ้าพีเอชมีค่าต่ำกว่า 7.2 ตามสมการ 2.1 ปฏิกริยาจะเลื่อนไปทางซ้าย และได้แอมโมเนียมไอออน ถ้าพีเอชมากกว่า 7.2 ปฏิกริยาจะเลื่อนไปทางขวา แต่เนื่องจากน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองมีโปรตีนของเซรีซินที่ถูกฟอกออกจากหม้ออยู่สูง และพีเอชของถัง A และ B มีค่าต่ำกว่า 7.2 ตลอดการทดลอง ดังนั้นแอมโมเนียมไอออนที่เกิดขึ้นเมื่อรวมกับหมู่ไอออนโบคาร์บอเนตที่เกิดจากผลของปฏิกริยาระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ จึงมีผลทำให้ค่าความเป็นต่างรวมสูงขึ้น และสาเหตุที่ค่าความเป็นต่างรวมเฉลี่ยของน้ำออกถัง A มีค่าสูงกว่าของถัง B เป็นเพราะว่าถัง A มีปริมาณน้ำเข้าที่เหมาะสมกับปริมาณแบคทีเรียชนิดต่างๆ ภายในระบบ ทำให้แบคทีเรีย

สร้างมีเทนสามารถใช้กรดอินทรีย์ที่แบคทีเรียสร้างกรดสร้างขึ้นมาเป็นสารอาหารได้มากกว่า กรดอินทรีย์ที่สะสมในถังจึงมีปริมาณน้อยกว่าทำให้ค่าความเป็นต่างรวมจึงมีค่าสูงกว่า รูปที่ 4.11 แสดงค่าความเป็นต่างรวมตลอดการทดลองที่ 1



รูปที่ 4.11 ค่าความเป็นต่างรวม การทดลองที่ 1

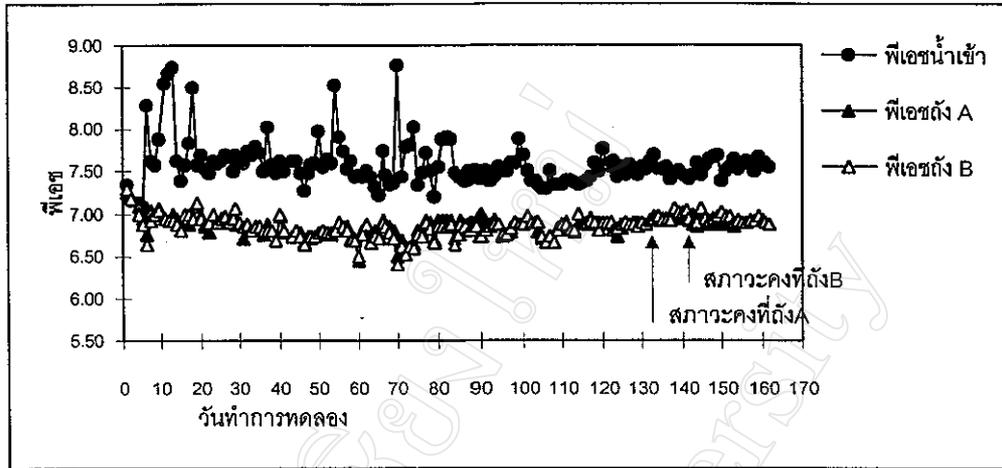
ค่ากรดไขมันระเหยเฉลี่ยที่สภาวะคงที่ของน้ำเข้า ของถังปฏิกรณ์ A และ B มีค่า 633.1 328.6 และ 426.3 มก./ล. ตามลำดับ การที่ค่ากรดไขมันระเหยของน้ำออกถัง A และ B มีค่าน้อยกว่าของน้ำเข้าเพราะว่าแบคทีเรียสร้างมีเทนภายในถังสามารถปรับสภาพได้และมีจำนวนมากพอที่จะนำกรดอินทรีย์ที่แบคทีเรียสร้างกรดสร้างขึ้นมาไปใช้และเปลี่ยนเป็นก๊าซมีเทนได้ ทำให้เหลือกรดอินทรีย์ในระบบน้อย และการที่ค่ากรดไขมันระเหยเฉลี่ยของน้ำออกถัง B มีค่ามากกว่าของถัง A แสดงว่าถัง B ที่สภาวะคงที่มีสภาพแวดล้อมที่ทำให้สัดส่วนของแบคทีเรียสร้างมีเทนมีปริมาณไม่มากพอที่จะย่อยสลายกรดอินทรีย์ที่แบคทีเรียสร้างกรดสร้างขึ้นมา รูปที่ 4.12 แสดงค่ากรดไขมันระเหย ตารางที่ ข-4 แสดงค่าความเป็นต่างรวมและกรดไขมันระเหยตลอดการทดลองที่ 1



รูปที่ 4.12 ค่ากรดไขมันระเหย การทดลองที่ 1

ที่สภาวะคงที่ น้ำออกถึงปฏิกิริยา A และ B มีอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อค่าความเป็นต่างรวมเท่ากับ 0.29 และ 0.39 ตามลำดับ มีค่าน้อยกว่า 0.4 แสดงว่าระบบมีกำลังบำบัดสูง ทั้งนี้ จากการตรวจสอบพบว่าความเป็นต่างของน้ำออกถึง A และ B เป็นความเป็นต่างชนิดความเป็นต่างไบคาร์บอเนตทั้งหมด

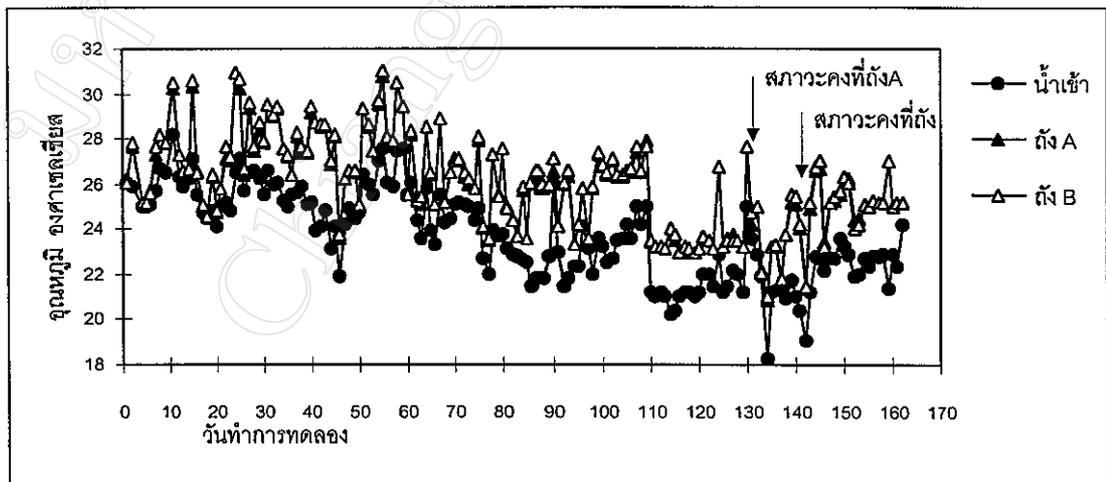
ค่าพีเอชเฉลี่ยของน้ำเข้า ของน้ำออกถึง A และถึง B ที่สภาวะคงที่มีค่า 7.55 6.92 และ 6.93 ตามลำดับ ค่าพีเอชน้ำเข้าตลอดการทดลองที่ 1 อยู่ในช่วง 8.77 - 7.25 ค่าพีเอชของน้ำออกถึง A และถึง B อยู่ในช่วง 7.03 - 6.45 และ 7.06 - 6.45 ตามลำดับตลอดการทดลอง ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับที่ Souza (1986) แนะนำว่าค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการทำงานของแบคทีเรียสร้างมีเทนควรอยู่ในช่วง 6.6 - 7.6 และควรรักษาระดับค่าพีเอชในถังให้สูงกว่า 6.2 เสมอ ดังนั้นจึงไม่ต้องมีการปรับพีเอชน้ำเข้าแต่ประการใด ยกเว้นในวันที่ 70 ที่พบว่าค่าพีเอชในถัง A และถึง B เริ่มมีค่าที่ต่ำกว่าปกติคือมีค่าพีเอช 6.50 และ 6.40 ตามลำดับ จึงได้ทำการปรับพีเอชน้ำเข้าด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต หลังจากนั้นก็ไม่มีการปรับพีเอชน้ำเข้าอีกเลยจนถึงสิ้นสุดการทดลองที่ 1 รูปที่ 4.13 แสดงค่าพีเอชของน้ำเข้า ของน้ำออกถึง A และถึง B ตลอดการทดลองที่ 1 ตารางที่ ข-5 แสดงค่าพีเอชตลอดการทดลองที่ 1



รูปที่ 4.13 ค่าพีเอซ การทดลองที่ 1

4.2.5 อุณหภูมิ ไออาร์พีและสภาพการนำไฟฟ้า

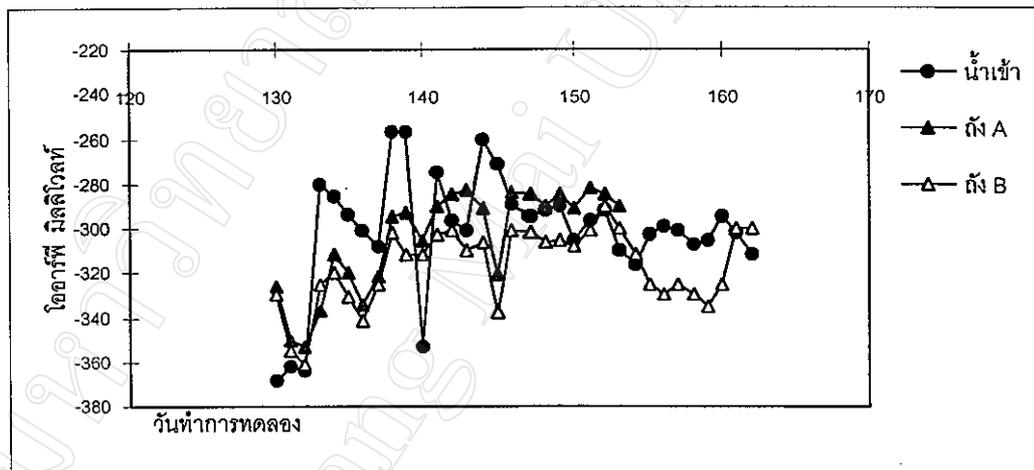
ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำเข้า ของน้ำในถัง A และถัง B ที่สภาวะคงที่มีค่า 22.0 24.2 และ 25.1 °C ตามลำดับ การทดลองที่ 1 ได้เริ่มการทดลองในช่วงของการเปลี่ยนจากฤดูฝน มาเป็นฤดูหนาว และสิ้นสุดการทดลองที่ 1 ในช่วงปลายของฤดูหนาว ค่าอุณหภูมิของน้ำในถัง ปฏิบัติตลอดการทดลองอยู่ในช่วงที่แบคทีเรียสร้างมีเทนเจริญเติบโตได้ดี รูปที่ 4.14 แสดงค่า อุณหภูมิตลอดการทดลองที่ 1 ตารางที่ ข-6 แสดงค่าอุณหภูมิตลอดการทดลอง ที่ 1



รูปที่ 4.14 ค่าอุณหภูมิ การทดลองที่ 1

ค่าไออาร์พีเป็นค่าบ่งชี้สภาพ Redox Potential ของของเหลว เป็นการวัดสภาวะของ ปฏิกิริยาโดยการวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าระหว่างอิเล็กโทรดว่ามีแนวโน้มของสารละลายที่จะรับหรือถ่าย เทออิเล็กตรอน ในสารละลายที่มีแนวโน้มจะให้อิเล็กตรอนคือมีความดันอิเล็กตรอนค่อนข้างสูงอย่าง

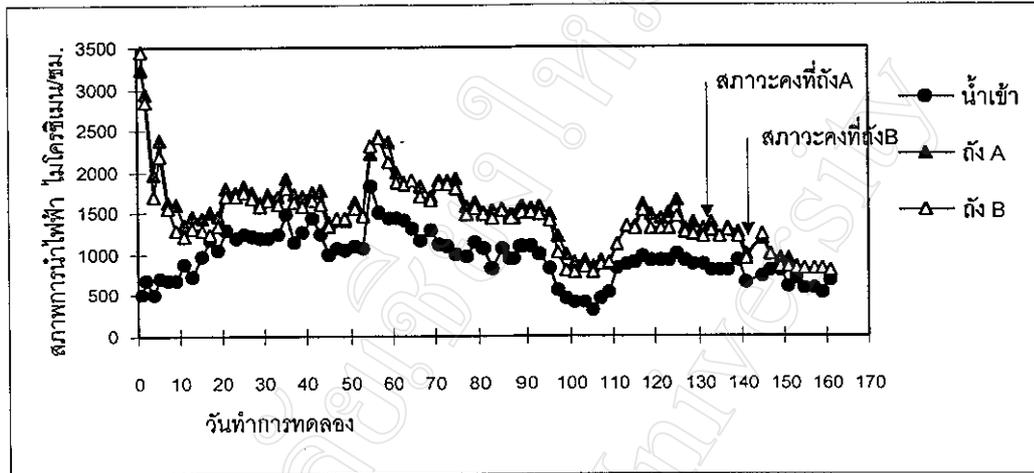
เช่นในสภาพไร้ออกซิเจน จะมีค่าไออาร์พีค่อนข้างต่ำหรือติดลบ ดังนั้นจึงมีความเหมาะสมที่จะใช้ วัดสภาวะที่เหมาะสมของปฏิกิริยาแบบไร้ออกซิเจน สภาพที่เหมาะสมกับการทำงานของจุลินทรีย์ ชนิดไม่ใช้ออกซิเจนจะมีค่าไออาร์พีอยู่ในช่วง -150 ถึง -420 มิลลิโวลต์ และสำหรับจุลินทรีย์ชนิดใช้ออกซิเจนจะมีค่าไออาร์พีอยู่ในช่วง -200 ถึง +420 มิลลิโวลต์ (Gray, 1989) ค่าไออาร์พีเฉลี่ยของน้ำเข้า ของน้ำออกถึง A และถึง B ที่สภาวะคงที่มีค่า -297 -301 และ -311 มิลลิโวลต์ตามลำดับ ค่าไออาร์พีที่เป็นลบของน้ำในถังปฏิกิริยา A และ B อยู่ในช่วงที่แสดงว่ามีการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนได้ดี จากผลการวัดค่าไออาร์พีของน้ำในถัง A และ B พบว่าไม่มีความสัมพันธ์ใดที่สอดคล้องกับค่าไออาร์พีของน้ำเข้า และเนื่องจากมีอุปสรรคในการจัดหาหัวอิเล็กโทรดสำหรับวัดค่า ดังนั้นจึงเริ่มวัดค่าไออาร์พีได้ตั้งแต่วันที่ 130 ของการทดลอง รูปที่ 4.15 แสดงค่าไออาร์พีของการทดลองที่ 1 ตารางที่ ข-7 แสดงค่าไออาร์พีตลอดการทดลองที่ 1



รูปที่ 4.15 ค่าไออาร์พี การทดลองที่ 1

ค่าสภาพการนำไฟฟ้าเฉลี่ยของน้ำเข้า ของน้ำในถัง A และถึง B ที่สภาวะคงที่มีค่า 712 1,111 และ 886 ไมโครซิเมน/ซม. ตามลำดับ เนื่องจากค่าสภาพการนำไฟฟ้าเป็นการวัดปริมาณ อีออนของสารละลายในน้ำ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าปริมาณของแข็งละลายน้ำและความเป็นกรด หรือความเป็นด่าง ดังนั้นค่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำในถัง A และ B จึงมีค่าสูงกว่าของน้ำเข้า ตลอดการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับการที่ค่าความเป็นด่างรวมของถึง A และ B มีค่าสูงกว่าของน้ำ เข้าตลอดการทดลอง ในวันแรกของการทดลอง ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำในถัง A และ B มีค่า สูงมาก มีค่า 3,230 และ 3,450 ไมโครซิเมน/ซม.ตามลำดับ ซึ่งเกิดจากแอมโมเนียมอีออนที่ตกค้าง ในถังปฏิกิริยาจากการหมุนเวียนน้ำกลับในช่วงเริ่มต้นระบบ หลังจากนั้นค่าสภาพการนำไฟฟ้าของ

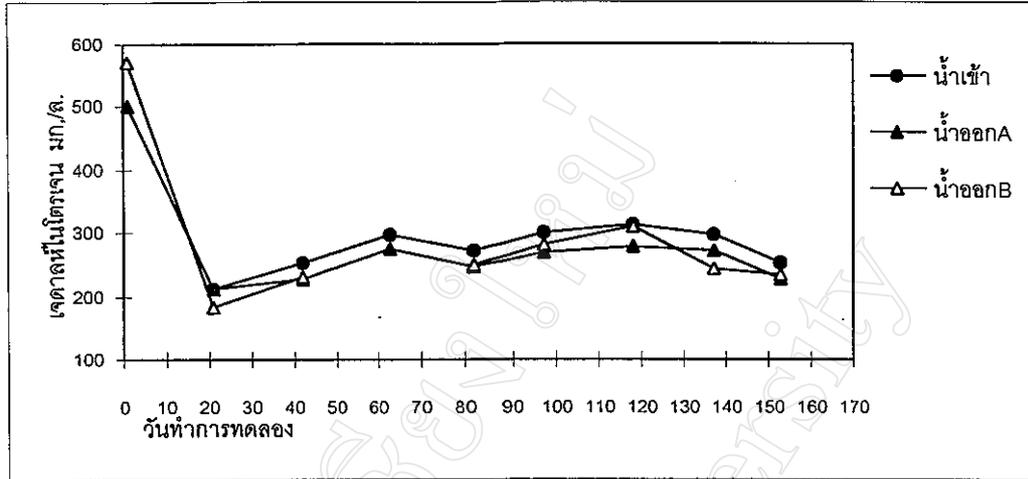
น้ำในถัง A และ B ได้ลดลงดังรูปที่ 4.16 ตารางที่ ข-8 แสดงค่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำเข้าและน้ำออกถัง A และถัง B ตลอดการทดลองที่ 1



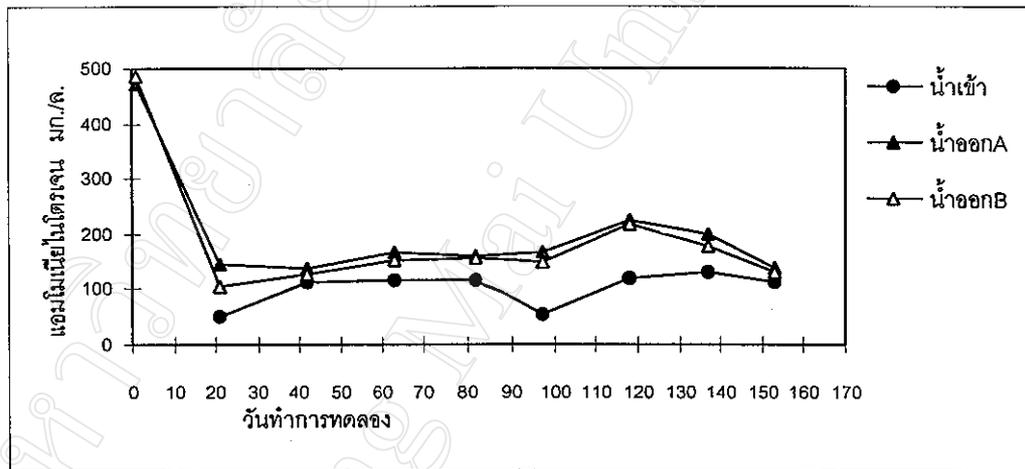
รูปที่ 4.16 ค่าสภาพการนำไฟฟ้า การทดลองที่ 1

4.2.6 ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส

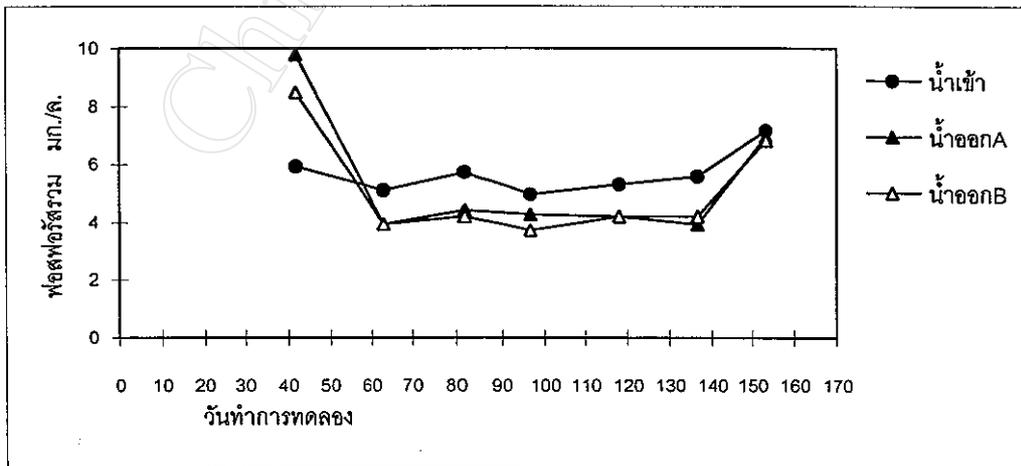
รูปที่ 4.17 แสดงค่าเจดาคทีไนโตรเจนของน้ำเข้า น้ำออกถัง A และ B ตลอดการทดลองที่ 1 รูปที่ 4.18 แสดงค่าแอมโมเนียไนโตรเจนของน้ำเข้า น้ำออกถัง A และ B รูปที่ 4.19 แสดงค่าฟอสฟอรัสรวมของน้ำเข้า น้ำออกถัง A และ B แอมโมเนียไนโตรเจนของน้ำเข้าส่วนหนึ่งจะถูกใช้เป็นอาหารเสริมในการสร้างเซลล์จุลินทรีย์ ในขณะที่เดียวกัน ปฏิบัติการย่อยสลายสารอาหารที่เป็นโปรตีนในสภาพไร้ออกซิเจนหรือการย่อยไนโตรเจนอินทรีย์ก็ให้แอมโมเนียไนโตรเจนออกมาซึ่งจะไม่มีกรเปลี่ยนแปลงรูปอีกต่อไปในสภาพไร้ออกซิเจน จึงทำให้ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำออกของทั้งสองถังมีค่าสูงกว่าของน้ำเข้าดังแสดงในรูปที่ 4.18 ค่าเจดาคทีไนโตรเจนในน้ำออกมีค่าต่ำกว่าของน้ำเข้าตลอดการทดลองเพราะแอมโมเนียไนโตรเจนส่วนหนึ่งถูกใช้ไปในการสร้างเซลล์แบคทีเรีย ในส่วนของฟอสฟอรัสรวมก็เช่นเดียวกัน ฟอสฟอรัสในน้ำเข้าส่วนหนึ่งถูกใช้เป็นอาหารเสริมในการสร้างเซลล์จุลินทรีย์ จึงทำให้ค่าฟอสฟอรัสรวมของน้ำออกทั้งสองถังมีค่าต่ำกว่าของน้ำเข้าตลอดการทดลอง ในการทดลองที่ 1 ค่าซีไอดีเฉลี่ยน้ำเข้ามีค่า 2560.6 มก./ล. ทำให้อัตราส่วนของค่าซีไอดีต่อเจดาคทีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมีค่าเท่ากับ 100:9.9:0.2 ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในสภาพไร้ออกซิเจนตามที่ Souza (1986) แนะนำคือควรมีค่า 100:1.1:0.2 ดังนั้นในการทดลองจึงไม่ต้องเพิ่มอาหารเสริมแก่จุลินทรีย์ตลอดการทดลองที่ 1 ตารางที่ ข-11 แสดงค่าไนโตรเจนรวม แอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสรวมของการทดลองที่ 1



รูปที่ 4.17 ค่าเจดาลที่ไนโตรเจน การทดลองที่ 1



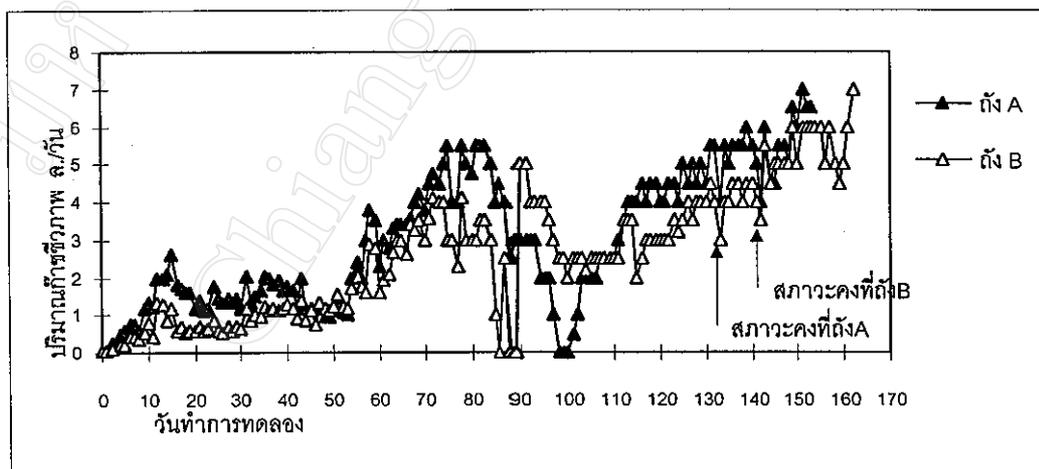
รูปที่ 4.18 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน การทดลองที่ 1



รูปที่ 4.19 ค่าฟอสฟอรัสรวม การทดลองที่ 1

4.2.7 การเกิดก๊าซชีวภาพ

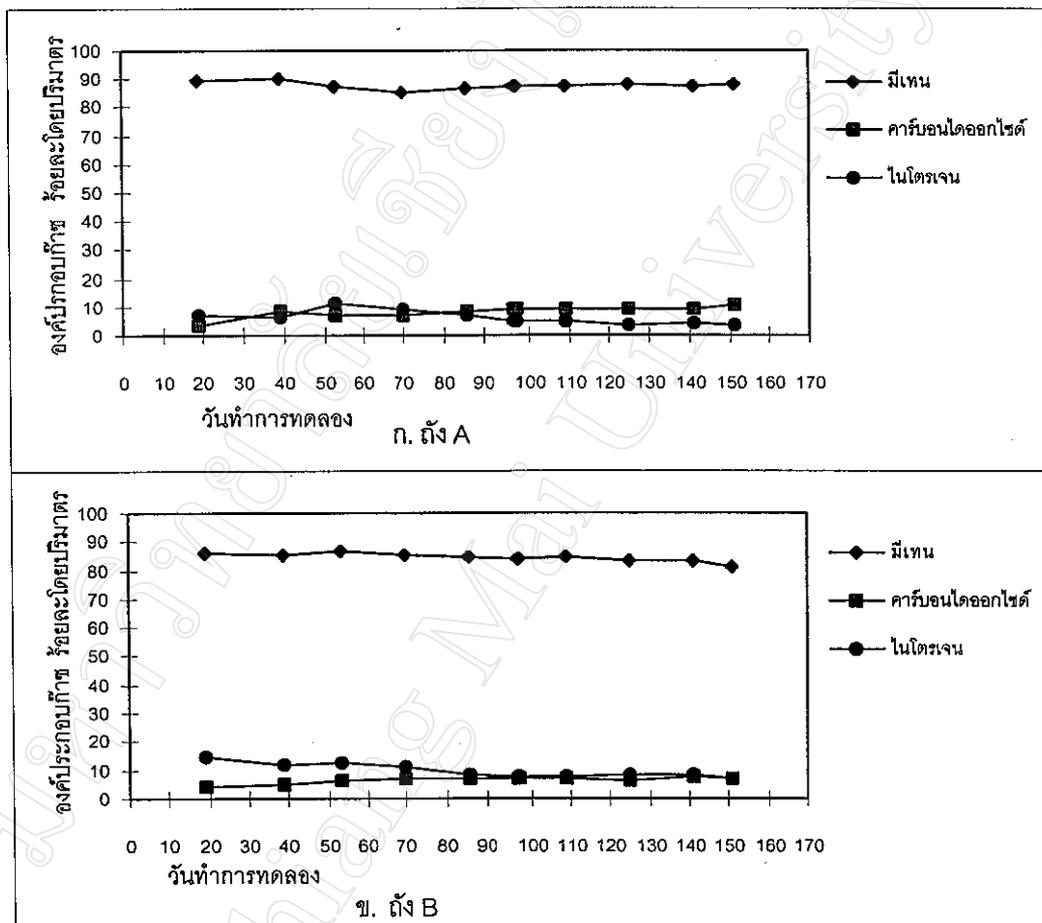
รูปที่ 4.20 และตารางที่ ข-9 แสดงค่าปริมาณก๊าซชีวภาพตลอดการทดลองที่ 1 ปริมาณก๊าซชีวภาพเฉลี่ยของถัง A และ B ที่สภาวะคงที่มีค่า 5.5 และ 5.3 ล./วัน ตามลำดับ ก๊าซชีวภาพของถัง A มีร้อยละของก๊าซมีเทนเท่ากับ 88.1 ทำให้มีปริมาณก๊าซมีเทนเฉลี่ย 4.8 ล./วัน และมีอัตราการผลิตก๊าซมีเทนที่ถังเก็บก๊าซที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐานเท่ากับ 0.25 ล./(ก.ซีไอดีที่ถูกกำจัด.วัน) ถัง B มีร้อยละของก๊าซมีเทนเท่ากับ 81.0 ทำให้มีปริมาณก๊าซมีเทนเฉลี่ย 4.3 ล./วัน และมีอัตราการผลิตก๊าซมีเทนเท่ากับ 0.18 ล./(ก.ซีไอดีที่ถูกกำจัด.วัน) ค่าอัตราการผลิตก๊าซมีเทนมีค่าน้อยกว่าตามทฤษฎีซึ่งมีค่า 0.35 ล./(ก.ซีไอดีที่ถูกกำจัด.วัน) แสดงถึงความสามารถในการเปลี่ยนสารอินทรีย์ในน้ำเสียเป็นก๊าซมีเทนของระบบว่ายังเกิดไม่สมบูรณ์และยังมีก๊าซมีเทนส่วนหนึ่งละลายน้ำหลุดออกไปกับน้ำทิ้งด้วยเนื่องจากมีความดันย่อย (Partial Pressure) ภายในถัง การที่อัตราการผลิตก๊าซมีเทนของถัง B มีค่าต่ำกว่าของถัง A แสดงว่าภายในถัง B มีการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้สมบูรณ์น้อยกว่าของถัง A เพราะมีอัตราการระบรทุกสารอินทรีย์ที่สูงกว่า และมีเวลาเก็บกักน้ำที่สั้นกว่า สอดคล้องกับประสิทธิภาพการบำบัดซีไอดีกรองของถัง B ที่มีค่าเพียงร้อยละ 61.3 น้อยกว่าของถัง A ซึ่งมีค่าร้อยละ 75.7 ปริมาณก๊าซชีวภาพของถัง A ในวันที่ 98 ถึง 100 ของการทดลองมีค่าเป็นศูนย์ เกิดจากมีจุดรั่วที่คลิปรัดท่อนำก๊าซ และก๊าซของถัง B ในวันที่ 86 88 และ 89 ของการทดลองมีค่าเป็นศูนย์อันเนื่องมาจากการอุดตันของผ้าตะกอนลอยในท่อนำก๊าซ



รูปที่ 4.20 ปริมาณก๊าซชีวภาพ การทดลองที่ 1

ตารางที่ ข-10 แสดงค่าร้อยละของก๊าซมีเทนและองค์ประกอบอื่นในก๊าซชีวภาพของถัง A และถัง B ของการทดลองที่ 1 รูปที่ 4.21 แสดงองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพของการทดลองที่ 1 ซึ่งพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักในช่วงการทดลอง โดยการเกิดก๊าซมีเทนของถัง A และถัง B อยู่

ในช่วงร้อยละ 85.3 - 90.3 และ 81.0 - 86.7 โดยปริมาตรตามลำดับ การเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในช่วงร้อยละ 3.7-10.3 และ 4.3-7.5 โดยปริมาตรตามลำดับ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในช่วงที่ต่ำกว่าก๊าซชีวภาพอื่นเพราะคาร์บอนไดออกไซด์และแอมโมเนียจะรวมกับน้ำกลายเป็นต่าง $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ละลายในถังปฏิกรณ์



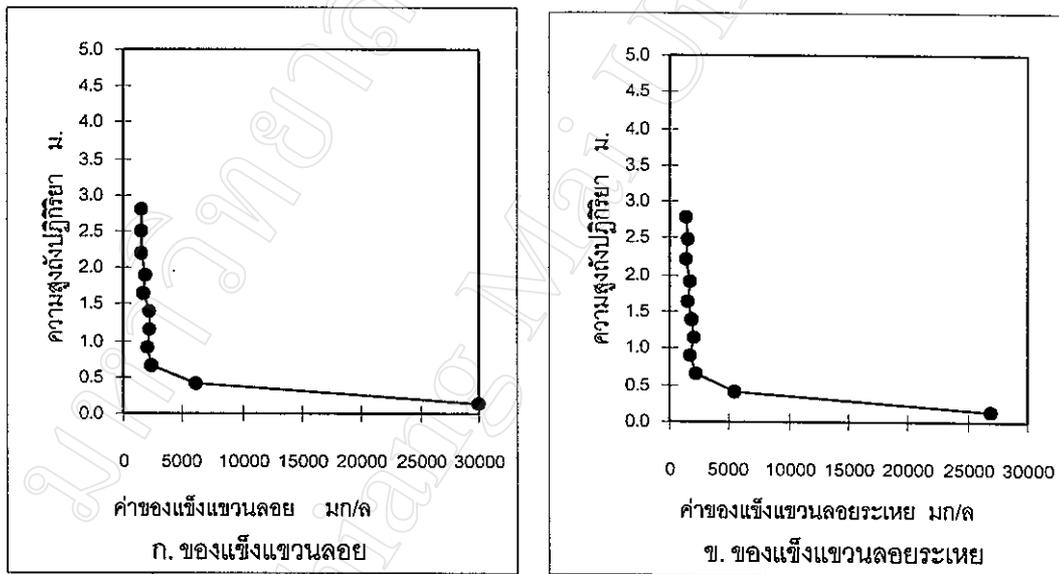
รูปที่ 4.21 องค์ประกอบในก๊าซชีวภาพ การทดลองที่ 1

4.2.8 การแปรผันความเข้มข้นตามความสูงของถังปฏิกรณ์ การทดลองที่ 1

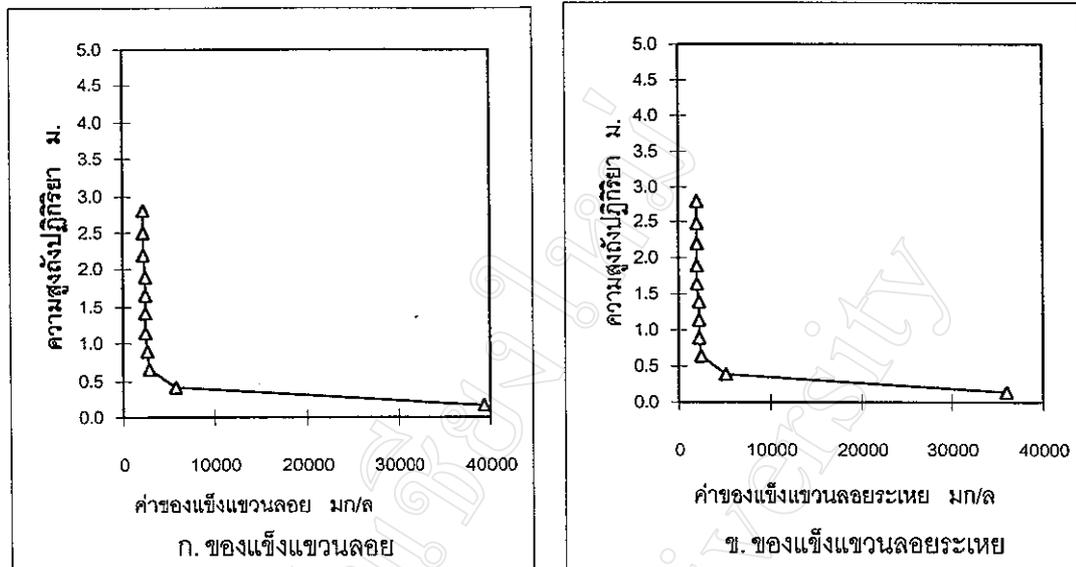
เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 1 ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ 1 ครั้งจากจุดเก็บตัวอย่างที่ตำแหน่งความสูงต่างๆ ของถังปฏิกรณ์ A และ B รวม 11 จุดของแต่ละถัง เพื่อทำการวิเคราะห์การแปรผันตามความสูงของถังปฏิกรณ์ของค่าความเข้มข้นซีโอดีและซีโอดีกรอง ค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหย ค่าความเข้มข้นสีปรากฏและความเข้มข้นสีจริง

4.2.8.1 ค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหย

ค่าของแข็งแขวนลอยระเหยตามความสูงของถังปฏิกริยา A และ B มีค่าสูงสุดที่ความสูง 0.40 ม. ซึ่งแสดงถึงความสูงของชั้นตะกอนล่าง และมีค่าของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยของชั้นตะกอนล่างเท่ากับ 13,460 และ 16,800 มก./ล.ตามลำดับ หลังจากความสูงนี้ค่าของแข็งแขวนลอยระเหยมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วและมีค่าใกล้เคียงกันที่ความสูงชั้นถัดไป ซึ่งแสดงถึงการฟุ้งกระจายของตะกอนจุลินทรีย์ตามความสูงของถังอันเนื่องมาจากความปั่นป่วนของการเกิดก๊าซชีวภาพภายในถัง รูปที่ 4.22 และ 4.23 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยตามความสูงของถังปฏิกริยา A และ B ตามลำดับ ตารางที่ ข-12 และ ข-13 แสดงค่าความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยตามความสูงของถัง A และ B ที่สภาวะคงที่การทดลองที่ 1



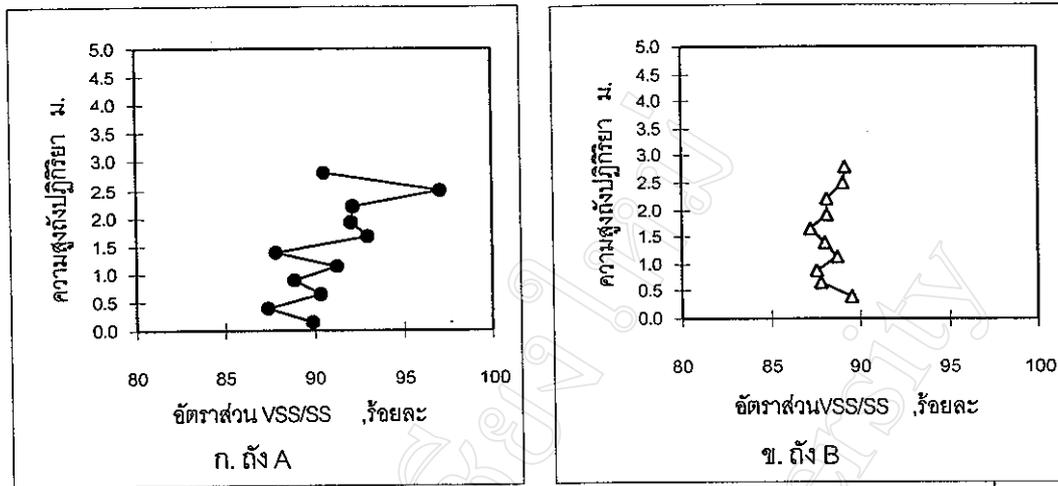
รูปที่ 4.22 ค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยตามความสูงของถัง A ที่สภาวะคงที่ การทดลองที่ 1



รูปที่ 4.23 ค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยตามความสูงของถัง B ที่สภาวะคงที่ การทดลองที่ 1

เมื่อพิจารณาค่าของแข็งแขวนลอยภายในถังปฏิกริยา A และ B ที่จุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดสุดท้ายที่ความสูง 2.80 ม. ซึ่งมีค่า 1,530 และ 2,130 มก./ล. ตามลำดับ เปรียบเทียบกับค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำออกของถัง A และ B ซึ่งมีค่าเฉลี่ยที่สภาวะคงที่เท่ากับ 181.6 และ 254.1 มก./ล. ตามลำดับ จะพบว่าอุปกรณ์ GSS ที่ติดตั้งด้านบนของถังสามารถป้องกันไม่ให้ตะกอนจุลินทรีย์หลุดออกไปกับน้ำออกได้อย่างมีประสิทธิภาพ และคิดเป็นเพียงประมาณร้อยละ 10 ของค่าของแข็งแขวนลอยที่ความสูง 2.80 ม. ที่หลุดออกไปกับน้ำออก

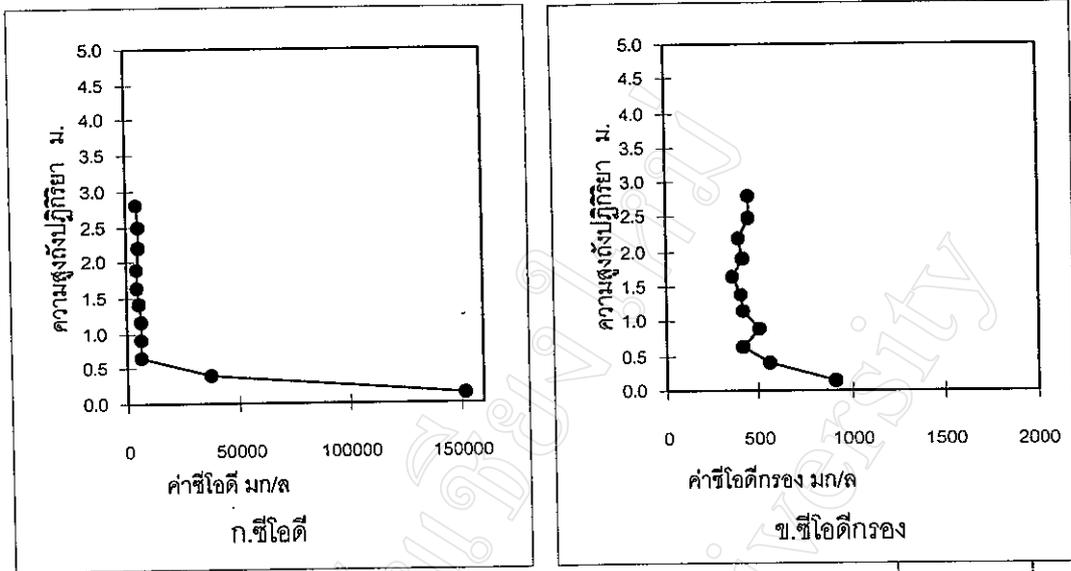
รูปที่ 4.24 แสดงค่าอัตราส่วนของแข็งแขวนลอยต่อของแข็งแขวนลอยระเหย (VSS/SS) ของถัง A และ B ตามความสูงของถังปฏิกริยา โดยที่ค่า VSS/SS ตามความสูงของถัง A และถัง B อยู่ในช่วงร้อยละ 87.4 - 97.0 และ 87.3 - 91.9 ตามลำดับ ในขณะที่ค่า VSS/SS เฉลี่ยของน้ำเข้าที่สภาวะคงที่มีค่าร้อยละ 87.8 ค่าอัตราส่วน VSS/SS ที่จุดความสูงต่างๆ ของถังปฏิกริยาไม่มีความสัมพันธ์กับค่าความสูงของถัง ค่า VSS ของน้ำเข้าจะเกิดจากโปรตีนหุ้มเส้นไหมรวมทั้งแป้งเคลือบเส้นไหมที่ถูกฟอกออกมาในขั้นตอนการฟอกไหม ส่วน VSS ของน้ำออกจะเกิดจากตะกอนจุลินทรีย์เป็นส่วนใหญ่



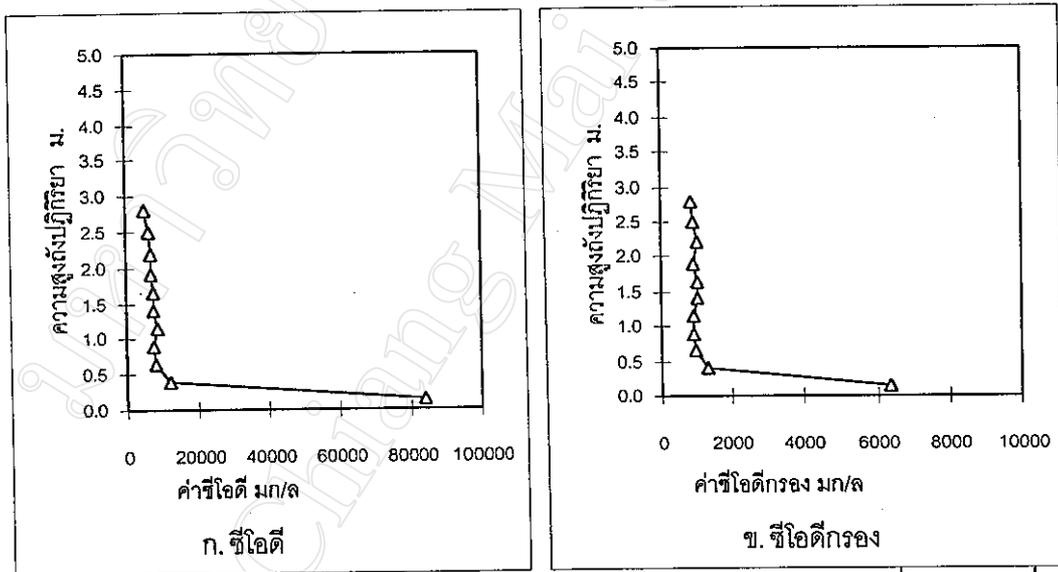
รูปที่ 4.24 อัตราส่วน VSS/SS ของถัง A และ B ตามความสูงถังปฏิกิริยา ที่สภาวะคงที่ การทดลองที่ 1

4.2.8.2 ค่าซีโอดีและซีโอดีกรอง

จากรูปที่ 4.25 และ 4.26 ซึ่งแสดงค่าซีโอดีและซีโอดีกรองตามความสูงของถังปฏิกิริยา A และ B ตามลำดับ พบว่าค่าซีโอดีได้แสดงถึงตำแหน่งของชั้นตะกอนล่างที่มีความหนาแน่นตะกอนสูงสุดที่ความสูง 0.40 ม. ของทั้งสองถังและมีค่าซีโอดีสูงสุดเท่ากับ 151,830 และ 84,170 มก./ล. ตามลำดับ แล้วค่าซีโอดีลดลงอย่างรวดเร็วที่จุดเก็บตัวอย่างน้ำสูงถัดขึ้นไป และหลังจากนั้นซีโอดีมีค่าเปลี่ยนแปลงไม่มากนักตามความสูงของถังปฏิกิริยา ค่าผลต่างระหว่างซีโอดีและซีโอดีกรองที่ชั้นตะกอนล่างแสดงถึงค่าซีโอดีที่มาจากของแข็งแขวนลอยระเหยซึ่งเป็นผลรวมของเซลล์ของตะกอนจุลินทรีย์และสารอินทรีย์ในน้ำเข้าที่ย่อยสลายไม่หมดและถูกสะสมที่บริเวณชั้นตะกอนล่าง



รูปที่ 4.25 ค่าซีไอดีและซีไอดีกรองตามความสูงของถังปฏิกิริยา A ที่สภาวะคงที่
การทดลองที่ 1



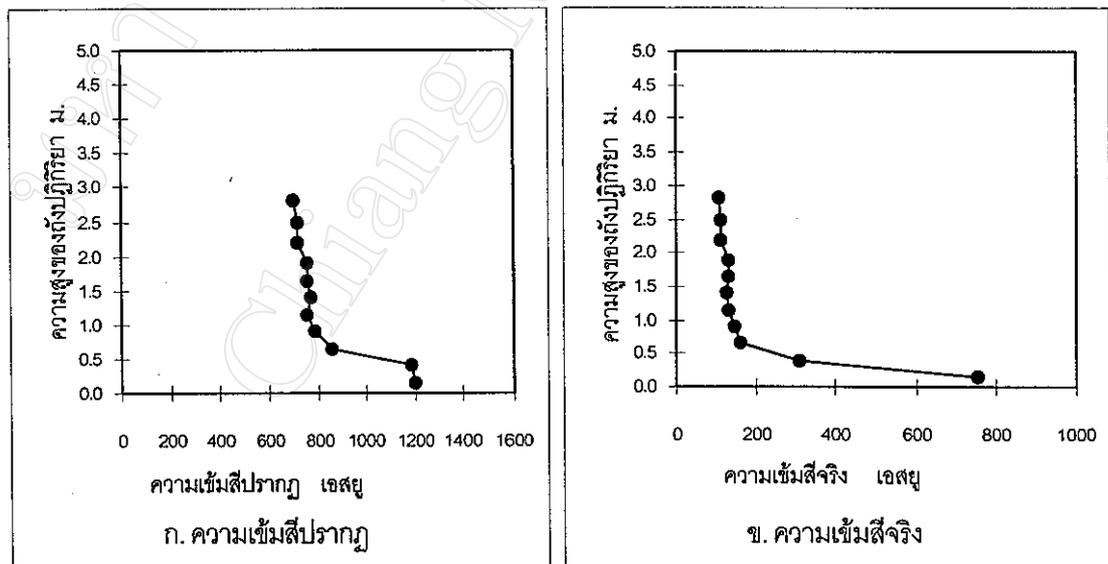
รูปที่ 4.26 ค่าซีไอดีและซีไอดีกรองตามความสูงของถังปฏิกิริยา B ที่สภาวะคงที่
การทดลองที่ 1

เมื่อพิจารณาค่าซีไอดีกรองตามความสูงของทั้งสองถังปฏิกิริยา พบว่าที่ตำแหน่งของชั้นตะกอนล่างคือที่ระดับ 0.40 ม. ของทั้งสองถัง ค่าซีไอดีกรองจะมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วที่ชั้นตะกอนล่าง ซึ่งแสดงถึงลักษณะทางพลศาสตร์เป็นแบบกวนผสมภายในชั้นตะกอนล่าง เกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายมากและย่อยสลายได้ดีที่ชั้นตะกอนล่าง ที่ความสูงเหนือจากนั้น ค่าซีไอดีกรองมีค่า

เปลี่ยนแปลงไม่มากนัก และมีแนวโน้มที่จะลดลงตามความสูงของถัง แสดงว่ามีปฏิกิริยาเกิดน้อย ซึ่งอาจจะเป็นเพราะว่ามีตะกอนจุลินทรีย์น้อย หรือสารอินทรีย์ส่วนที่ย่อยสลายได้ถูกย่อยสลายไป เป็นส่วนมากที่ชั้นตะกอนล่างแล้ว ค่าซีไอดีกรองสูงสุดที่ชั้นตะกอนล่างของถัง A และ B มีค่า 910 และ 6,380 มก./ล. ซึ่งถัง B มีค่าสูงกว่าค่าซีไอดีกรองของน้ำเข้ามาก แสดงว่าที่ชั้นตะกอนล่างมีการเก็บกักสีย้อม กรดอินทรีย์ที่ได้จากการทำงานของแบคทีเรียสร้างกรด รวมทั้งสารอินทรีย์ที่อยู่ในรูปสารละลายไว้ด้วย จากค่าซีไอดีกรองพบว่าที่ชั้นตะกอนล่างของถัง A และ B มีการลดซีไอดีกรองเท่ากับร้อยละ 66.0 และ 20.0 ตามลำดับ และมีการลดอีกต่อไปตามความสูงที่เหลือ ตารางที่ ข-12 และ ข-13 แสดงค่าซีไอดีและซีไอดีกรองตามความสูงถังปฏิกิริยา A และ B ที่สภาวะคงที่ของการทดลองที่ 1

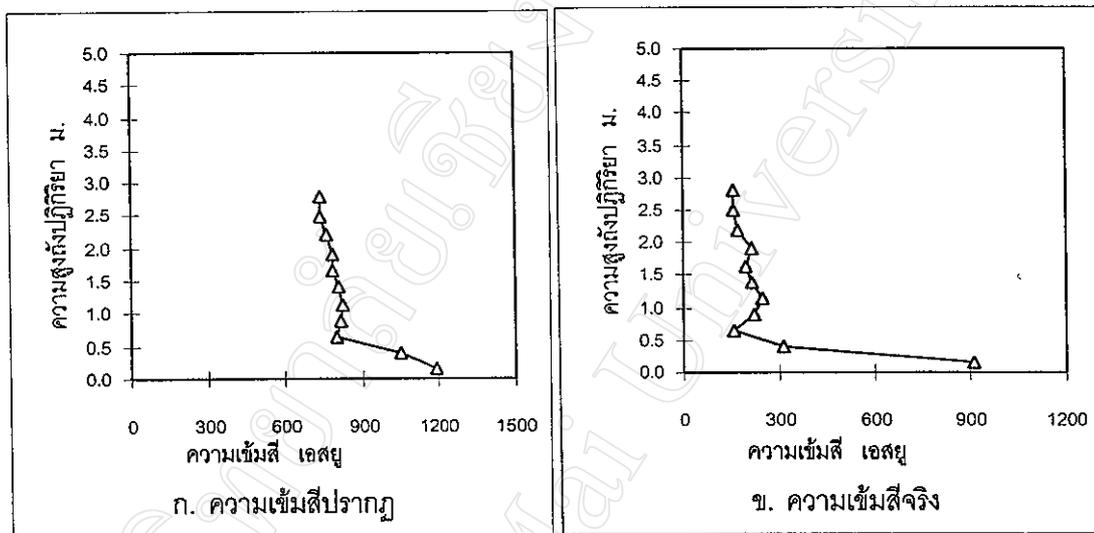
4.2.8.3 ค่าความเข้มข้นปรากฏและสีจริง

รูปที่ 4.27 แสดงค่าความเข้มข้นปรากฏและสีจริงตามความสูงของถังปฏิกิริยา A ซึ่งมีค่าความเข้มข้นปรากฏและสีจริงสูงสุดที่ชั้นตะกอนล่าง และมีค่าสูงกว่าค่าความเข้มข้นของน้ำเข้ามาก แสดงว่ามีการกักเก็บสีย้อมไว้ในบริเวณชั้นตะกอนล่าง ที่ความสูงเหนือจากชั้นตะกอนล่าง ค่าความเข้มข้นปรากฏและสีจริงได้ลดลงทันทีและมีค่าลดลงเรื่อยๆ ตลอดความสูงที่เหลือ



รูปที่ 4.27 ค่าความเข้มข้นปรากฏและสีจริงตามความสูงของถัง A ที่สภาวะคงที่ของการทดลองที่ 1

รูปที่ 4.28 แสดงค่าความเข้มข้นปรากฏและสีจริงตามความสูงของถังปฏิกริยา B ค่าความเข้มข้นปรากฏซึ่งรวมผลของสารแขวนลอยด้วยมีค่าสูงที่สุดที่ชั้นตะกอนล่าง ค่าความเข้มข้นสีจริงมีการลดลงอย่างรวดเร็วที่ชั้นตะกอนล่าง ซึ่งแสดงว่ามีการลดสีอย่างมีประสิทธิภาพเป็นส่วนใหญ่ที่ชั้นตะกอนล่าง ตารางที่ ข-12 และ ข-13 แสดงค่าสีปรากฏและสีจริงตามความสูงของถัง A และ B ที่สภาวะคงที่ การทดลองที่ 1



รูปที่ 4.28 ค่าความเข้มข้นปรากฏและสีจริงตามความสูงของถัง B ที่สภาวะคงที่ การทดลองที่ 1

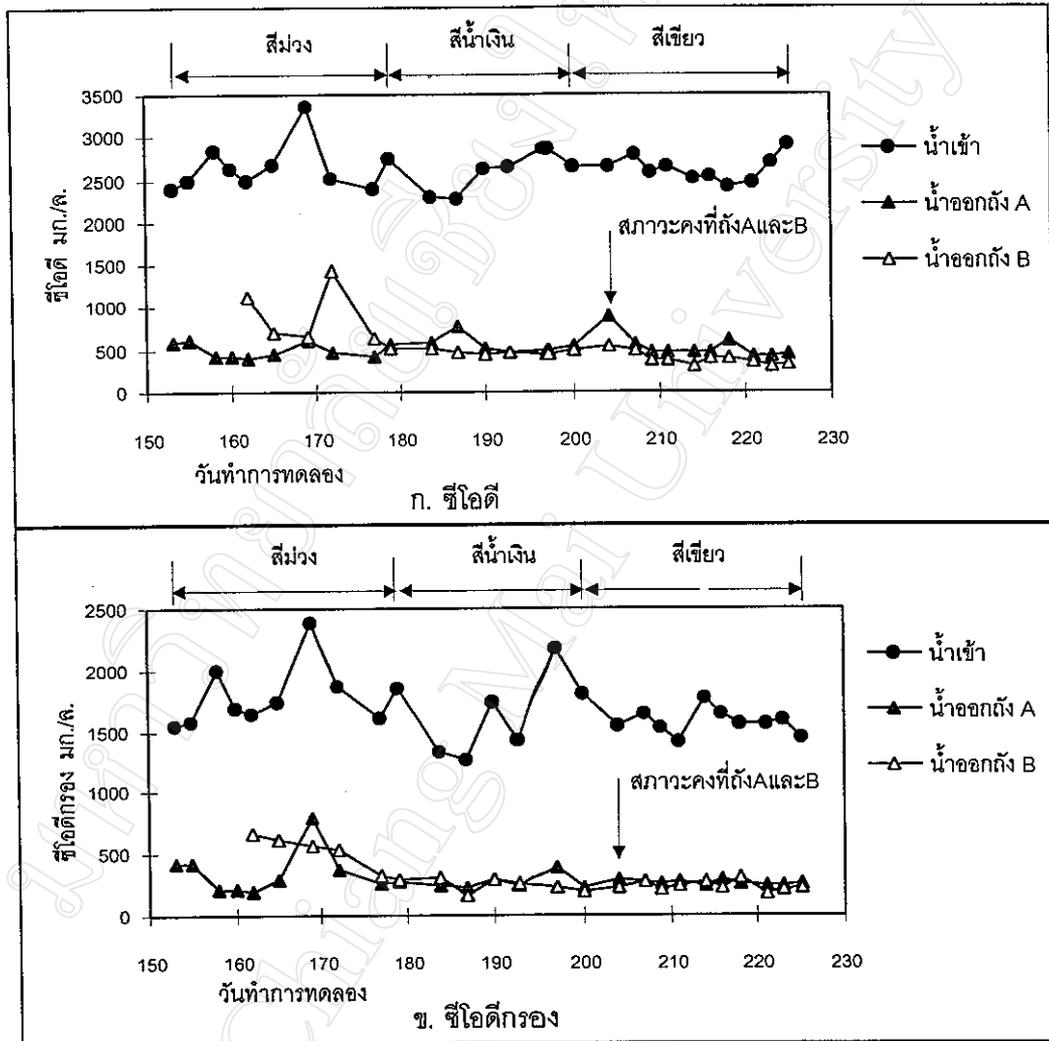
4.3 การทดลองที่ 2

ในการทดลองที่ 2 ถังปฏิกริยา A และ B มีค่าอัตราการระบรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 0.52 และ 1.04 กก.ซีไอดี/($\text{m}^3 \cdot \text{วัน}$) ตามลำดับ รายละเอียดค่าความเร็วไหลขึ้น อัตราการไหลน้ำเสียและเวลาเก็บกักน้ำของแต่ละถังได้แสดงในตารางที่ 3.3 การทดลองที่ 2 เริ่มในวันที่ 22 มกราคมถึงวันที่ 2 เมษายน 2542 ถังปฏิกริยา A และถัง B ใช้เวลารวม 50 และ 40 วันตามลำดับในการเข้าสู่สภาวะคงที่ ในการทดลองที่ 2 ทำการเปลี่ยนน้ำเสียเข้าระบบตามโทนสีคือม่วง น้ำเงิน และเขียว

4.3.1 ซีไอดี ซีไอดีกรองและประสิทธิภาพการบำบัด

รูปที่ 4.29 แสดงค่าซีไอดีและซีไอดีกรองของน้ำเข้า ของน้ำออกถัง A และ B ค่าซีไอดีเฉลี่ยของน้ำเข้า ของน้ำออกถังปฏิกริยา A และ B ที่สภาวะคงที่มีค่า 2,621.6 527.9 และ 386.1 mg/L ตามลำดับ ค่าประสิทธิภาพการบำบัดซีไอดีเฉลี่ยของถัง A และ B มีค่าร้อยละ 79.9 และ 85.3 ตามลำดับ ค่าซีไอดีกรองเฉลี่ยของน้ำเข้า ของน้ำออกถังปฏิกริยา A และ B ที่สภาวะ

คงที่มีค่า 1571.2 264.5 และ 241.0 มก./ล. ตามลำดับ ค่าประสิทธิภาพการบำบัดซีไอดีกรองเฉลี่ยของถังปฏิบัติการ A และ B มีค่าร้อยละ 83.2 และ 84.7 ตามลำดับ ตารางที่ ค-1 แสดงค่าซีไอดีและซีไอดีกรองของน้ำเข้า น้ำออกถัง A และ B การทดลองที่ 2



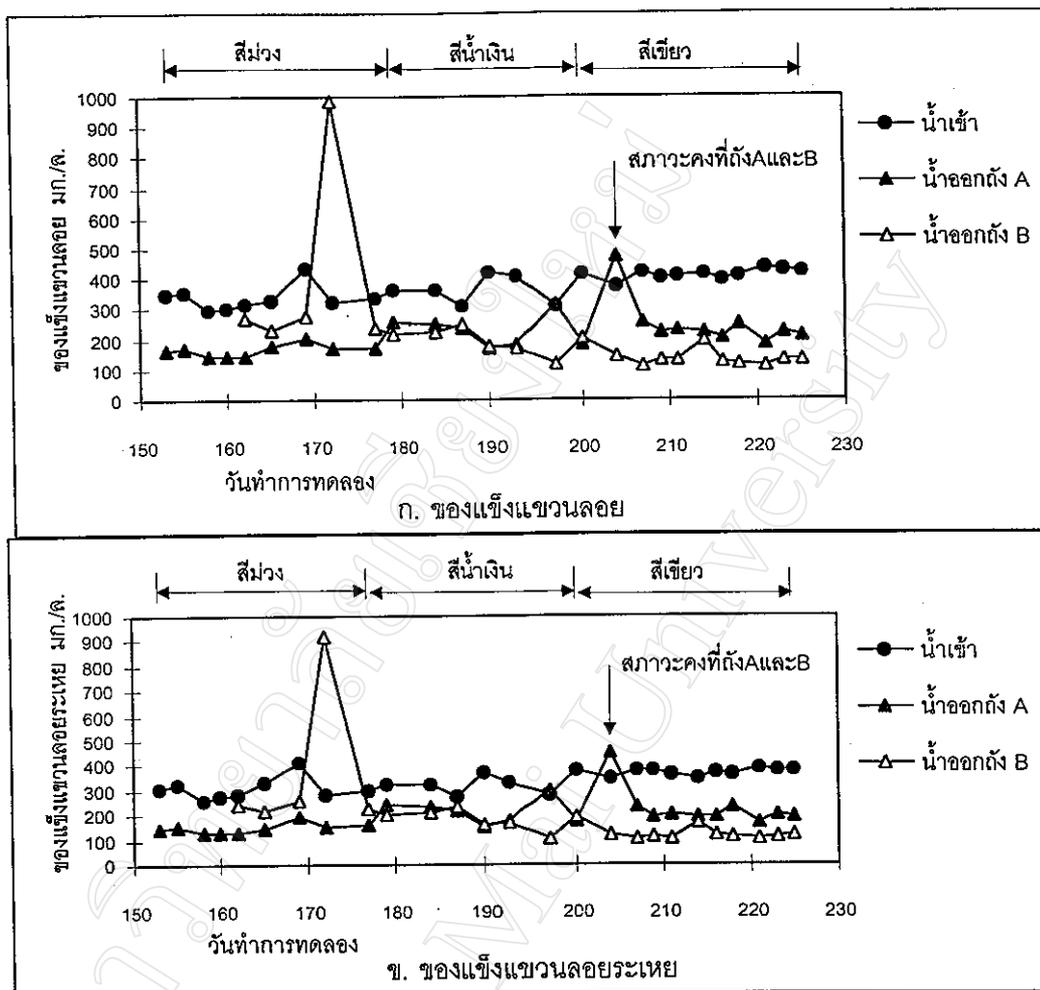
รูปที่ 4.29 ค่าซีไอดีและซีไอดีกรอง การทดลองที่ 2

ค่าซีไอดีและค่าซีไอดีกรองของน้ำออกถัง A และ B ตลอดการทดลองที่ 2 มีค่าค่อนข้างคงที่ไม่มีการแปรผันมากเหมือนในการทดลองที่ 1 ทั้งนี้เป็นเพราะแบคทีเรียในระบบสามารถปรับตัวให้เข้ากับน้ำเสียได้ดีขึ้นและมีการสะสมปริมาณแบคทีเรียไว้ในระบบมากขึ้น จึงสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้สมบูรณ์ขึ้น

ที่สภาวะคงที่ ดัง B มีประสิทธิภาพในการบำบัดซีไอดีและซีไอดีกรองสูงกว่า A ถึงแม้ว่าจะมีอัตราการระบรทุกสารอินทรีย์และอัตราการไหลสูงกว่า แสดงว่าที่อัตราการระบรทุกสารอินทรีย์และอัตราการไหลที่ต่ำเกินไปของถัง A จะทำให้มีความเร็วไหลขึ้นของน้ำภายในถังต่ำและเกิดก๊าซชีวภาพน้อยจนไม่สามารถสร้างสภาพการกวนสม่ำเสมอภายในชั้นตะกอนล่างได้ ทำให้ลดโอกาสที่จุลินทรีย์จะสัมผัสน้ำเสียได้อย่างทั่วถึง ประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์จึงลดลง

4.3.2 ของแข็งแขวนลอย ของแข็งแขวนลอยระเหยและประสิทธิภาพการบำบัด

รูปที่ 4.30 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยของน้ำเข้า น้ำออกของถัง A และ B ค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำเข้า น้ำออกของถัง A และ B ที่สภาวะคงที่มีค่า 410.8 248.2 และ 132.9 มก./ล. ตามลำดับ ค่าประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยของถังปฏิกริยา A และ B ที่สภาวะคงที่มีค่าร้อยละ 39.6 และ 67.6 ตามลำดับ ค่าของแข็งแขวนลอยระเหยของน้ำเข้า ของน้ำออกถัง A และ B ที่สภาวะคงที่มีค่า 369.2 225.3 และ 118.5 มก./ล. ตามลำดับ ค่าประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหยของถังปฏิกริยา A และ B ที่สภาวะคงที่มีค่าร้อยละ 39.0 และ 67.9 ตามลำดับ ที่สภาวะคงที่ เมื่อจุลินทรีย์ในระบบสามารถปรับตัวกับเข้ากับปริมาณสารอินทรีย์ที่เข้าระบบได้ ค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยของน้ำออกจึงมีค่าคงที่เป็นส่วนใหญ่ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าในช่วงแรกๆ ของการทดลองที่ 2 ตารางที่ ค-2 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยของน้ำเข้าและน้ำ การทดลองที่ 2



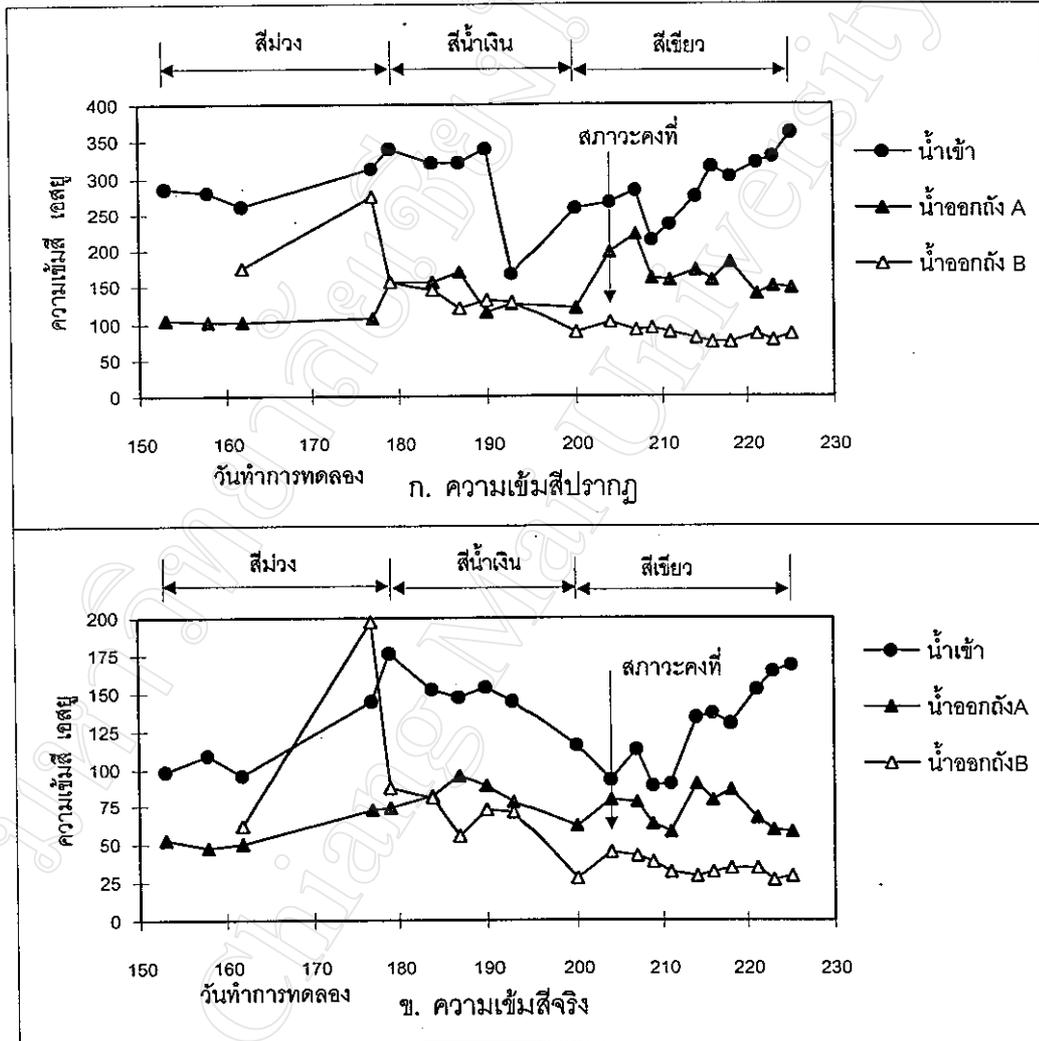
รูปที่ 4.30 ค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหย การทดลองที่ 2

ตลอดการการทดลองที่ 2 ไม่พบว่ามีเมือกที่ถึงรวบรวมน้ำออกหรือมีเมือกไปอุดตันท่อน้ำทิ้งอีก แต่พบฝ้าตะกอนลอยที่ผิวน้ำด้านบนของถังปฏิบัติการเป็นครั้งคราวในปริมาณไม่มากนัก ซึ่งแสดงว่าระบบของถัง A และ B สามารถปรับตัวได้ดีขึ้นและย่อยสลายโปรตีนและสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้สมบูรณ์ขึ้นกว่าการทดลองที่ 1 นอกจากนี้มีการชะล้างของแข็งแขวนลอยออกมาและมีค่าสูงกว่าค่าน้ำเข้าเพียงหนึ่งครั้งของถัง B คือในวันที่ 172 ของการทดลอง ส่วนถัง A ก็มีค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำออกสูงกว่าของน้ำเข้าเพียงสองวันคือในวันที่ 197 และ 204 ของการทดลอง

4.3.3 ความเข้มข้นปรากฏ ความเข้มข้นจริงและประสิทธิภาพการบำบัด

รูปที่ 4.31 แสดงความเข้มข้นปรากฏและจริงของการทดลองที่ 2 ค่าความเข้มข้นปรากฏเฉลี่ยของน้ำเข้า ของน้ำออกถึง A และถึง B ที่สภาวะคงที่มีค่า 290.1 146.0 และ 84.8 หน่วยเอสยูตามลำดับ มีค่าประสิทธิภาพการบำบัดสีปรากฏเฉลี่ยของถัง A และถึง B ที่สภาวะคงที่

มีค่าร้อยละ 49.7 และ 70.8 ตามลำดับ ส่วนค่าความเข้มข้นจริงเฉลี่ยของน้ำเข้า ของน้ำออกถัง A และถัง B ที่สภาวะคงที่มีค่า 126.9 64.6 และ 35.0 หน่วยเอสยูตามลำดับ มีค่าประสิทธิภาพการบำบัดสีจริงเฉลี่ยของถัง A และถัง B ที่สภาวะคงที่มีค่าร้อยละ 49.1 และ 72.4 ตามลำดับ ตารางที่ ค-3 แสดงค่าความเข้มข้นปรากฏและสีจริงตลอดการทดลองที่ 2



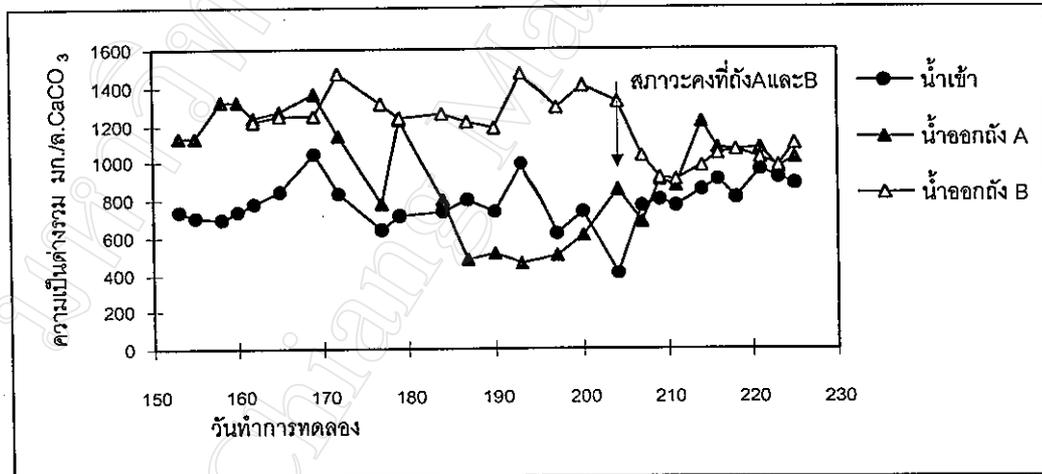
รูปที่ 4.31 ค่าความเข้มข้นปรากฏและสีจริง การทดลองที่ 2

ประสิทธิภาพการกำจัดสีปรากฏและสีจริงของถัง A มีค่าต่ำกว่าของถัง B ซึ่งเกิดจากการที่น้ำเสียเข้าถัง A มีอัตราไหลที่น้อยจนมีความเร็วไหลขึ้นของน้ำในถังต่ำ ดังนั้นที่ชั้นตะกอนล่างน้ำเสียจึงไม่มีโอกาสได้สัมผัสกับจุลินทรีย์อย่างทั่วถึง โดยทั่วไปในการทดลองที่ 2 พบว่าเกิดการคายสีออกมาเพียงครั้งเดียวของถัง B ในวันที่ 177 ของการทดลอง แสดงว่าโดยทั่วไปแล้ว จุลินทรีย์มีการปรับตัวและย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดีและสมบูรณ์ขึ้น เม็ดตะกอนมีขนาดใหญ่ขึ้นตามเวลาที่

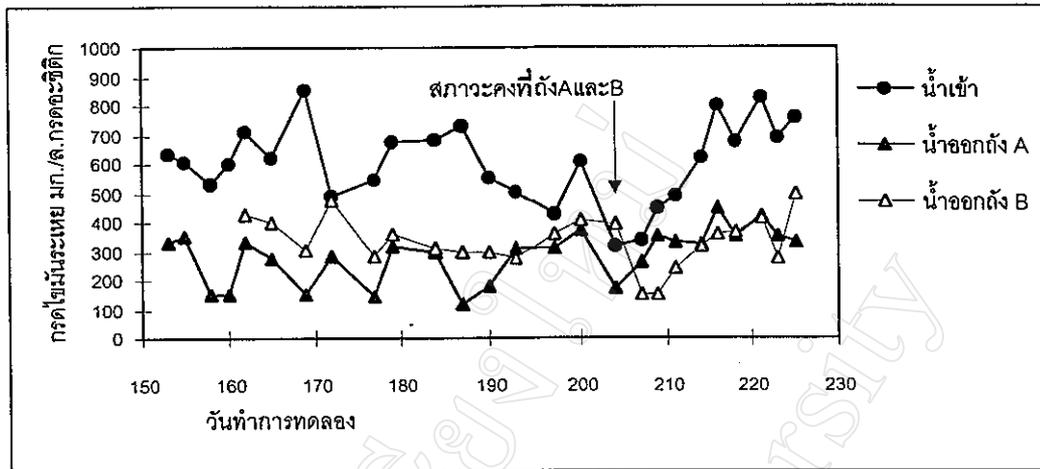
ผ่านไป เมื่อมีการลอยปั่นป่วนภายในชั้นตะกอนล่างก็จะตกตะกอนได้ดีกว่าสารแขวนลอย ดังนั้น การกักเก็บสารแขวนลอยสะสมไว้ที่ชั้นตะกอนล่างจึงลดลง ทำให้ไม่เกิดมีการคายสีเป็นครั้งคราว อีก สีของน้ำออกที่ถังพักน้ำออกมีสีปรกติของระบบบำบัดแบบไร้อากาศคือมีสีเหลืองน้ำตาลของ แม่น้ำตลอดการทดลองของทั้งสองถัง

4.3.4 ความเป็นต่างรวม กรดไขมันระเหยและพีเอช

ค่าความเป็นต่างรวมเฉลี่ยที่สภาวะคงที่ของน้ำเข้า ของน้ำออกถังปฏิบัติการ A และ B มีค่า 837.6 996.4 และ 1040.4 มก./ล. (แคลเซียมคาร์บอเนต) ตามลำดับ ค่ากรดไขมันระเหยเฉลี่ยที่สภาวะคงที่ของน้ำเข้า ของถังปฏิบัติการ A และ B มีค่า 636.3 335.0 และ 336.7 มก./ล. (กรดอะซิติก) ตามลำดับ ค่าอัตราส่วนของกรดไขมันระเหยต่อค่าความเป็นต่างรวมของน้ำออกถัง A และ B มีค่า 0.34 และ 0.32 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.4 แสดงว่ามีบีฟเฟอร์สูง ระบบสามารถทำงานได้ดี รูปที่ 4.32 และ 4.33 แสดงค่าความเป็นต่างรวมและตลอดการทดลองที่ 2 ตามลำดับ ตารางที่ ค-4 แสดงค่าความเป็นต่างรวมและกรดไขมันระเหยตลอดการทดลองที่ 2

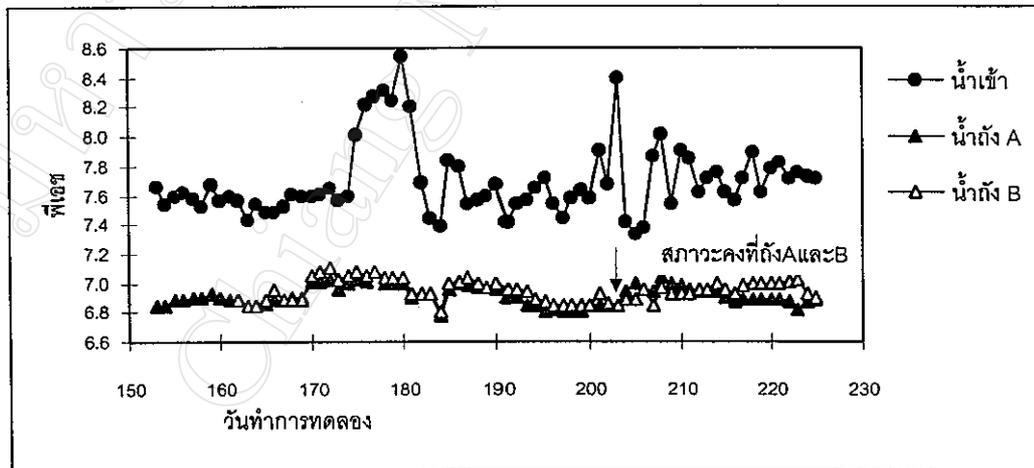


รูปที่ 4.32 ค่าความเป็นต่างรวม การทดลองที่ 2



รูปที่ 4.33 ค่าการไขมนะเหย การทดลองที่ 2

ตลอดการทดลองที่ 2 ค่าพีเอชของน้ำเข้าอยู่ในช่วง 7.41 - 8.50 มีค่าเฉลี่ยที่สภาวะคงที่เท่ากับ 7.69 ค่าพีเอชของน้ำในถัง A และ B ตลอดการทดลองที่ 2 มีค่าอยู่ในช่วง 6.81 - 7.07 และ 6.81 - 7.08 ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยที่สภาวะคงที่เท่ากับ 6.92 และ 6.95 ตามลำดับ โดยซึ่งเป็นช่วงค่าที่แบคทีเรียสร้างมีเทนทำงานได้ดี จึงไม่ต้องเติมสารเคมีแก่ระบบเพื่อปรับพีเอชตลอดการทดลองที่ 2 ตารางที่ ค-5 และรูปที่ 4.34 แสดงค่าพีเอชตลอดการทดลองที่ 2



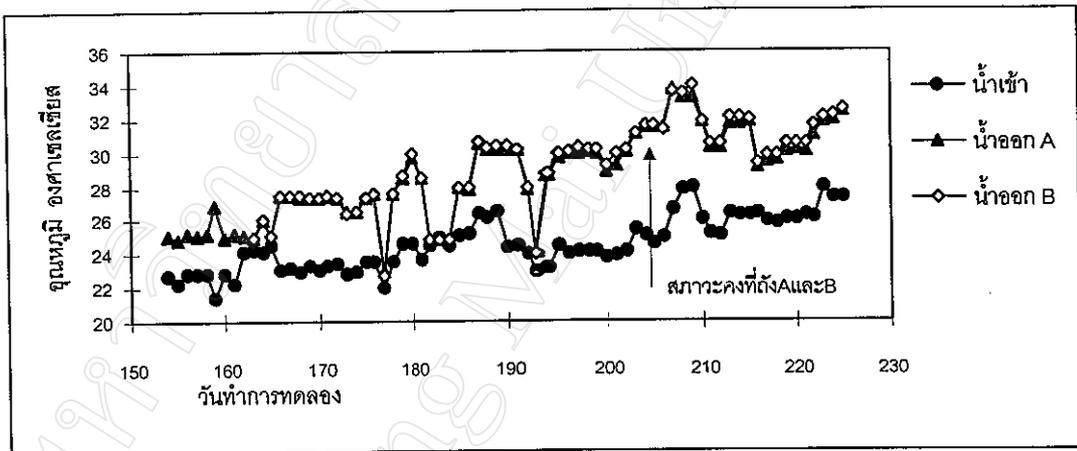
รูปที่ 4.34 ค่าพีเอชตลอดการทดลองที่ 2

4.3.5 ค่าอุณหภูมิ ไออาร์พีและสภาพการนำไฟฟ้า

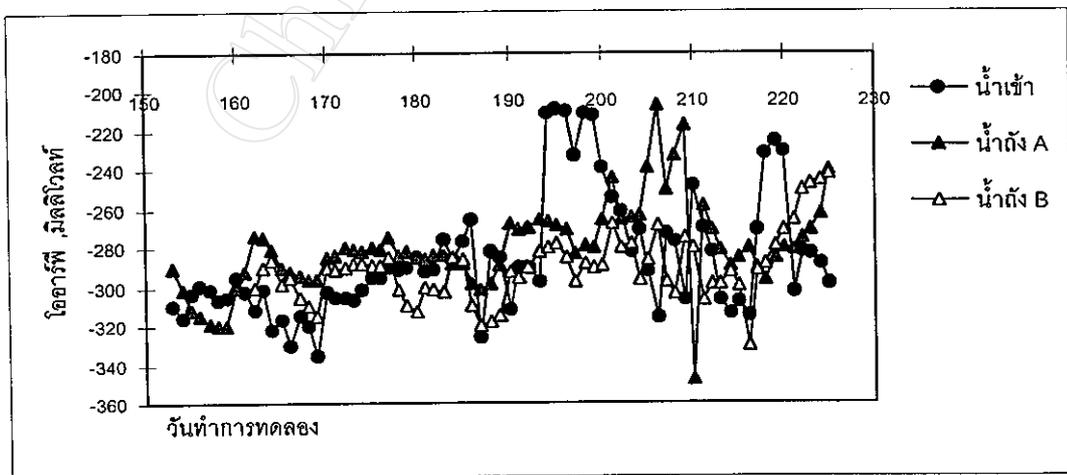
ในการทดลองที่ 2 เป็นช่วงของการเปลี่ยนฤดูจากปลายฤดูหนาวเป็นต้นฤดูร้อน น้ำเข้ามีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 21.4 - 28.0 องศาเซลเซียส โดยมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่สภาวะคงที่ของน้ำเข้า น้ำออกถึง A และ B เท่ากับ 26.2 31.3 และ 31.5 องศาเซลเซียสตามลำดับ การที่น้ำในถัง B

มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าถึง A เล็กน้อย แสดงถึงกิจกรรมการย่อยสลายที่มีมากกว่าภายในระบบ อุณหภูมิภายในถึง A และ B ที่มีค่ามากกว่าของน้ำเข้าทั้งของถึง เป็นผลของปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ของแบคทีเรีย ตารางที่ ค-6 และรูปที่ 4.35 แสดงค่าอุณหภูมิตลอดการทดลองที่ 2

ค่าไออาร์พีเฉลี่ยของน้ำเข้า น้ำในถึง A และ B ที่สภาวะคงที่ของการทดลองที่ 2 มีค่า -281 -268 และ -282 มิลลิโวลต์ตามลำดับ ค่าไออาร์พีของระบบในถึง A และ B ตลอดการทดลองที่ 2 มีค่าอยู่ภายในช่วงที่แสดงถึงสภาพเหมาะสมที่แบคทีเรียจะย่อยสลายได้ดีในสภาพไร้ออกซิเจน คือระหว่าง -150 ถึง -420 มิลลิโวลต์ ตลอดการทดลองที่ 2 ค่าไออาร์พีของทั้งสองถึงมีค่าไม่คงที่ และไม่แปรผันตามค่าของน้ำเข้า ค่าของถึง B มีค่าเป็นลบที่ต่ำกว่าของถึง A เป็นส่วนมาก ตารางที่ ค-7 และรูปที่ 4.35 แสดงค่าไออาร์พีตลอดการทดลองที่ 2

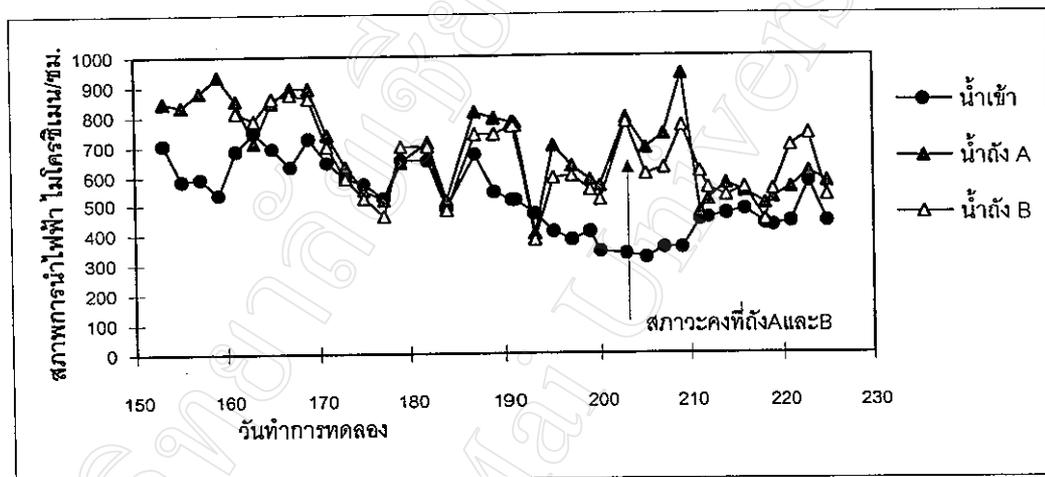


รูปที่ 4.35 ค่าอุณหภูมิ การทดลองที่ 2



รูปที่ 4.36 ค่าไออาร์พี การทดลองที่ 2

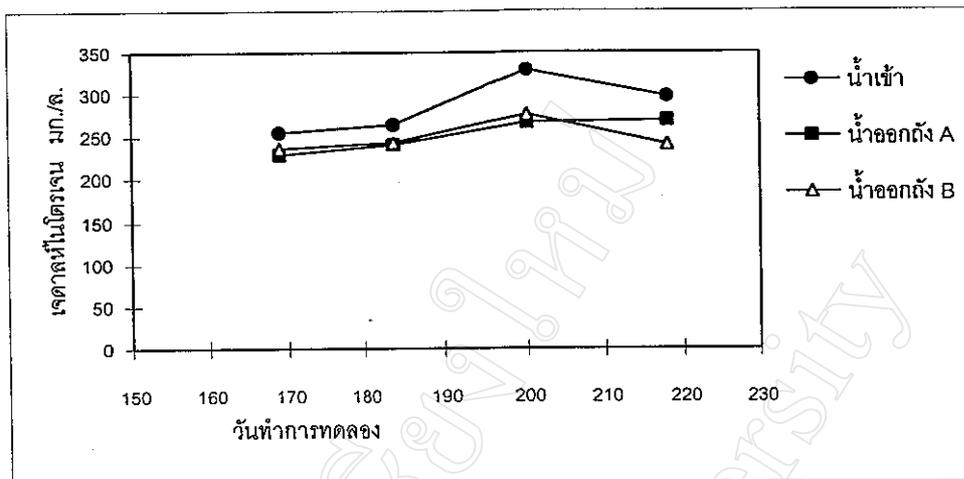
ค่าสภาพการนำไฟฟ้าเฉลี่ยของน้ำเข้า น้ำในถัง A และ B ที่สภาวะคงที่ของการทดลองที่ 2 มีค่า 435 604 และ 600 ไมโครซิเมน/ซม. ตามลำดับ ค่าสภาพการนำไฟฟ้าแสดงถึงปริมาณอิออนต่างๆ ที่เป็นผลของการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบเช่น CO_2 NH_4^+ เป็นต้น ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำในถัง A และ B จึงมีค่าสูงกว่าของน้ำเข้า ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของถัง A ส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่าของถัง B ยกเว้นในช่วงสภาวะคงที่ซึ่งค่าของถัง B กลับมีค่าสูงกว่าของถัง A ตารางที่ ค-8 และรูปที่ 4.37 แสดงค่าสภาพการนำไฟฟ้าตลอดการทดลองที่ 2



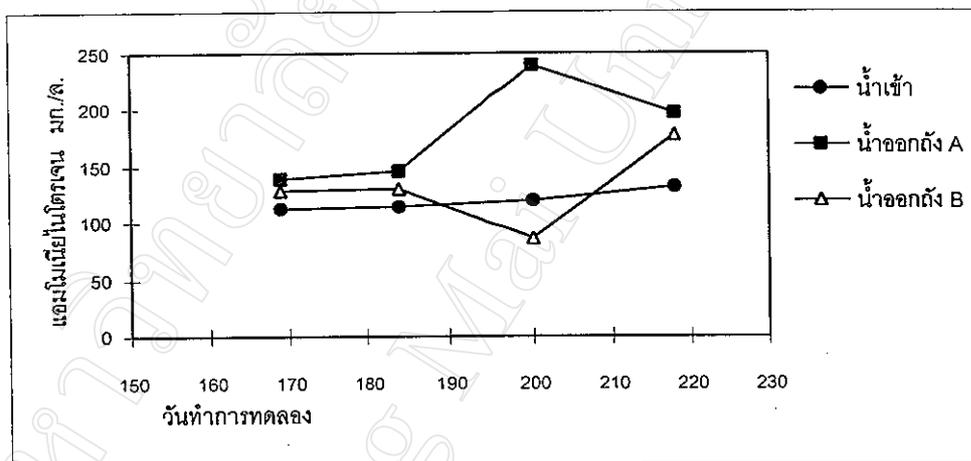
รูปที่ 4.37 ค่าสภาพการนำไฟฟ้า การทดลองที่ 2

4.3.6 ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส

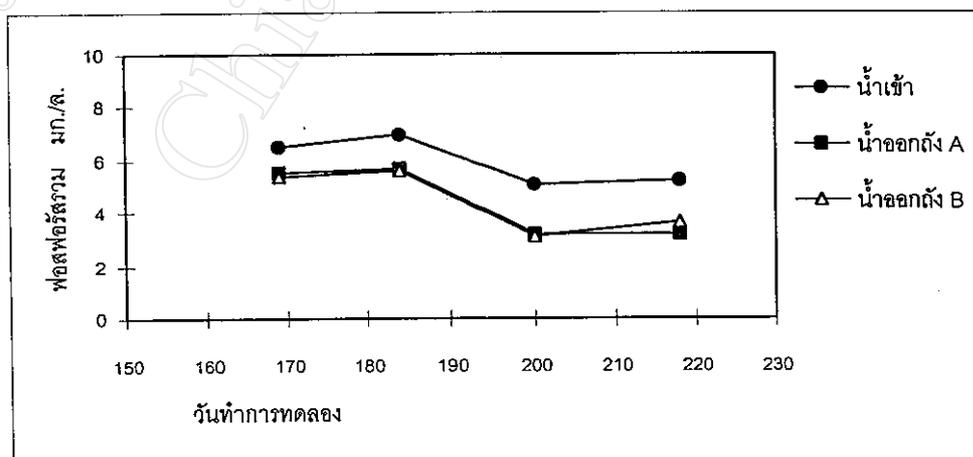
รูปที่ 4.38 แสดงค่าไนโตรเจนรวมของน้ำเข้า น้ำออกถัง A และ B ตลอดการทดลองที่ 2 รูปที่ 4.39 แสดงค่าแอมโมเนียไนโตรเจนของน้ำเข้า น้ำออกถัง A และ B รูปที่ 4.40 แสดงค่าฟอสฟอรัสรวมของน้ำเข้า น้ำออกถัง A และ B อัตราส่วนค่าซีไอดีต่อไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสของวันที่ 218 ของการทดลองมีค่าเท่ากับ 100 : 11.3 : 0.2 ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่ Souza (1986) แนะนำคือ 100 : 1.1 : 0.2 จึงไม่จำเป็นต้องมีการเติมไนโตรเจนและฟอสฟอรัสแก่ระบบอีก



รูปที่ 4.38 ค่าเจดลหึไนโตรเจน การทดลองที่ 2



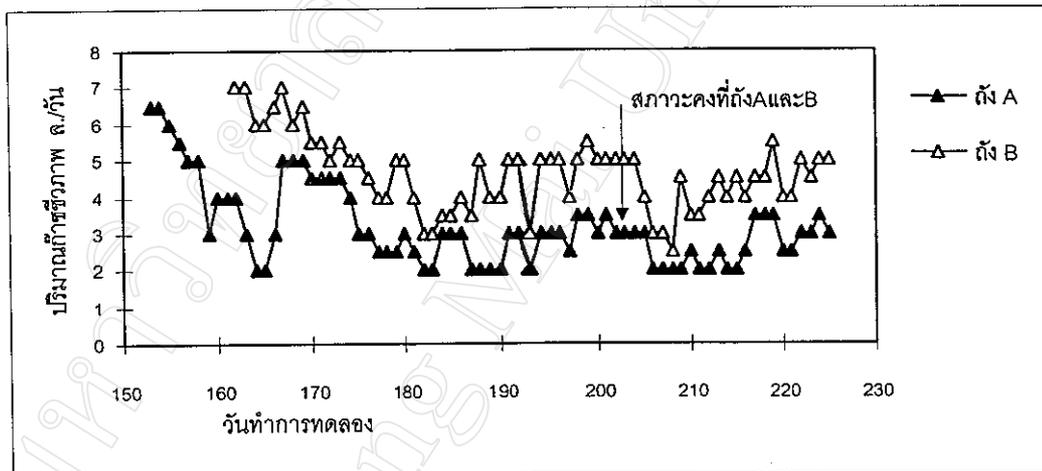
รูปที่ 4.39 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน การทดลองที่ 2



รูปที่ 4.40 ฟอสฟอรัสรวม การทดลองที่ 2

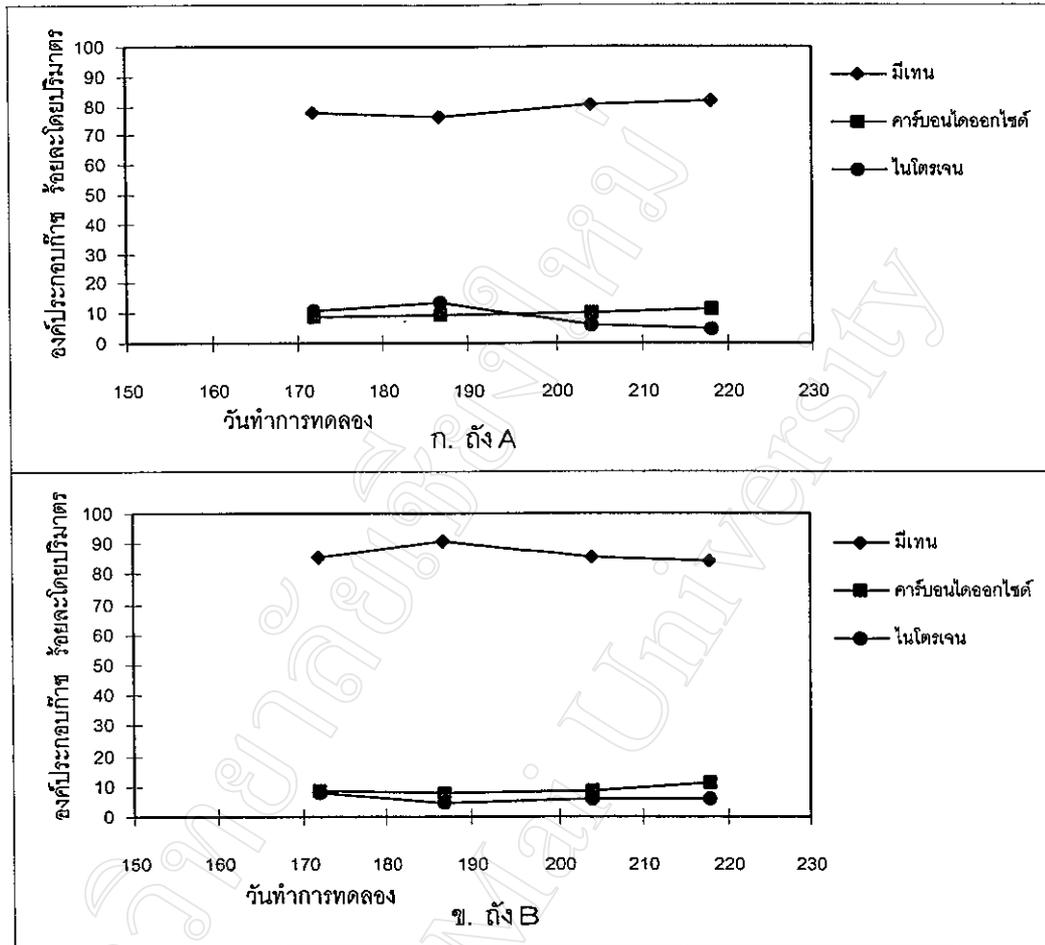
4.3.7 การเกิดก๊าซชีวภาพ

รูปที่ 4.41 แสดงค่าปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดตลอดการทดลองที่ 2 ที่สภาวะคงที่ ดัง A และ B มีปริมาณเฉลี่ยของก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นที่ถึงเก็บก๊าซเท่ากับ 2.6 และ 4.2 ล./วัน โดยดัง B จะเกิดก๊าซชีวภาพสูงกว่าดัง A ตลอดการทดลอง ในช่วงแรกของการทดลองที่ 2 ก๊าซชีวภาพที่เกิดสามารถรวบรวมได้ถึงประมาณ 7.0 ล./วัน ของทั้งสองดัง ซึ่งแสดงว่าน้ำเสียในช่วงแรกนี้มีสารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายและมีสารยับยั้งเชื้อปนน้อยกว่าของน้ำเสียที่ป้อนแก่ระบบที่ช่วงสภาวะคงที่ การที่มีสารย่อยสลายยากและสารยับยั้งสูงจะทำให้เกิดการจำกัดการย่อยสลายอาหารที่ขั้นตอนไฮโดรไลซิสและการสร้างกรด มีผลทำให้แบคทีเรียอะซิโตเจนิกและแบคทีเรียสร้างมีเทนขาดอาหาร การสร้างมีเทนจึงมีปริมาณลดลง ตารางที่ ค-9 แสดงค่าปริมาณก๊าซชีวภาพตลอดการทดลองที่ 2



รูปที่ 4.41 ค่าปริมาณก๊าซชีวภาพ การทดลองที่ 2

ตารางที่ ค-10 และรูปที่ 4.42 แสดงสัดส่วนก๊าซมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์และไนโตรเจนในก๊าซชีวภาพของการทดลองที่ 2 ที่ช่วงสภาวะคงที่ สัดส่วนก๊าซมีเทนที่ถึงเก็บก๊าซของดัง A และ B มีค่าเท่ากับร้อยละ 81.9 และ 84.3 ตามลำดับ คิดเป็นอัตราการผลิตก๊าซมีเทนที่ถึงเก็บก๊าซของดัง A และ B ที่สภาวะคงที่และที่อุณหภูมิกับความดันมาตรฐานมีค่า 0.29 และ 0.22 ล./(กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด.วัน) โดยตลอดการทดลองที่ 2 การเกิดก๊าซมีเทนของดัง A และ B อยู่ในช่วงร้อยละ 76.1 - 81.9 และ 84.3 - 91.1 โดยปริมาตร การเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของดัง A และ B อยู่ในช่วงร้อยละ 8.9 - 11.6 และ 8.1 - 11.2 โดยปริมาตรตามลำดับ



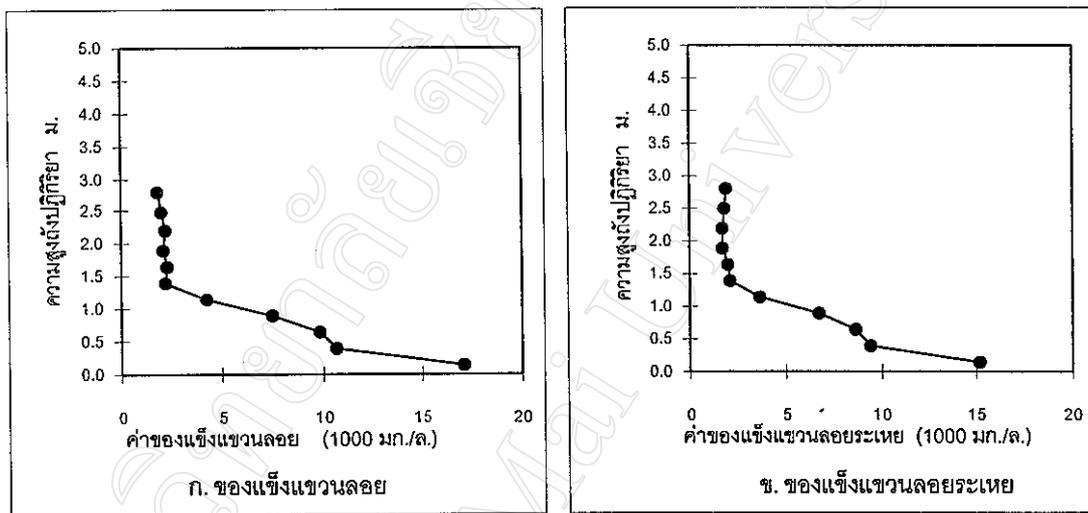
รูปที่ 4.42 องค์ประกอบในก๊าซชีวภาพ การทดลองที่ 2

4.3.8 การแปรผันของความเข้มข้นตามความสูงของถังปฏิกริยา การทดลองที่ 2 เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 2 ที่สภาวะคงที่ ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ 1 ครั้งจากจุดเก็บตัวอย่างที่ตำแหน่งความสูงต่างๆ ของถังปฏิกริยา A และ B รวม 11 จุดของแต่ละถัง เพื่อทำการวิเคราะห์การแปรผันตามความสูงของถังปฏิกริยา ของค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหย ค่าความเข้มข้นซีไอดีและซีไอดีกรอง ค่าความเข้มข้นซีปรากฎและซีจีริง

4.3.8.1 ค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหย

รูปที่ 4.43 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยของถัง A ตามความสูงถังปฏิกริยาที่สภาวะคงที่ของการทดลองที่ 2 ค่าของแข็งแขวนลอยระเหยซึ่งเป็นค่าแสดงถึงปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ ทำให้ทราบว่าความสูงของชั้นตะกอนล่างถัง A สูงเท่ากับ 0.90 ม. การที่ชั้นตะกอนล่างมีการขยายตัวสูงขึ้น เกิดจากค่าอัตราการระบรทุกสารอินทรีย์ที่ต่ำเกิน

ไปจะมีความเร็วไหลขึ้นของน้ำต่ำและเกิดก๊าซชีวภาพน้อยจนทำให้มีความปั่นป่วนภายในชั้นตะกอนล่างไม่เพียงพอ จึงเกิดการเก็บกักก๊าซไว้ภายในชั้นตะกอนและทำให้ชั้นตะกอนเกิดการขยายตัวขึ้น และที่อัตราภาวะบรรทุกลสารอินทรีย์ที่สูงขึ้น ความสูงชั้นตะกอนล่างจะลดลง (Lettinga *et al*, 1980) ค่าของแข็งแขวนลอยระเหยเฉลี่ยของชั้นตะกอนล่างมีค่า 9,480 มก./ล. ที่ความสูงเหนือจากชั้นตะกอนล่าง ค่าของแข็งแขวนลอยระเหยของถัง A มีค่าลดลงทันทีที่ความสูงถัดไปและมีค่าใกล้เคียงกันไปตลอด ซึ่งแสดงถึงชั้นตะกอนลอยที่เมื่อดตะกอนถูกพาสูงขึ้นไปด้วยก๊าซชีวภาพ

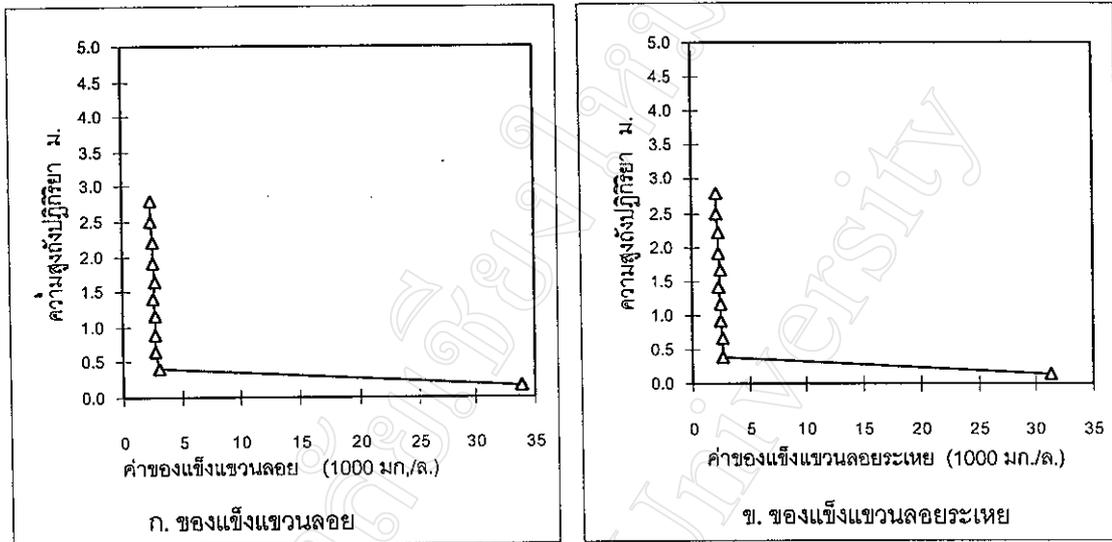


รูปที่ 4.43 ของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยตามความสูงถึง A ที่สภาวะคงที่ การทดลองที่ 2

เมื่อพิจารณาค่าของแข็งแขวนลอยระเหยเฉลี่ยของชั้นตะกอนล่างของทั้งสองถังของการทดลองที่ 2 เปรียบเทียบกับค่าจากการทดลองที่ 1 ซึ่งการทดลองที่ 2 มีค่าอัตราภาวะบรรทุกลสารอินทรีย์น้อยกว่า พบว่าถึงแม้ระบบยูเอเอสบีจะมีกระบวนการเก็บกักและสะสมตะกอนจุลินทรีย์ไว้ได้ภายในถังจากการทำงานของอุปกรณ์จีเอสเอส แต่ระบบก็มีการปรับปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ให้เหมาะสมกับปริมาณสารอินทรีย์ที่เข้าถังด้วย โดยการชะล้างจุลินทรีย์บางส่วนออกไปกับน้ำออก จึงทำให้ที่สภาวะคงที่ ระบบจึงมีค่าของแข็งแขวนลอยระเหยภายในถังน้อยกว่าการทดลองที่ 1

รูปที่ 4.44 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยของถัง B ตามความสูงถึงปฏิกิริยา ค่าของแข็งแขวนลอยระเหยแสดงค่าของชั้นตะกอนล่างเท่ากับ 0.40 ม. และมีค่าของแข็งแขวนลอยระเหยเฉลี่ยของชั้นตะกอนล่างเท่ากับ 13,460 มก./ล. ที่ความสูงเหนือชั้นตะกอนล่างขึ้นไป ค่าของแข็งแขวนลอยมีค่าลดลงทันทีและมีค่าใกล้เคียงกันตลอดความสูงที่

เหลือ ตารางที่ ค-12 และ ค-13 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยตามความสูงของถัง A และ B ที่สภาวะคงที่การทดลองที่ 2 ตามลำดับ

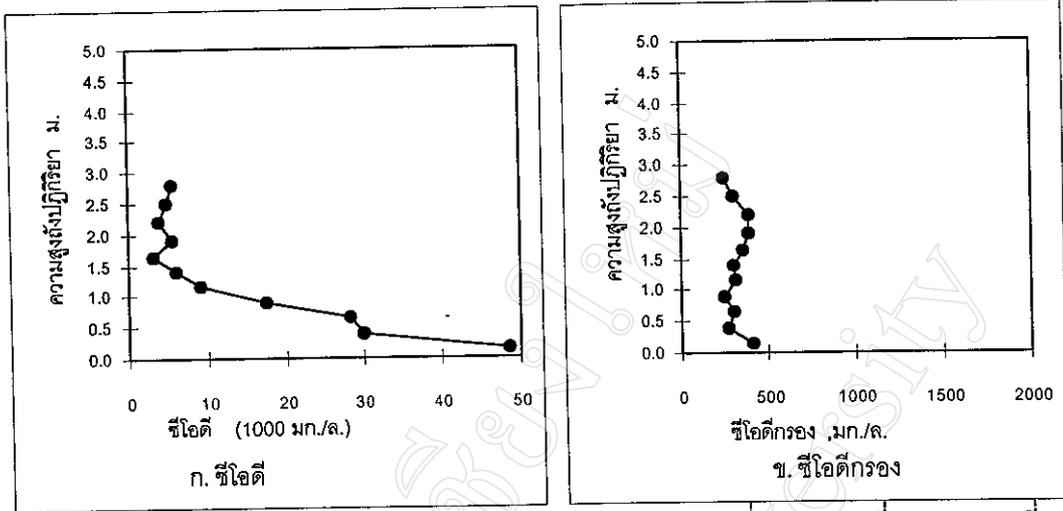


รูปที่ 4.44 ของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยตามความสูงถัง B ที่สภาวะคงที่ การทดลองที่ 2

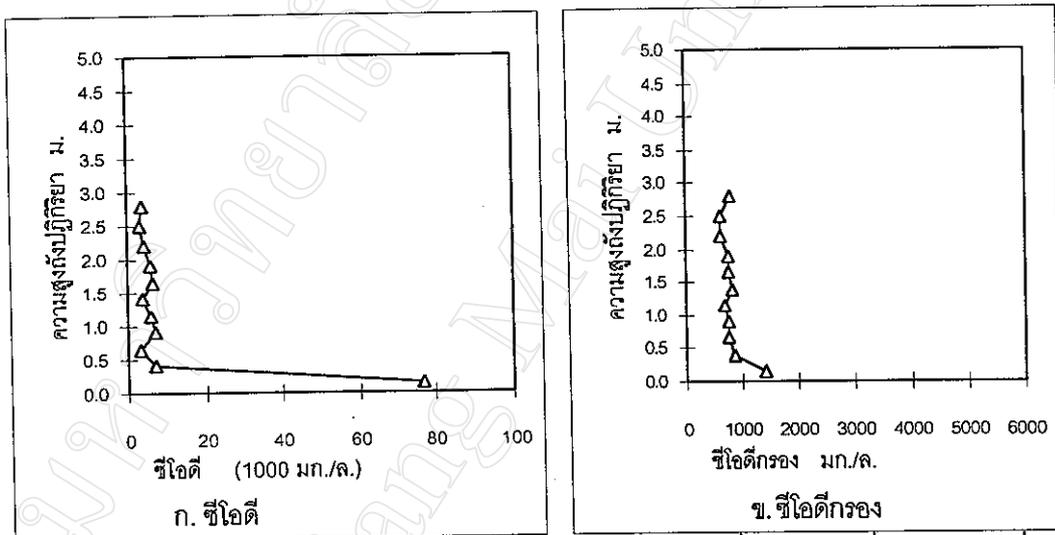
4.3.8.2 ค่าซีไอดีและซีไอดีกรอง

รูปที่ 4.45 แสดงค่าซีไอดีและซีไอดีกรองตามความสูงของถังปฏิริยา A ที่สภาวะคงที่ของการทดลองที่ 2 พบว่าค่าซีไอดีแสดงถึงตำแหน่งของชั้นตะกอนล่างที่ความสูง 0.90 ม. สอดคล้องกับการพิจารณาความสูงชั้นตะกอนล่างจากค่าของแข็งแขวนลอยระเหย ชั้นตะกอนล่างมีค่าซีไอดีสูงสุดเท่ากับ 48,460 มก./ล. แล้วค่าซีไอดีลดลงอย่างรวดเร็วที่จุดเก็บตัวอย่างน้ำสูงถัดขึ้นไปและมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงมากนักตามความสูงของถังปฏิริยา

รูปที่ 4.46 แสดงค่าซีไอดีและซีไอดีกรองตามความสูงของถังปฏิริยา B ที่สภาวะคงที่ของการทดลองที่ 2 พบว่ามีชั้นตะกอนล่างสูง 0.40 ม. มีค่าซีไอดีสูงสุดเท่ากับ 76,660 มก./ล. ค่าซีไอดีกรองเท่ากับ 1,417 มก./ล. ค่าซีไอดีกรองลดลงอย่างรวดเร็วที่ความสูง 0.40 ม. ซึ่งแสดงถึงลักษณะทางชลศาสตร์แบบกวนสมบูรณ์ที่ชั้นตะกอนล่าง ตารางที่ ค-12 และ ค-13 แสดงค่าซีไอดีและซีไอดีกรองตามความสูงถังปฏิริยา A และ B ที่สภาวะคงที่ของการทดลองที่ 2 ตามลำดับ



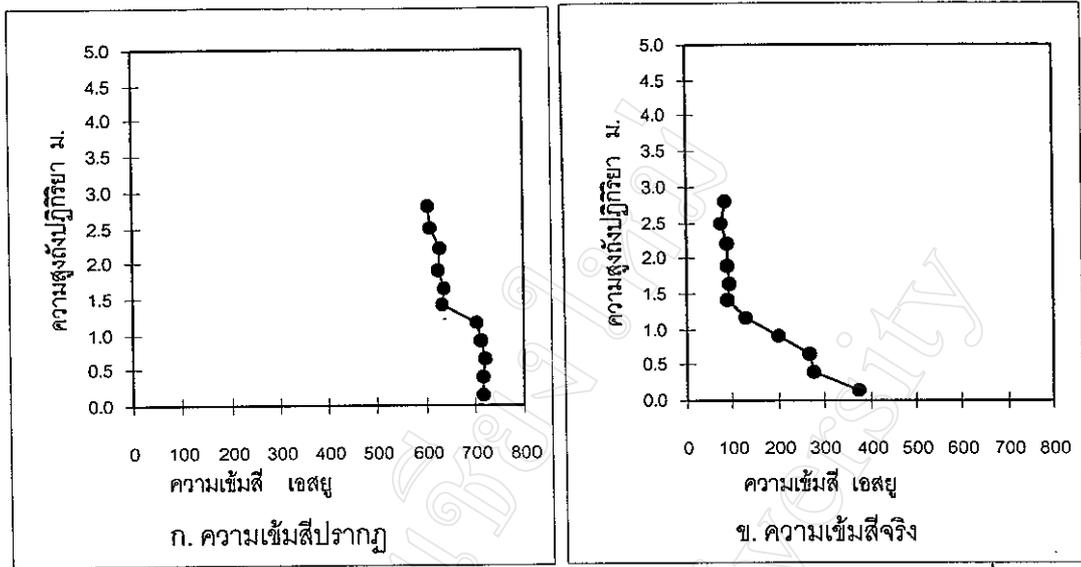
รูปที่ 4.45 ค่าซีไอดีและซีไอดีกรองตามความสูงถึง A ที่สภาวะคงที่การทดลองที่ 2



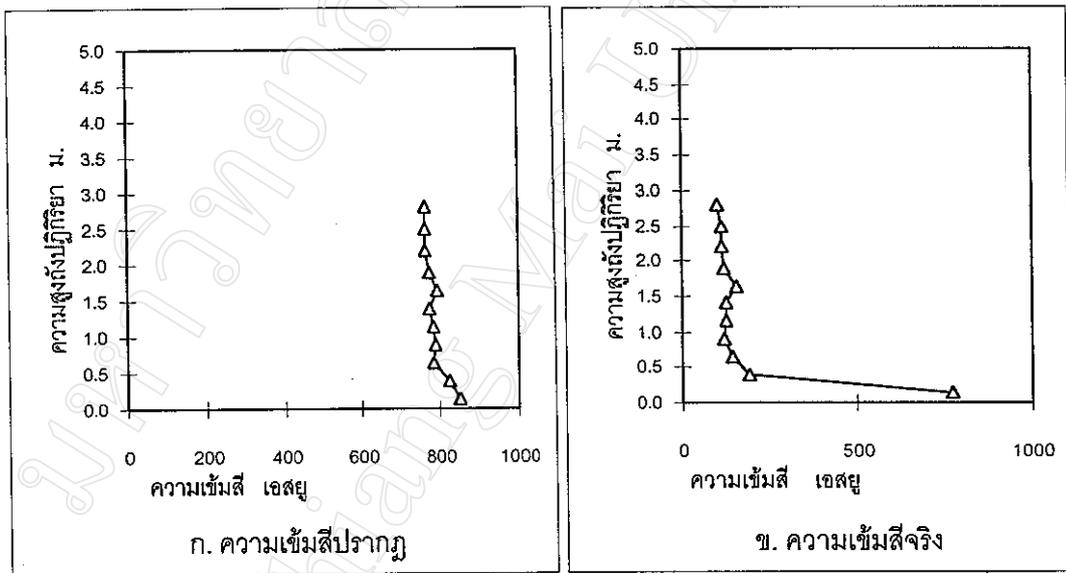
รูปที่ 4.46 ค่าซีไอดีและซีไอดีกรองตามความสูงถึง B ที่สภาวะคงที่การทดลองที่ 2

4.3.8.3 ความเข้มข้นปรากฏและสีจริง

รูปที่ 4.47 และ 4.48 แสดงค่าความเข้มข้นปรากฏและสีจริงตามความสูงถึงปฏิกิริยา A และ B ที่สภาวะคงที่ของการทดลองที่ 2 จากรูปทั้งสองจะพบว่ามีการกักสะสมสีที่ยอมที่ยังแตกพันธะโมเลกุลของสียังไม่สมบูรณ์ไว้ในชั้นตะกอนล่าง และที่สูงขึ้นไปจากชั้นตะกอนล่าง มีการกระจายสารแขวนลอยและสีค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดความสูงที่เหลือ ตารางที่ ค-12 และ ค-13 แสดงค่าสีปรากฏและสีจริงตามความสูงของถัง A และ B ที่สภาวะคงที่ของการทดลองที่ 2



รูปที่ 4.47 ค่าความขุ่นสีปรากฏและสีจริงตามความสูงถัง A การทดลองที่ 2



รูปที่ 4.48 ค่าความขุ่นสีปรากฏและสีจริงตามความสูงถัง B การทดลองที่ 2

4.4 การทดลองระยะที่ 3

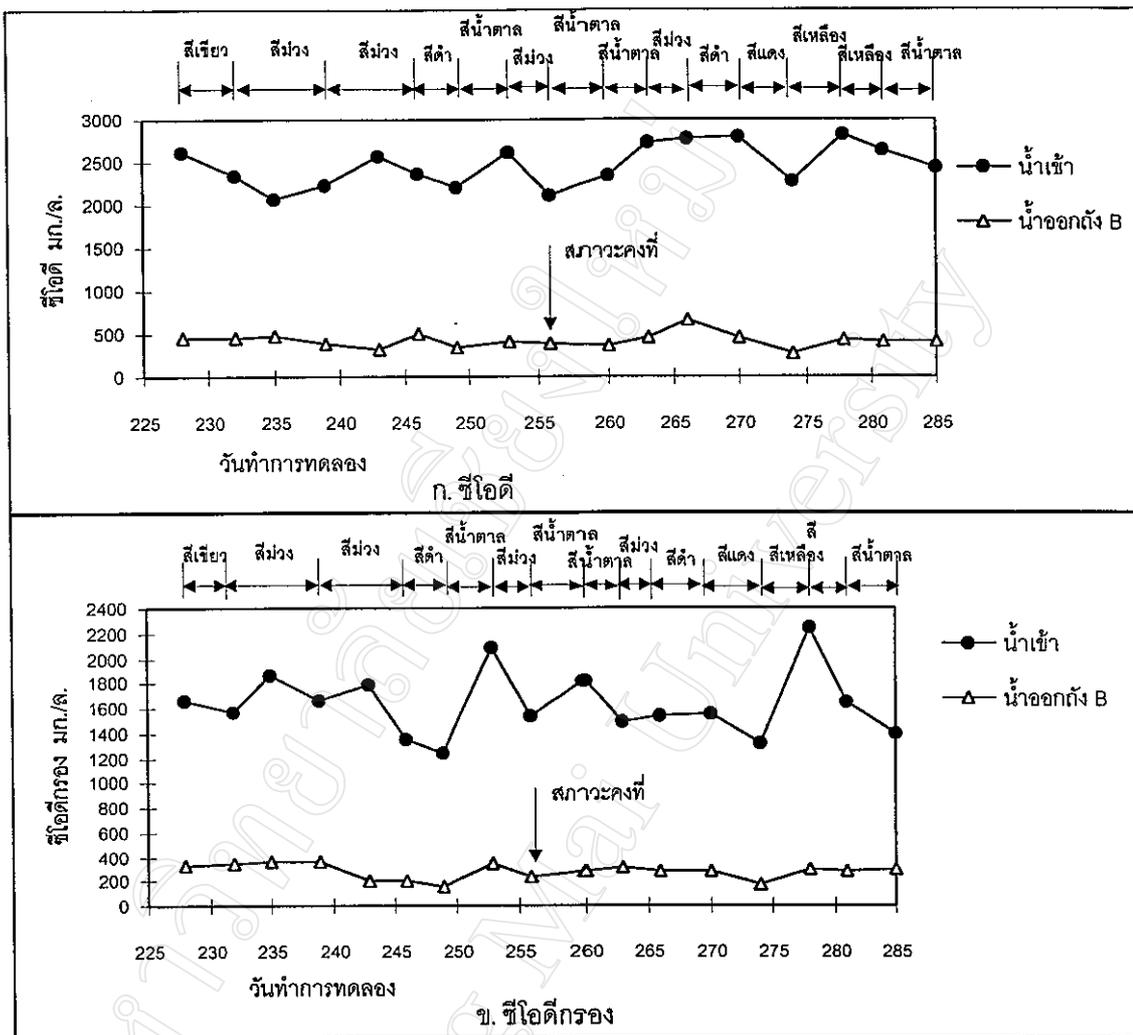
การทดลองระยะที่ 3 เป็นการศึกษามวลของความถี่ในการป้อนน้ำเสียแก่ถัง B ในสภาพจำลองการเกิดน้ำเสียจริงในโรงงาน น้ำเสียถูกป้อนที่อัตราการบรรทุกสารอินทรีย์ที่ 1.01 กก.ซีโอดี/(ม³.วัน) ซึ่งเป็นค่าใกล้เคียงกับของถัง B ในการทดลองที่ 2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.04 กก.ซีโอดี/(ม³.วัน) โดยไม่จำกัดชนิดสีย้อมและชนิดพันธุ์ใหม่รวมทั้งโทนสีและความขุ่นสีที่แก่หรืออ่อน น้ำเสียถูกเจือจางให้มีความเข้มข้นประมาณ 2,500 มก./ล. การเปลี่ยนน้ำเสียจะทำการเปลี่ยน

สัปดาห์ละสองครั้งซึ่งใกล้เคียงกับความถี่ที่โรงงานผลิตน้ำเสียออกมา การทดลองเริ่มวันที่ 226 ถึงวันที่ 285 ของการทดลอง รวมเป็นเวลา 60 วันโดยเริ่มจากวันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2542 ถึงวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2542 ซึ่งเป็นช่วงกลางฤดูร้อนและไปสิ้นสุดในช่วงต้นฤดูฝน ระบบใช้เวลา 31 วันจึงเข้าสู่สภาวะคงที่ ในช่วงของการทดลองระยะที่ 3 นี้ ทางโรงงานได้ผลิตน้ำเสียด้อยอมชนิดสีแสดเพียงชนิดเดียว ดังนั้นจึงไม่มีโอกาสได้ทำการศึกษากับน้ำเสียด้อยอมชนิดอื่น และในส่วนของชนิดพันธุ์ใหม่นั้นโรงงานผลิตน้ำเสียจากการฟอกพันธุ์ใหม่พื้นเมืองเพียงครั้งเดียวเท่านั้นและได้ทำการป้อนแก่ระบบในระหว่างวันที่ 271 - 275 ของการทดลอง นอกนั้นเป็นชนิดใหม่พันธุ์ผสมทั้งหมด ในการทดลองที่ 3 มีการเปลี่ยนน้ำเสียจำนวน 14 ครั้ง แบ่งได้เป็น 6 โทนสีคือ เขียว ม่วง ดำ น้ำตาลแดง และเหลือง

จากการเปลี่ยนน้ำเสียที่ป้อนแก่ระบบโดยเฉลี่ยสองครั้งต่อสัปดาห์เพื่อศึกษาสภาพจำลองที่เกิดน้ำเสียจริงจากโรงงานนั้น มีผลทำให้ประสิทธิภาพของระบบลดลงบ้างเนื่องจากต้องมีการปรับตัวของจุลินทรีย์ในระบบทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนน้ำเสีย ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของน้ำออกส่วนใหญ่มีค่าค่อนข้างคงที่ ไม่แตกต่างกันมากตลอดการทดลอง

4.4.1 ซีโอดี ซีโอดีกรองและประสิทธิภาพการบำบัด

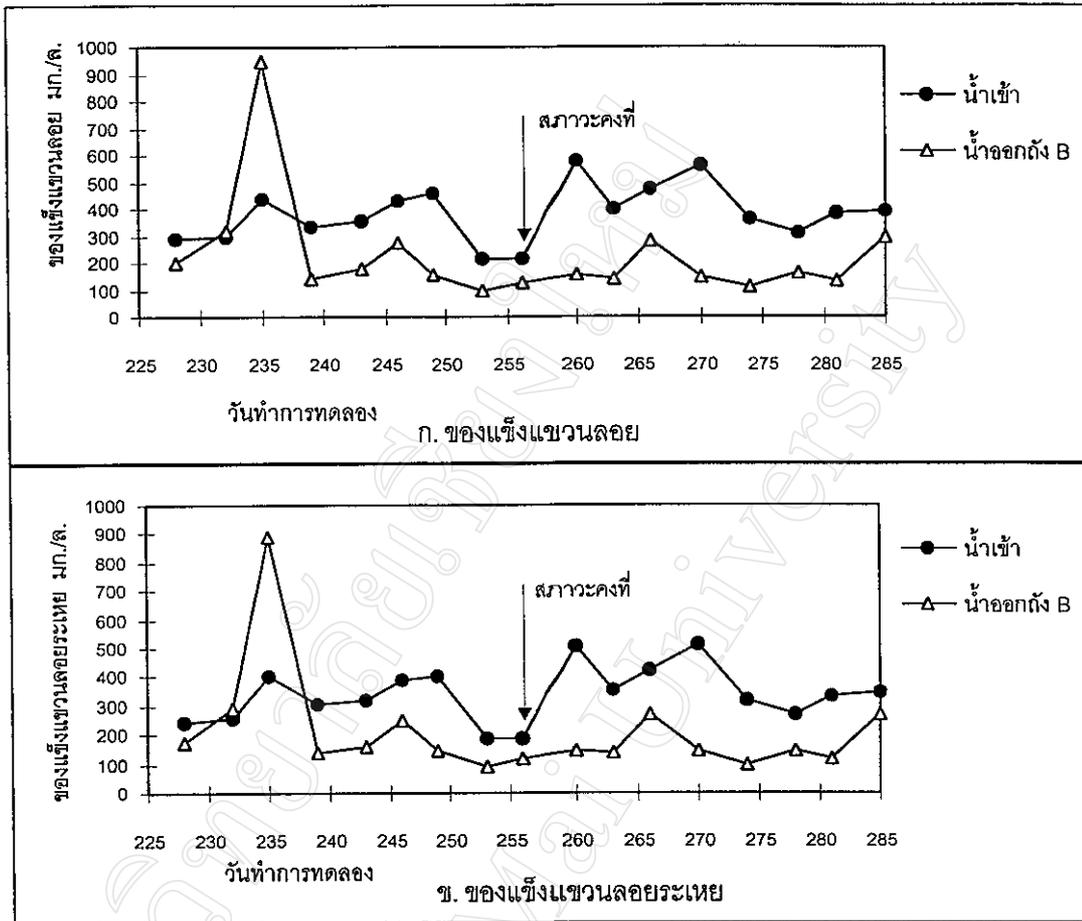
ค่าซีโอดีเฉลี่ยที่สภาวะคงที่ของการทดลองที่ 3 ของน้ำเข้าและของน้ำออกถัง B มีค่า 2545.6 และ 426.5 มก./ล.ตามลำดับ มีค่าประสิทธิภาพบำบัดซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 83.2 ค่าซีโอดีกรองเฉลี่ยที่สภาวะคงที่ของน้ำเข้าและของน้ำออกถัง B มีค่า 1614.7 และ 273.3 มก./ล. ตามลำดับ มีค่าประสิทธิภาพกำจัดซีโอดีกรองเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 83.1 จากรูปที่ 4.49 ซึ่งแสดงค่าซีโอดีและซีโอดีกรองตลอดการทดลองที่ 3 จะเห็นว่าค่าซีโอดีและซีโอดีกรองของน้ำออกมีค่าแปรผันไม่มาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพน้ำเสียที่เปลี่ยนแปลงตามที่เกิดจริงจากโรงงานได้ นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่าชนิดโทนสีด้อยอมและความเข้มข้นของสีที่แก่หรืออ่อน รวมถึงชนิดพันธุ์ใหม่ ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีและซีโอดีกรอง ตารางที่ ง-1 แสดงค่าซีโอดีและซีโอดีกรองตลอดการทดลองที่ 3



รูปที่ 4.49 ค่าซีไอดีและซีไอดีกรอง การทดลองที่ 3

4.4.2 ของแข็งแขวนลอย ของแข็งแขวนลอยระเหยและประสิทธิภาพการบำบัด

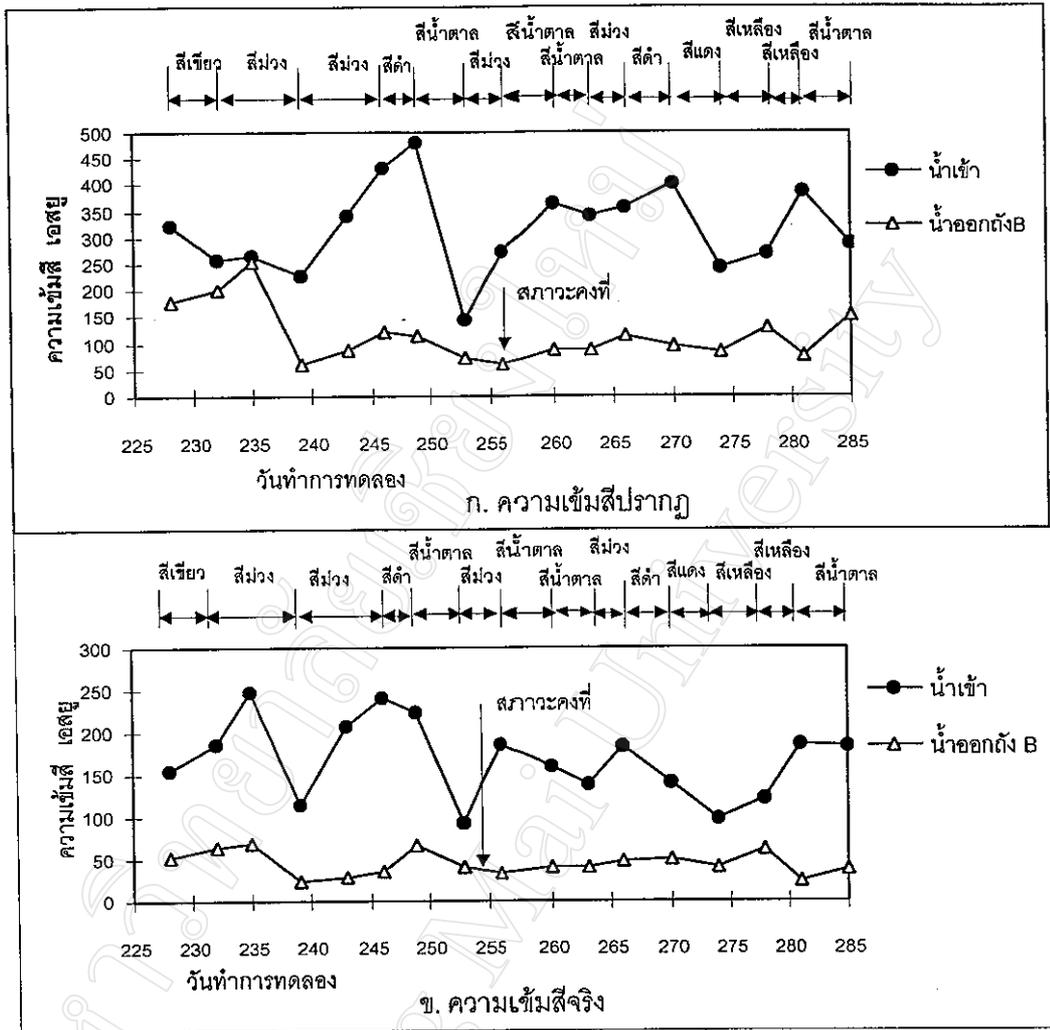
ค่าเฉลี่ยที่สภาวะคงที่การทดลองที่ 3 ของค่าของแข็งแขวนลอยน้ำเข้าและน้ำออก มีค่า 409.1 และ 173.0 มก./ล. ตามลำดับ ค่าประสิทธิภาพกำจัดของแข็งแขวนลอยมีค่าร้อยละ 57.7 ค่าเฉลี่ยของแข็งแขวนลอยระเหยของน้ำเข้าและน้ำออกที่สภาวะคงที่มีค่า 363.1 และ 160.4 มก./ล. ตามลำดับ ค่าประสิทธิภาพกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหยมีค่าร้อยละ 55.8 รูปที่ 4.49 และตารางที่ ง-2 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยตลอดการทดลองที่ 3 ในการทดลองมีค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยของน้ำออกสูงกว่าของน้ำเข้า เพียงครั้งเดียวคือในวันที่ 235 ของการทดลอง ซึ่งเกิดจากการปรับตัวของจุลินทรีย์ให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงน้ำเสียที่ป้อนแก่ระบบที่มีความถี่มากขึ้น



รูปที่ 4.50 ค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหย การทดลองที่ 3

4.4.3 ความเข้มข้นปรากฏ ความเข้มข้นจริงและประสิทธิภาพการบำบัด

ค่าความเข้มข้นปรากฏเฉลี่ยที่สภาวะคงที่ของการทดลองที่ 3 ของน้ำเข้าและน้ำออกมีค่า 323.8 และ 97.6 หน่วยเอสยูตามลำดับ ค่าประสิทธิภาพกำจัดปรากฏเฉลี่ยมีค่าร้อยละ 69.8 ค่าความเข้มข้นจริงเฉลี่ยที่สภาวะคงที่ของน้ำเข้าและน้ำออกมีค่า 154.4 และ 41.6 หน่วยเอสยูตามลำดับ ค่าประสิทธิภาพกำจัดจริงเฉลี่ยมีค่าร้อยละ 73.0 รูปที่ 4.51 แสดงค่าความเข้มข้นปรากฏและสิ่งจริงตลอดการทดลองที่ 3 น้ำในถังเก็บน้ำออกส่วนใหญ่ปรากฏเป็นสีของแม่น้ำจากการมองด้วยสายตาเช่นเดียวกันกับการทดลองที่ 1 และ 2 ยกเว้นในวันที่ 246 และ 266 ของการทดลองซึ่งน้ำเสียเข้าเป็นสีขมสีดำเข้ม พบว่าระบบไม่สามารถกำจัดสีได้มาก น้ำในถังน้ำออกสามารถมองเห็นสีดำจางได้ชัดเจน ซึ่งคาดว่าเกิดจากคุณสมบัติของสีขมสีดำในการต่อต้านการลดสีของระบบไร้อากาศ หรืออาจจะมาจากการใช้สีขมสีดำเป็นปริมาณมากเพื่อให้สีมีความเข้มข้นสูงก็ได้ การคายสีได้ออกมานี้ใช้เวลาประมาณ 10 วันในแต่ละครั้งจึงจะเริ่มมองไม่เห็นสีดำจางในถังเก็บน้ำออก



รูปที่ 4.51 ความชื้นสีปรากฏและสีจริง การทดลองที่ 3

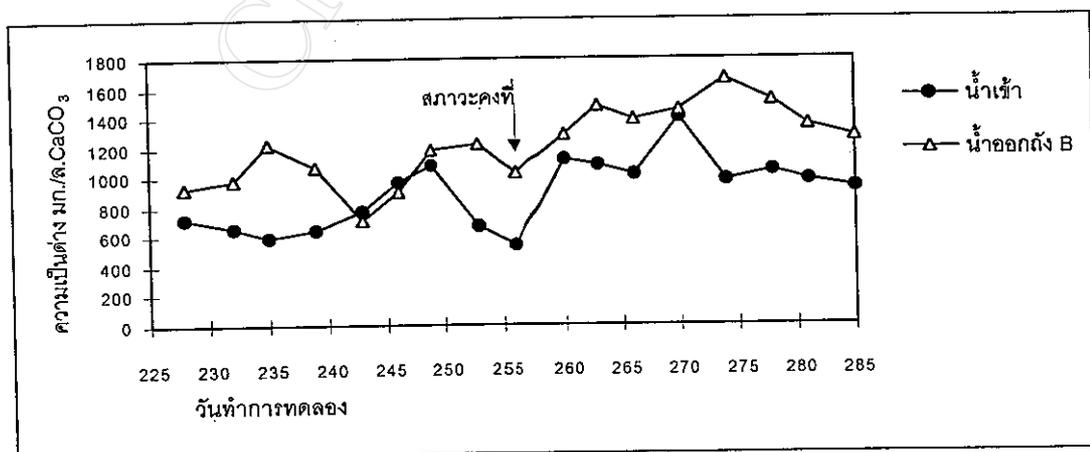
ตารางที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์และสีระหว่างการทดลองที่ 2 และ 3 ของถัง B ซึ่งมีค่าอัตราการระบรทุกสารอินทรีย์ใกล้เคียงกัน ค่าประสิทธิภาพจากตารางแสดงให้เห็นว่าระบบยูเอเอลบีสามารถบำบัดน้ำเสียจากการฟอกและย้อมไหมได้ถึงแม้ว่าจะมีการป้อนน้ำเสียแก่ระบบในสภาพเสียนแบบการเกิดน้ำเสียจริงในโรงงาน โดยที่ประสิทธิภาพการบำบัดซีไอดีและซีไอดีกรอมมีค่าลดลงร้อยละ 2.5 และ 1.9 ตามลำดับ ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยลดลงประมาณร้อยละ 14.6 และ 17.8 ตามลำดับ ประสิทธิภาพการบำบัดสีปรากฏลดลงร้อยละ 1.4 แต่ประสิทธิภาพการบำบัดสีจริงมีค่าสูงขึ้นประมาณร้อยละ 1

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์และสีระหว่างการทดลองที่ 2 และ 3 ของถัง B

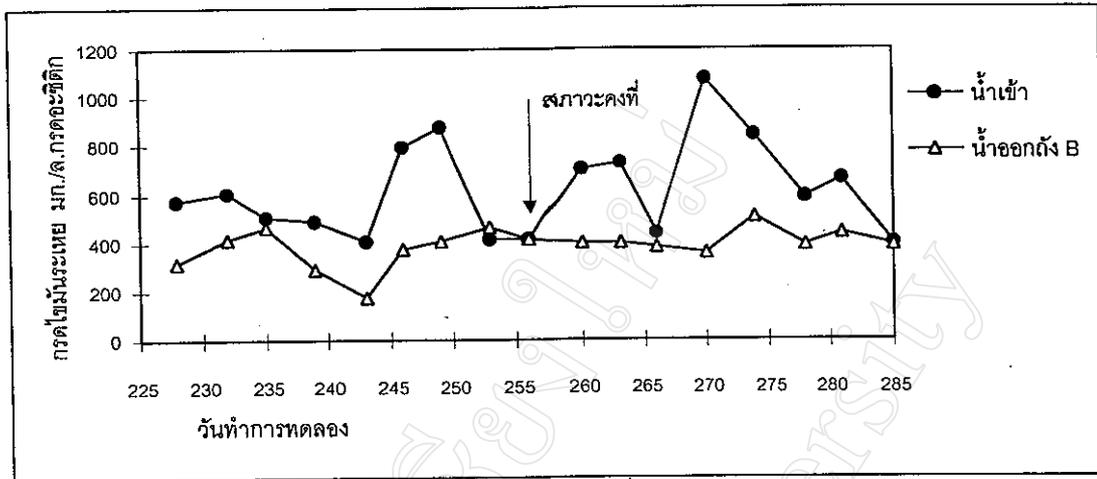
การทดลองถึง B	อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ กก.ซีไอดี/(ม ³ .วัน)	ประสิทธิภาพการบำบัด ร้อยละ					
		ซีไอดี	ซีไอดีกรอง	ของแข็งแขวนลอย	ของแข็งแขวนลอยระเหย	สีปรากฏ	สีจริง
2	1.04	85.3	84.7	67.6	67.9	70.8	72.4
3	1.01	83.2	83.1	57.7	55.8	69.8	73.0

4.4.4 ความเป็นต่างรวม กรดไขมันระเหยและพีเอช

ค่าความเป็นต่างรวมของน้ำเข้ามีค่าแปรผันในช่วงที่กว้างแปรเปลี่ยนไปตามการเปลี่ยนน้ำเสียที่ป้อนแก่ระบบที่บ่อยขึ้น ค่าความเป็นต่างรวมของน้ำออกมีค่าสูงกว่าของน้ำเข้าตลอดการทดลองที่ 3 ยกเว้นในวันที่ 243 และ 246 ของการทดลองที่ค่าความเป็นต่างรวมของน้ำออกมีค่าต่ำกว่าของน้ำเข้าซึ่งแสดงถึงช่วงของการปรับตัวของระบบ ค่าความเป็นต่างรวมเฉลี่ยที่สถานะคงที่ของน้ำเข้าและน้ำออกมีค่า 1006.9 และ 1383.3 มก./ล.(แคลเซียมคาร์บอเนต) ตามลำดับ ค่ากรดไขมันระเหยของน้ำออกมีค่าต่ำกว่าของน้ำเข้าตลอดการทดลองที่ 3 จากการใช้กรดอินทรีย์ของแบคทีเรียสร้างมีเทน ยกเว้นในวันที่ 253 ของการทดลองที่ค่ากรดไขมันระเหยของน้ำออกมีค่าสูงกว่าของน้ำเข้า ค่ากรดไขมันระเหยเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกที่สถานะคงที่มีค่า 649.4 และ 408.5 มก./ล.(กรดอะซิติก) ตามลำดับ ที่สถานะคงที่ ระบบมีอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อความเป็นต่างเท่ากับ 0.29 แสดงว่ามีบีฟเฟอร์สูง ระบบมีการทำงานสมบูรณ์ รูปที่ 4.52 4.53 และตารางที่ 4-4 แสดงค่าความเป็นต่างรวมและค่ากรดไขมันระเหยตลอดการทดลองที่ 3 ตามลำดับ

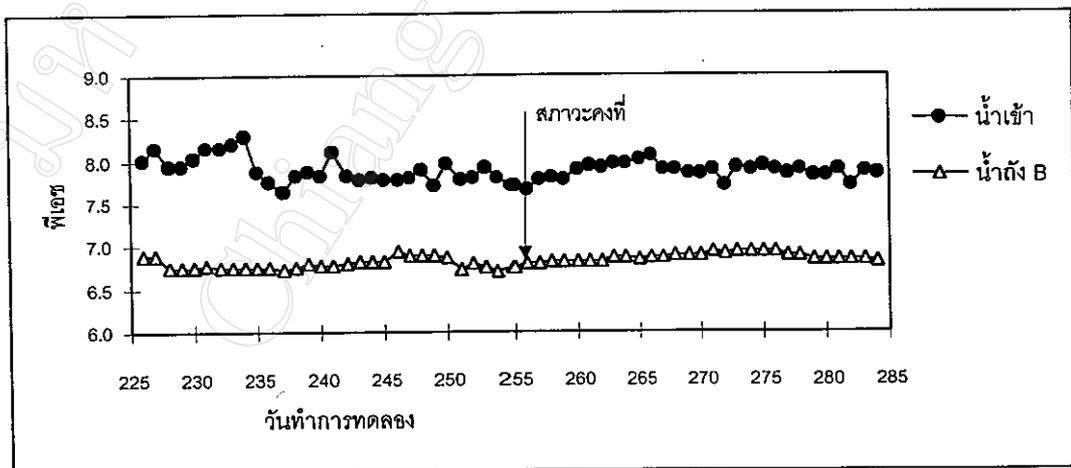


รูปที่ 4.52 ค่าความเป็นต่างรวม การทดลองที่ 3



รูปที่ 4.53 ค่ากรวดไขมันระเหย การทดลองที่ 3

ในการทดลองระยะที่ 3 ค่าพีเอสน้ำเข้าอยู่ในช่วง 7.63 - 8.29 ค่าเฉลี่ยที่สภาวะคงที่มีค่าเท่ากับ 7.87 ค่าพีเอสน้ำออกอยู่ในช่วง 7.71 - 6.94 ค่าเฉลี่ยที่สภาวะคงที่มีค่าเท่ากับ 6.86 ค่าพีเอสของน้ำออกมีค่าค่อนข้างคงที่และอยู่ในช่วงที่ไม่จำเป็นต้องเติมสารเพื่อปรับพีเอสแต่อย่างใด ซึ่งแสดงถึงการทำงานของแบคทีเรียสร้างกรดและแบคทีเรียสร้างมีเทนที่สามารถปรับตัวได้และมีการทำงานอย่างสมบูรณ์และมีปฏิสัมพันธ์กันเป็นอย่างดี รูปที่ 4.54 และตารางที่ ง-5 แสดงค่าพีเอสตลอดการทดลองที่ 3



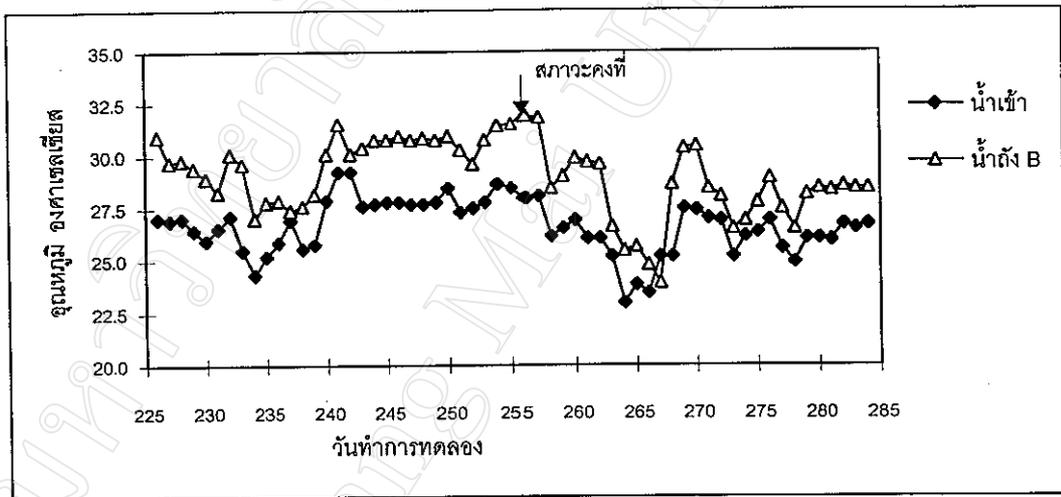
รูปที่ 4.54 ค่าพีเอส การทดลองที่ 3

4.4.5 อุณหภูมิ ไออาร์พีและสภาพการนำไฟฟ้า

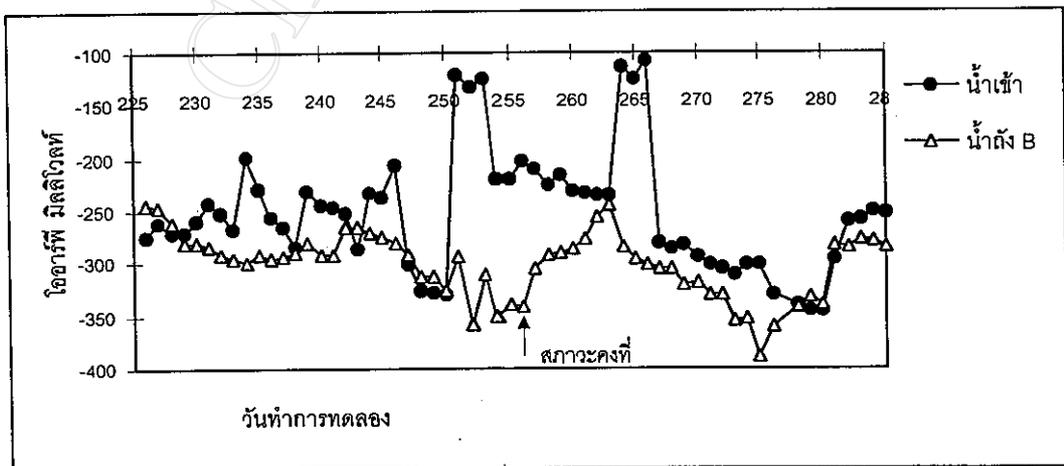
ตามรูปที่ 4.55 และตารางที่ ง-6 ซึ่งแสดงค่าอุณหภูมิตลอดการทดลองที่ 3 ค่าอุณหภูมิน้ำเข้าอยู่ในช่วง 23.0 - 29.2 องศาเซลเซียส ค่าอุณหภูมิน้ำออกอยู่ในช่วง 23.9 - 31.9

องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่สภาวะคงที่ของน้ำเข้าและน้ำออกมีค่าเท่ากับ 26.1 และ 28.2 ตามลำดับ การทดลองระยะนี้อยู่ในช่วงต่อของฤดูร้อนและต้นฤดูฝนซึ่งเป็นช่วงเวลาที่อากาศมีอุณหภูมิเหมาะสมในการทำงานของจุลินทรีย์ในระบบไร้อากาศ

รูปที่ 4.56 และตารางที่ ง-7 แสดงค่าไออาร์พีที่ตลอดการทดลองที่ 3 ค่าไออาร์พีของน้ำเข้าในการทดลองที่ 3 อยู่ในช่วง -103 ถึง -345 มิลลิโวลท์และค่าไออาร์พีของน้ำออกอยู่ในช่วง -245 ถึง -388 มิลลิโวลท์ ค่าไออาร์พีเฉลี่ยของน้ำเข้าและในถังที่สภาวะคงที่มีค่าเท่ากับ -257 และ -309 ตามลำดับ ค่าไออาร์พีของน้ำในถังอยู่ในช่วงที่แสดงว่าภายในระบบมีสภาพออกซิเดชันและรีดักชันที่เหมาะสมกับการย่อยสลายสารอาหารของจุลินทรีย์ในสภาพไร้อากาศ ถึงแม้ว่าค่าไออาร์พีของน้ำในถังจะมีค่าแปรผันและไม่คงที่ก็ตาม

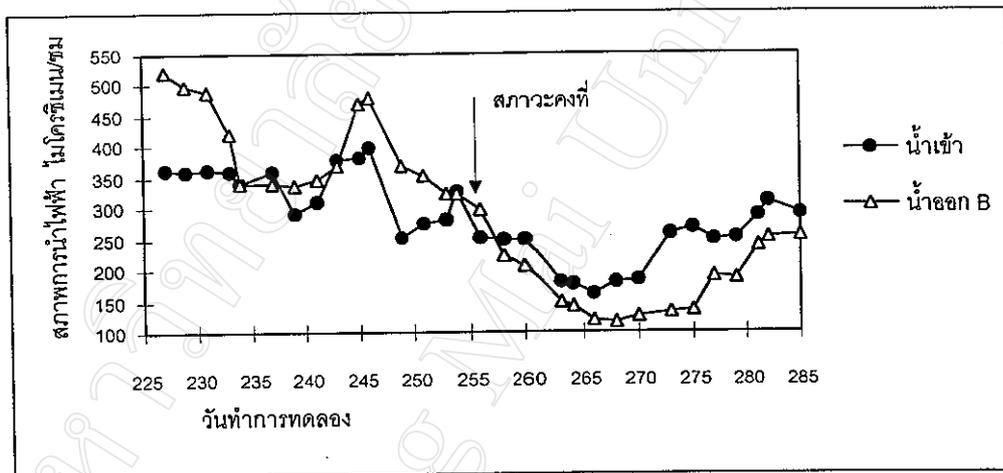


รูปที่ 4.55 ค่าอุณหภูมิ การทดลองที่ 3



รูปที่ 4.56 ค่าไออาร์พี การทดลองที่ 3

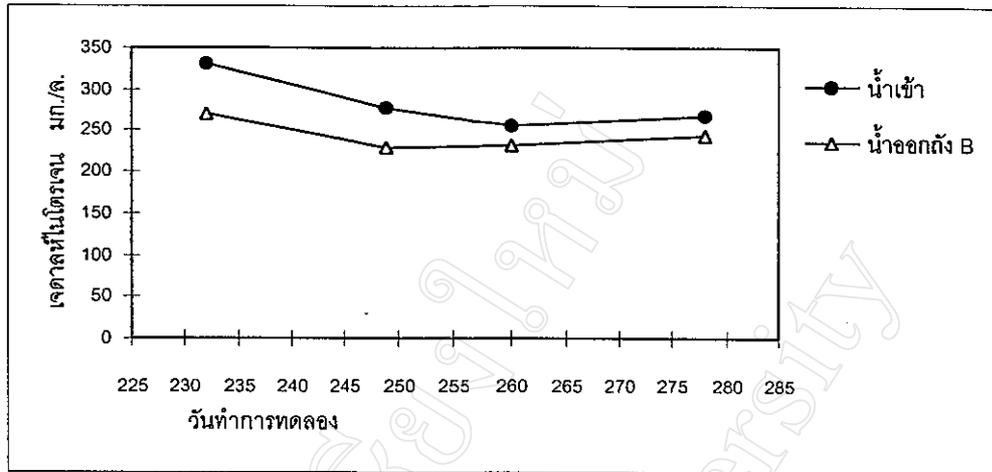
รูปที่ 4.57 และตารางที่ ง-8 แสดงค่าสภาพการนำไฟฟ้าตลอดการทดลองที่ 3 ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำเข้ามีค่าอยู่ในช่วง 162 - 398 ไมโครซีเมน/ซม. ของน้ำออกอยู่ในช่วง 116 - 520 ไมโครซีเมน/ซม. ค่าเฉลี่ยที่สภาวะคงที่ของน้ำเข้าและของในถังปฏิกริยามีค่าเท่ากับ 237.1 และ 184.9 ไมโครซีเมน/ซม. ตามลำดับ ในช่วงเดือนแรกของการทดลองค่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำออกส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่าน้ำเข้าเช่นเดียวกันกับการทดลองที่ 1 และ 2 แต่หลังจากนั้นจนหมดการทดลองที่ 3 ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำออกมีค่าต่ำกว่าของน้ำเข้าทุกค่า ซึ่งเกิดจากการปรับตัวของระบบในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่มีการเปลี่ยนแปลงบ่อยครั้ง และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าสภาพการนำไฟฟ้าของถัง B การทดลองที่ 2 ที่มีการเปลี่ยนน้ำเสียเดือนละครั้ง ระบบที่สามารถปรับตัวได้จะมีค่าสภาพการนำไฟฟ้าภายในถังสูงกว่าของน้ำเข้าเป็นส่วนใหญ่ ดังแสดงในรูปที่ 4.37



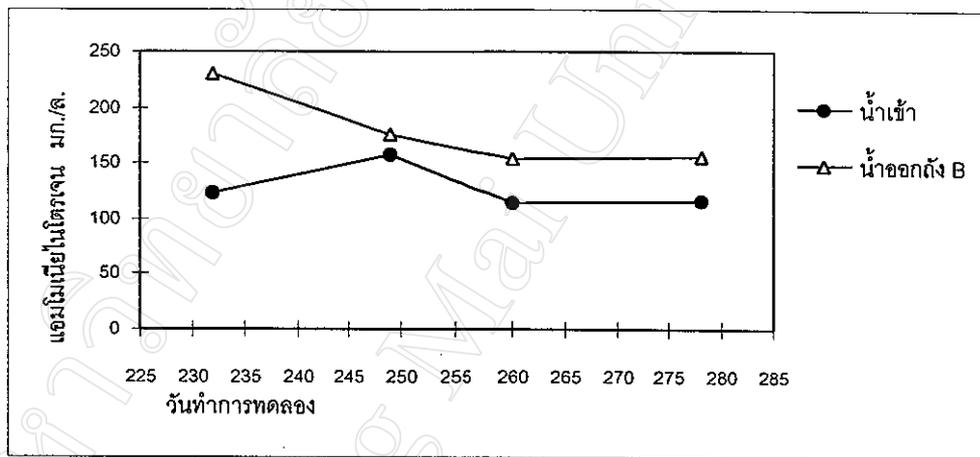
รูปที่ 4.57 ค่าสภาพการนำไฟฟ้า การทดลองที่ 3

4.4.6 ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส

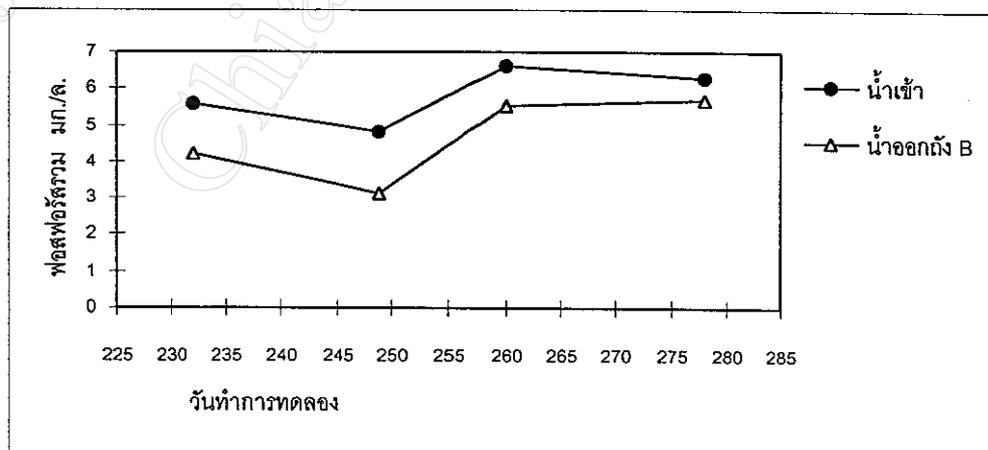
รูปที่ 4.58 - 4.60 แสดงค่าเจดาล์ไนโตรเจน ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน ค่าฟอสฟอรัสรวมของน้ำเข้า น้ำออกถัง B ตลอดการทดลองที่ 3 ตามลำดับ ค่าเจดาล์ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสรวมของน้ำออกจะมีค่าต่ำกว่าของน้ำเข้าตลอดการทดลองเนื่องจากมีการใช้ไปส่วนหนึ่งโดยจุลินทรีย์ในระบบ ส่วนค่าแอมโมเนียไนโตรเจนของน้ำออกจะมีค่าสูงกว่าของน้ำเข้าตลอดการทดลอง เนื่องจากมีแอมโมเนียไนโตรเจนส่วนหนึ่งที่เป็นผลผลิตจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียเพิ่มขึ้นมา สัดส่วนค่าซีไอดีต่อไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสของวันที่ 278 ของการทดลอง มีค่าเท่ากับ 100:10.5:0.2 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่มีความเหมาะสมสำหรับระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน ตารางที่ ง-13 แสดงค่าไนโตรเจนรวม แอมโมเนียไนโตรเจน และฟอสฟอรัสรวมตลอดการทดลองที่ 3



รูปที่ 4.58 ค่าเจดาลหึไนโตรเจน การทดลองที่ 3



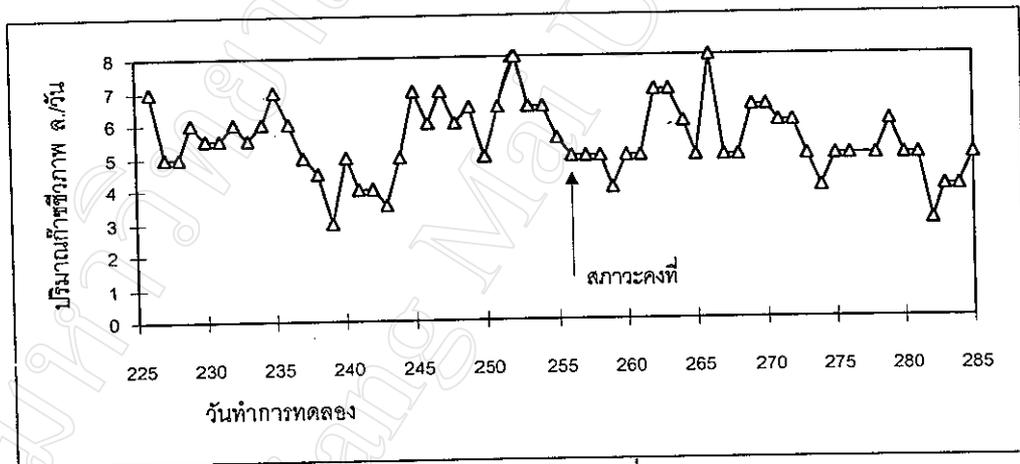
รูปที่ 4.59 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน การทดลองที่ 3



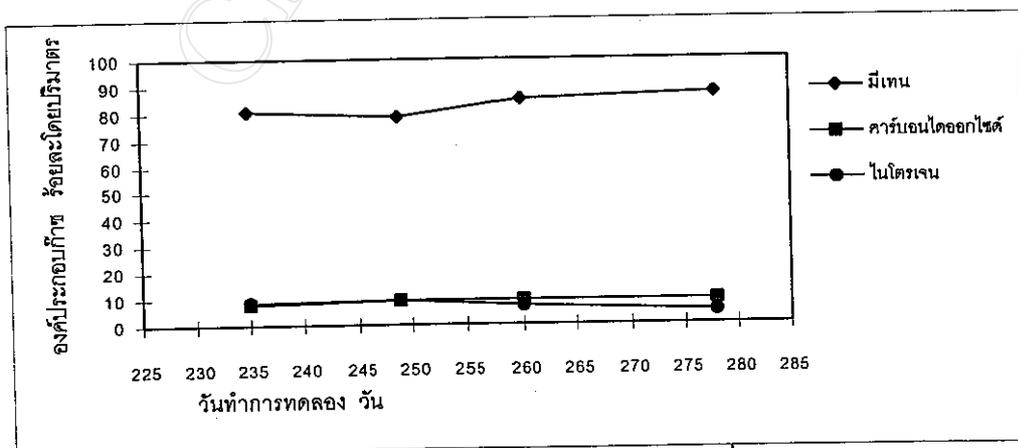
รูปที่ 4.60 ค่าฟอสฟอรัสรวม การทดลองที่ 3

4.4.7 การเกิดก๊าซชีวภาพ

รูปที่ 4.61 แสดงค่าก๊าซชีวภาพที่เกิดในการทดลองที่ 3 ปริมาณก๊าซชีวภาพเฉลี่ยที่สภาวะคงที่มีค่า 5.3 ล./วัน ปริมาณร้อยละของก๊าซมีเทนในองค์ประกอบเฉลี่ยที่สภาวะคงที่มีค่าร้อยละ 86.8 อัตราการผลิตมีเทนมีค่า 0.31 ล./(ก.ซีไอดีที่ถูกกำจัด.วัน) มีค่าใกล้เคียงกับค่าทางทฤษฎีและมีค่าสูงกว่าอัตราการผลิตมีเทนของถัง B ของการทดลองที่ 2 ที่มีค่าอัตราการบรรทุกสารอินทรีย์ใกล้เคียงกันซึ่งมีค่า 0.22 ล./(ก.ซีไอดีที่ถูกกำจัด.วัน) ทั้งนี้เป็นเพราะจุลินทรีย์สามารถปรับตัวกับน้ำเสียได้ดีขึ้นและระบบยังมีการสะสมตะกอนจุลินทรีย์สูงชันกว่าเดิม อันเนื่องมาจากความสามารถในการเก็บกักตะกอนของอุปกรณ์จีเอสเอส ดังนั้นจึงมีการย่อยสลายสารอินทรีย์และสร้างก๊าซมีเทนได้มากกว่า ตารางที่ ง-10 แสดงค่าร้อยละของก๊าซมีเทนและองค์ประกอบอื่นในก๊าซชีวภาพของถัง B รูปที่ 4.62 แสดงองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ การทดลองที่ 3 โดยก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในช่วงร้อยละ 78.7-88.6 และ 8.2-9.5 โดยปริมาตร ตามลำดับ



รูปที่ 4.61 ปริมาณก๊าซชีวภาพ การทดลองที่ 3



รูปที่ 4.62 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ การทดลองที่ 3

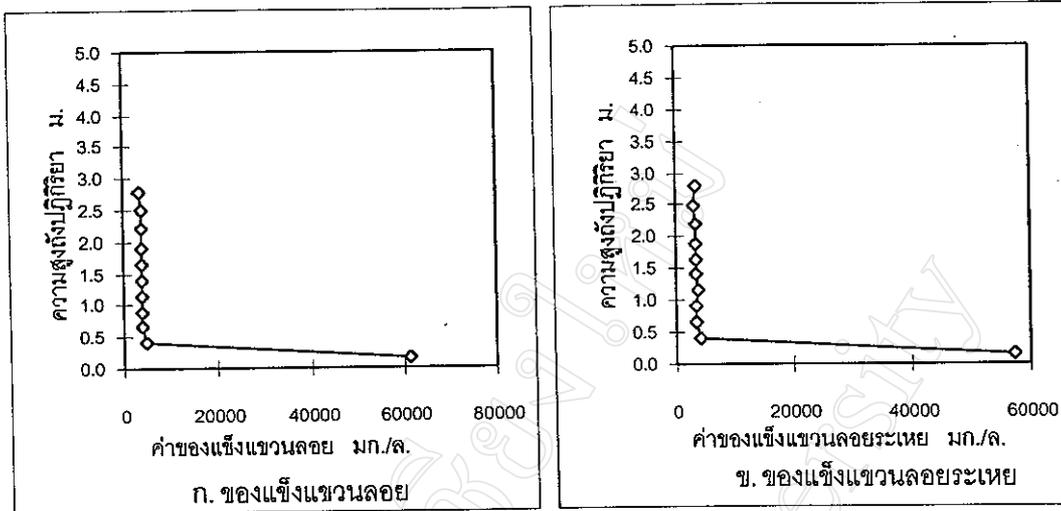
ในวันที่ 274 ของการทดลองพบว่า มีฝ้าตะกอนลอยขึ้นไปอุดท่อ นำก๊าซ คาดว่ามีสาเหตุจากการป้อนน้ำเสียฟอกไหมพันธุ์พื้นเมืองแก่ระบบในวันที่ 270 ของการทดลอง แสดงว่าโปรตีนที่มีมากในน้ำฟอกไหมพันธุ์พื้นเมืองทำให้แบคทีเรียไม่สามารถปรับตัวได้ในระยะแรกจึงทำให้การย่อยสลายเกิดไม่สมบูรณ์ จึงเกิดฝ้าตะกอนในระบบได้ และหลังจากนั้นก็พบว่าเกิดการอุดตันของท่อ นำก๊าซอีกจนหมดการทดลอง

4.4.8 การแปรผันของความเข้มข้นตามความสูงของถังปฏิกริยา การทดลองที่ 3

เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 3 ที่สภาวะคงที่ ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ 1 ครั้งจากจุดเก็บตัวอย่างที่ตำแหน่งความสูงต่างๆ ของถังปฏิกริยา B รวม 11 จุด เพื่อทำการวิเคราะห์การแปรผันตามความสูงของถังปฏิกริยาของค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหย ค่าความเข้มข้นซีไอดีและซีไอดีกรอง ค่าความเข้มข้นสีปรากฏและสีจริง

4.4.8.1 ของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหย

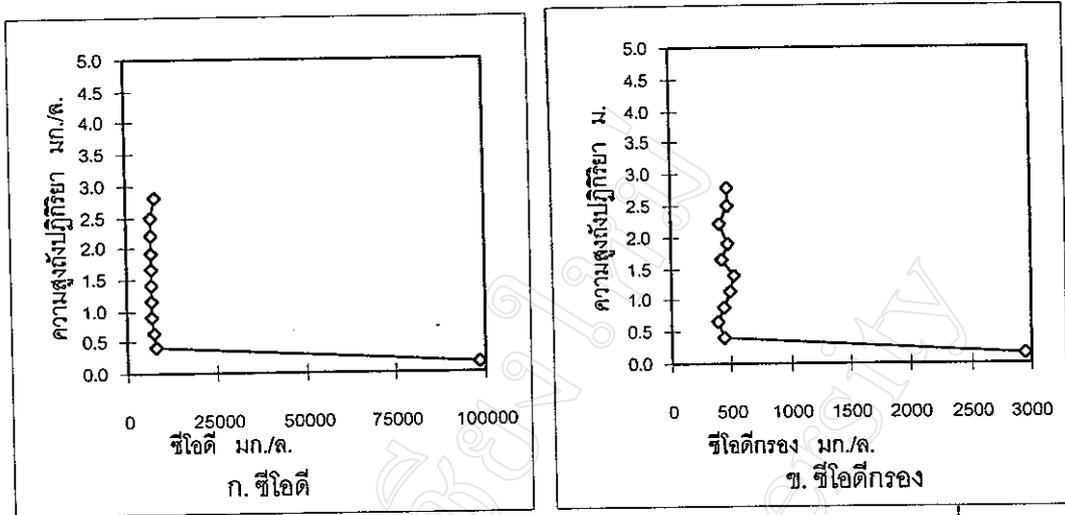
ตามรูป 4.63 ซึ่งแสดงค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยตามความสูงถังปฏิกริยาของการทดลองที่ 3 ที่สภาวะคงที่ แสดงให้เห็นว่าชั้นตะกอนล่างมีการสะสมเม็ดตะกอนมีความสูง 0.40 ม. มีค่าของแข็งแขวนลอยระเหยเฉลี่ยที่ชั้นนี้เท่ากับ 24,070 มก./ล. มีค่าสูงกว่าของการทดลองที่ 2 ของถัง B ที่มีค่าอัตราบรรทุกสารอินทรีย์ใกล้เคียงกันและมีค่าของแข็งแขวนลอยระเหยเฉลี่ยของชั้นตะกอนล่างเท่ากับ 13,470 มก./ล. ค่าของแข็งแขวนลอยระเหยที่เพิ่มมากขึ้นแสดงว่ามีตะกอนจุลินทรีย์สะสมเพิ่มมากขึ้นตามเวลาที่ชั้นตะกอนล่าง อันเนื่องมาจากความสามารถในการตกตะกอนได้เร็วและดีของเม็ดตะกอน และจากการทำงานของอุปกรณ์จีเอสเอสที่ป้องกันไม่ให้เกิดตะกอนหลุดออกจากระบบ ตารางที่ ง-12 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยตามความสูงของถังปฏิกริยา B ที่สภาวะคงที่การทดลองที่ 3



รูปที่ 4.63 ค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยตามความสูงถึงปฏิกิริยา การทดลองที่ 3

4.4.8.2 ซีโอดีและซีโอดีกรอง

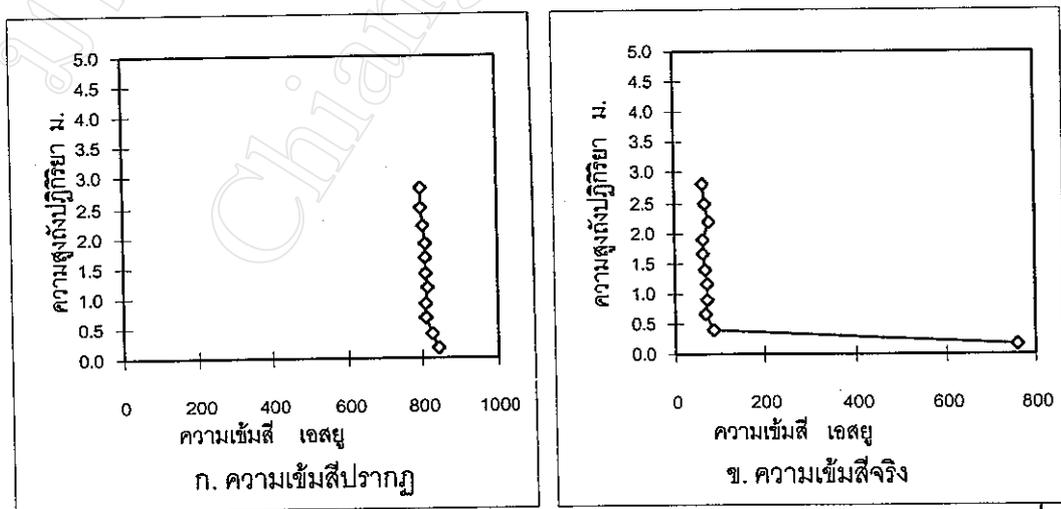
ตามรูปที่ 4.64 ซึ่งแสดงค่าซีโอดีและซีโอดีกรองตามความสูงถึงปฏิกิริยา พบว่าชั้นตะกอนล่างมีความสูง 0.40 เมตรมีค่าซีโอดีและค่าซีโอดีกรองเท่ากับ 98,420 และ 2,955 มก./ล.ตามลำดับ หลังจากชั้นนี้แล้วค่าซีโอดีและค่าซีโอดีกรองมีค่าลดลงทันทีและมีค่าใกล้เคียงกันตลอดความสูงที่เหลือ ค่าซีโอดีกรองที่ลดลงอย่างรวดเร็วที่ชั้นตะกอนล่างแสดงถึงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของการย่อยสลายภายในชั้นตะกอนล่างว่าเป็นแบบกวนสมบูรณ์ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าซีโอดีและซีโอดีกรองที่ชั้นตะกอนล่างของถัง B การทดลองที่ 2 ซึ่งมีค่าอัตราบรรทุกสารอินทรีย์ใกล้เคียงกันและมีค่าซีโอดีและซีโอดีกรองเท่ากับ 76,660 และ 1,417 มก./ล.ตามลำดับแล้ว ค่าซีโอดีของชั้นตะกอนล่างที่เพิ่มมากขึ้นแสดงถึงตะกอนจุลินทรีย์ที่สะสมมากขึ้น และค่าซีโอดีกรองที่เพิ่มมากขึ้นแสดงว่ามีสีขุ่นและสารอินทรีย์ละลายน้ำที่ถูกเก็บกักมากขึ้นในชั้นตะกอนล่าง ตารางที่ ง-12 แสดงค่าซีโอดีและซีโอดีกรองตามความสูงของถังปฏิกิริยา B ที่สภาวะคงที่การทดลองที่ 3



รูปที่ 4.64 ค่าซีไอดีและซีไอดีกรองตามความสูงถึงปฏิกิริยา การทดลองที่ 3

4.4.8.3 ความเข้มข้นปรากฏและความเข้มข้นจริง

รูปที่ 4.65 แสดงค่าความเข้มข้นปรากฏและจริงตามความสูงถึงปฏิกิริยาของการทดลองที่ 3 ค่าความเข้มข้นปรากฏซึ่งรวมผลของสารแขวนลอยในน้ำด้วยมีค่าใกล้เคียงกันตลอดความสูงของถัง ส่วนค่าความเข้มข้นจริงที่ได้ทำการเหี่ยแยกสารแขวนลอยออกในการวิเคราะห์มีค่าลดลงทันทีที่ชั้นตะกอนล่าง แสดงว่ากระบวนการลดสีเกิดขึ้นเป็นส่วนใหญ่ที่ชั้นตะกอนล่าง ตารางที่ ง-12 แสดงค่าความเข้มข้นปรากฏและจริงตามความสูงของถังปฏิกิริยา B ที่สภาวะคงที่ การทดลองที่ 3



รูปที่ 4.65 ค่าความเข้มข้นปรากฏและจริงตามความสูงถึงปฏิกิริยา การทดลองที่ 3

4.5 ประสิทธิภาพการทำงานของถังปฏิกริยาเยลเยสปี

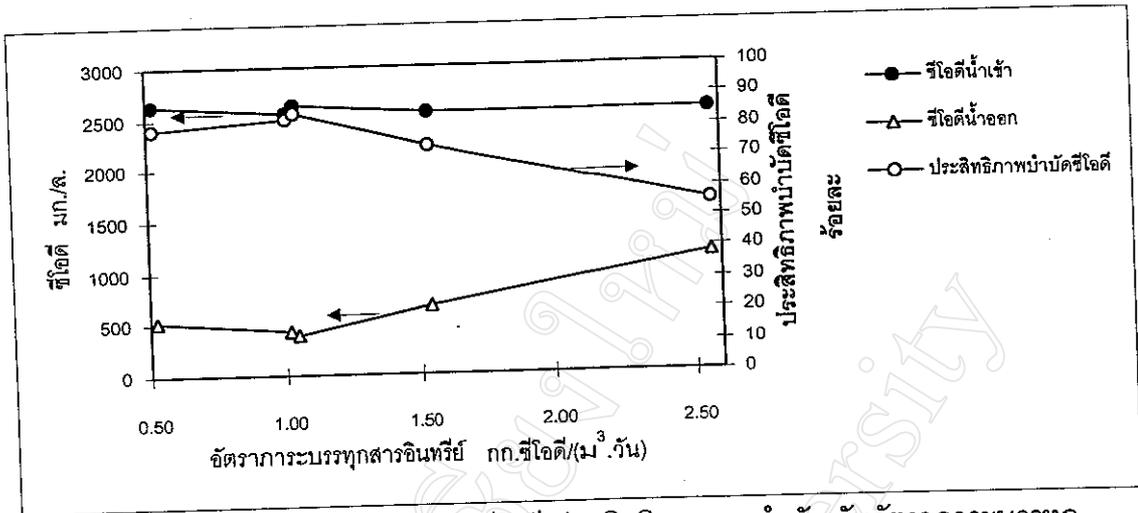
จากข้อมูลผลการทดลองแต่ละการทดลองที่สภาวะคงที่ตามตารางที่ 4.4 สามารถสรุปได้ว่าค่าอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 1.0 กก.ซีไอดี/(ม³.วัน) สามารถนำไปใช้เป็นเกณฑ์ในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมฟอกและย้อมไหมได้ โดยมีประสิทธิภาพการบำบัดซีไอดีของแข็งแขวนลอย สีปรากฏ ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 55 และ 70 ตามลำดับ และมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นระบบบำบัดเบื้องต้น ก่อนที่จะใช้กระบวนการอื่นที่เหมาะสมทำการบำบัดต่อท้าย (Post Treatment) เพื่อให้มีค่าพารามิเตอร์ของน้ำออกมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งที่ทางราชการกำหนด

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการบำบัดที่ค่าอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ

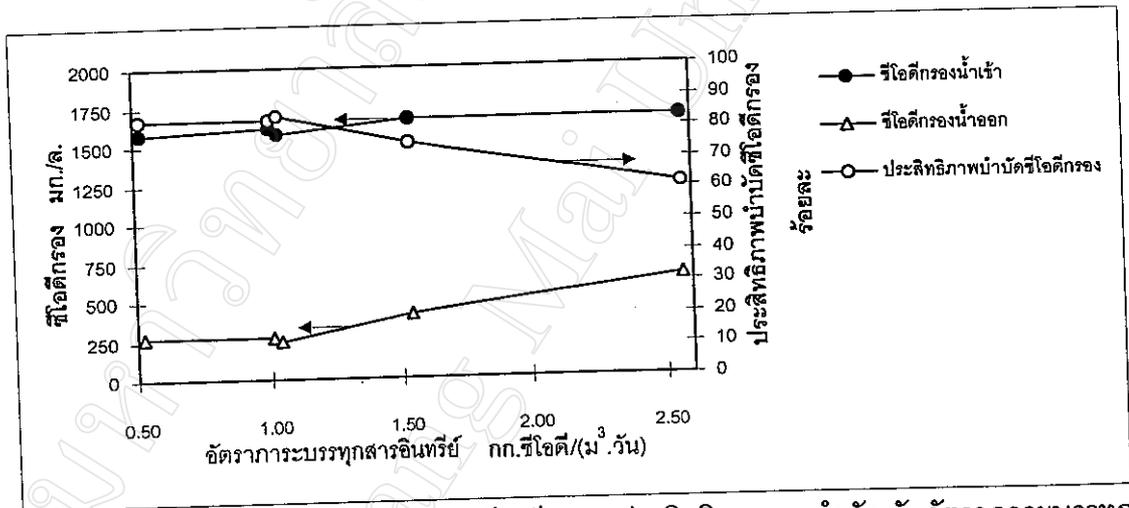
พารามิเตอร์	อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ กก.ซีไอดี/(ม ³ .วัน)				
	0.52	1.01	1.04	1.54	2.56
ประสิทธิภาพกำจัดซีไอดี ร้อยละ	79.9	83.2	85.3	74.1	55.2
ประสิทธิภาพกำจัดซีไอดีกรอง ร้อยละ	83.2	83.1	84.7	75.7	61.7
ประสิทธิภาพกำจัดของแข็งแขวนลอย ร้อยละ	39.6	57.7	67.6	44.6	22.5
ประสิทธิภาพกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหย ร้อยละ	39.0	55.8	67.9	42.5	19.6
ประสิทธิภาพกำจัดสีปรากฏ ร้อยละ	49.7	69.8	70.8	58.1	32.6
ประสิทธิภาพกำจัดสีจริง ร้อยละ	49.1	73.0	72.4	54.9	22.6

4.5.1 การบำบัดค่าซีไอดี ซีไอดีกรอง

ประสิทธิภาพของถังปฏิกริยาเยลเยสปีในการลดค่าซีไอดีและซีไอดีกรองที่สัมพันธ์กับค่าอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เมื่อระบบอยู่ในสภาวะคงที่ ได้แสดงในรูปที่ 4.66 และ 4.67 และตารางที่ 4.4 ระบบสามารถลดค่าซีไอดีและซีไอดีกรองได้มากขึ้นเมื่อค่าอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์มีค่าลดลงโดยลำดับ แต่ที่ค่าอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 0.52 กก.ซีไอดี/(ม³.วัน) ระบบไม่สามารถลดค่าซีไอดีมากขึ้นไปอีกได้ ที่เป็นเช่นนี้เป็นเพราะค่าอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่ต่ำเกินไปจะเกิดก๊าซชีวภาพน้อย มีความเร็วไหลขึ้นของน้ำในถังต่ำ ไม่สามารถช่วยสร้างการปั่นป่วนภายในชั้นตะกอนล่างให้จุลินทรีย์ได้มีโอกาสสัมผัสกับน้ำเสียได้ทั่วถึง และยังเกิดการลัดวงจรในชั้นตะกอนล่างขึ้นได้ (Lettinga *et al.*, 1980)



รูปที่ 4.66 ความสัมพันธ์ระหว่างชีโอดี ประสิทธิภาพการบำบัด กับอัตราภาระบรทุกสารอินทรีย์

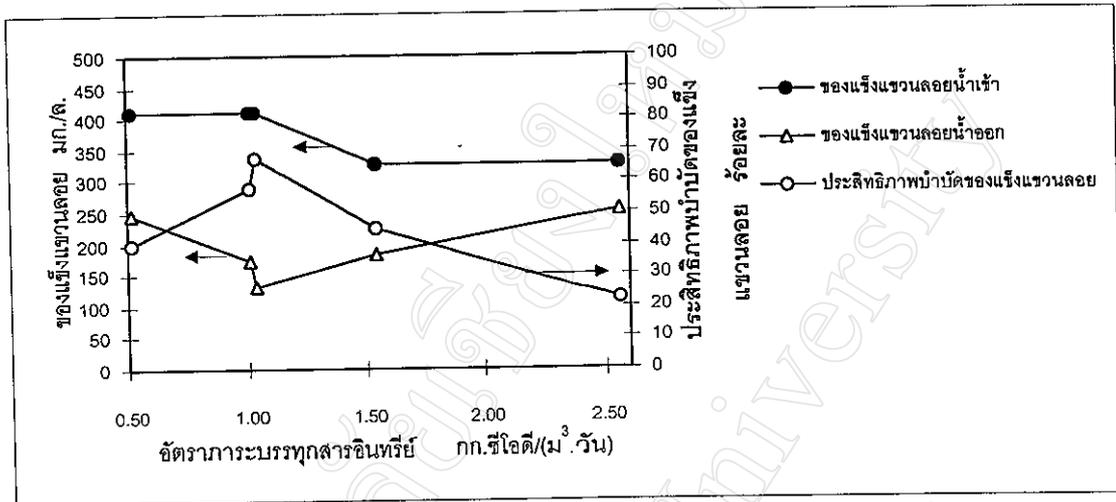


รูปที่ 4.67 ความสัมพันธ์ระหว่างชีโอดีกรอง ประสิทธิภาพการกำจัด กับอัตราภาระบรทุกสารอินทรีย์

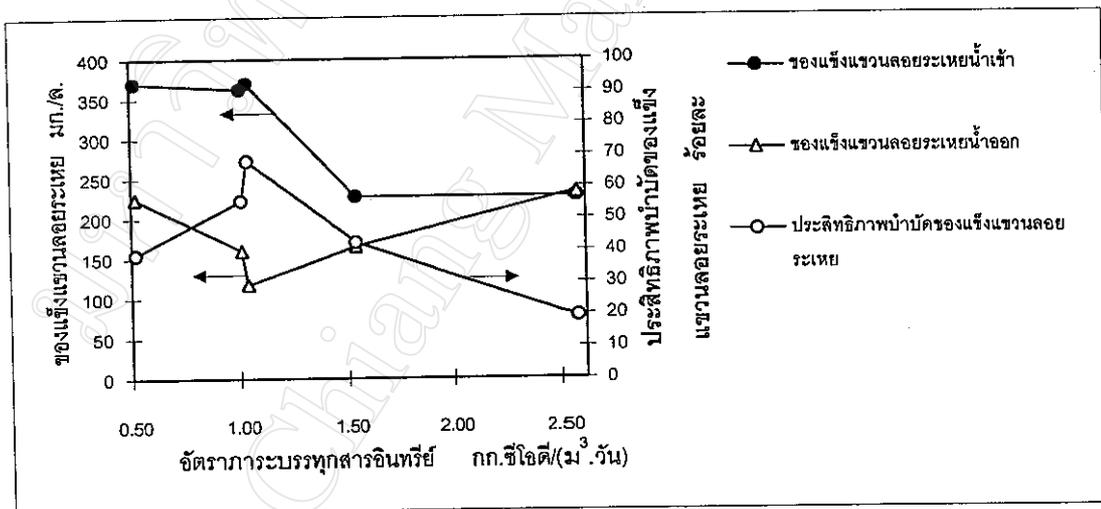
4.5.2 การบำบัดของแข็งแขวนลอย ของแข็งแขวนลอยระเหย

ในรูปที่ 4.68 และ 4.69 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยสัมพันธ์กับอัตราภาระบรทุกสารอินทรีย์ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพการบำบัดให้ผลเหมือนกับการลดชีโอดีคือ ระบบสามารถลดของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยได้มากขึ้นที่อัตราภาระบรทุกสารอินทรีย์ลดลง แต่ที่อัตราภาระบรทุกสารอินทรีย์ 0.52 กก.ชีโอดี/(ม³.วัน) ระบบกลับลดของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยได้น้อยลง ซึ่งแสดงถึงการที่จุลินทรีย์ไม่มีโอกาสได้สัมผัสน้ำเสียอย่างทั่วถึง เพราะค่าอัตราภาระบรทุกสารอินทรีย์ที่ต่ำ

เกินไปจะเกิดก๊าซชีวภาพน้อย มีความเร็วไหลขึ้นของน้ำในถังต่ำ ไม่สามารถช่วยสร้างการปั่นป่วนภายในชั้นตะกอนล่างให้จุลินทรีย์ได้มีโอกาสสัมผัสกับน้ำเสียได้ทั่วถึง



รูปที่ 4.68 ความสัมพันธ์ระหว่างของแข็งแขวนลอย ประสิทธิภาพการบำบัดกับอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์

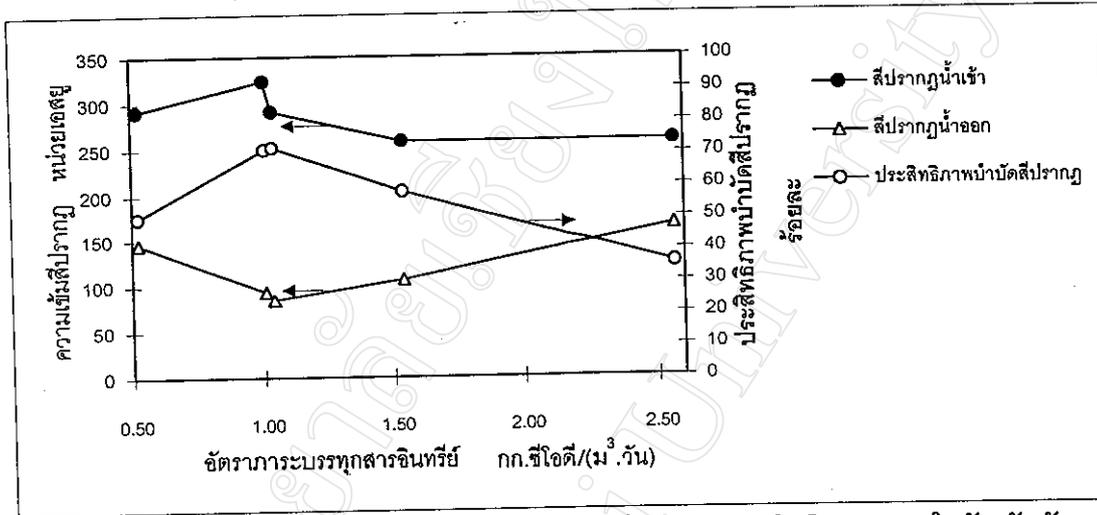


รูปที่ 4.69 ความสัมพันธ์ระหว่างของแข็งแขวนลอยระเหย ประสิทธิภาพการบำบัดกับอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์

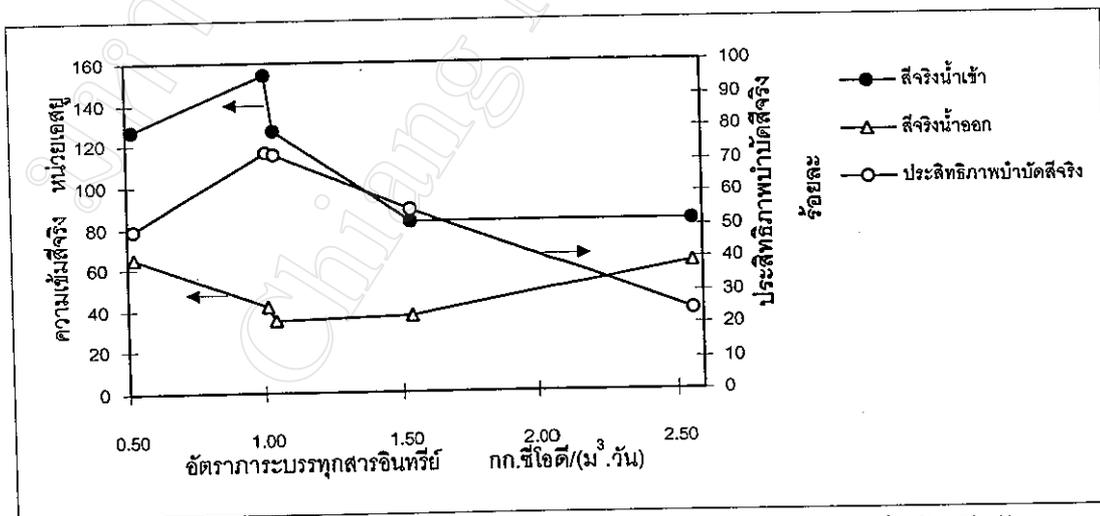
4.5.3 การบำบัดดี

ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดที่ทั้งแบบสี่ปรากฏที่รวมผลของสารแขวนลอยในน้ำตัวอย่างและแบบสี่จริงที่แยกสารแขวนลอยออกจากน้ำตัวอย่างกับอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ ได้แสดงในรูปที่ 4.70 และ 4.71 ระบบให้ผลในการลดสีเช่นเดียวกันกับการลด

ซีโอดีและของแข็งแขวนลอย คือสามารถลดสีปรากฏและสีจริงได้มากขึ้นที่อัตราภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ลดลง แต่ที่อัตราภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ 0.52 กก.ซีโอดี/(ม³.วัน) ระบบกลับลดสีปรากฏและจริงได้ลดลง ซึ่งช่วยยืนยันถึง การที่จุลินทรีย์ไม่มีโอกาสได้สัมผัสน้ำเสียอย่างทั่วถึง อันเนื่องมาจากความเร็วไหลขึ้นของน้ำในถังมีค่าต่ำเกินไป



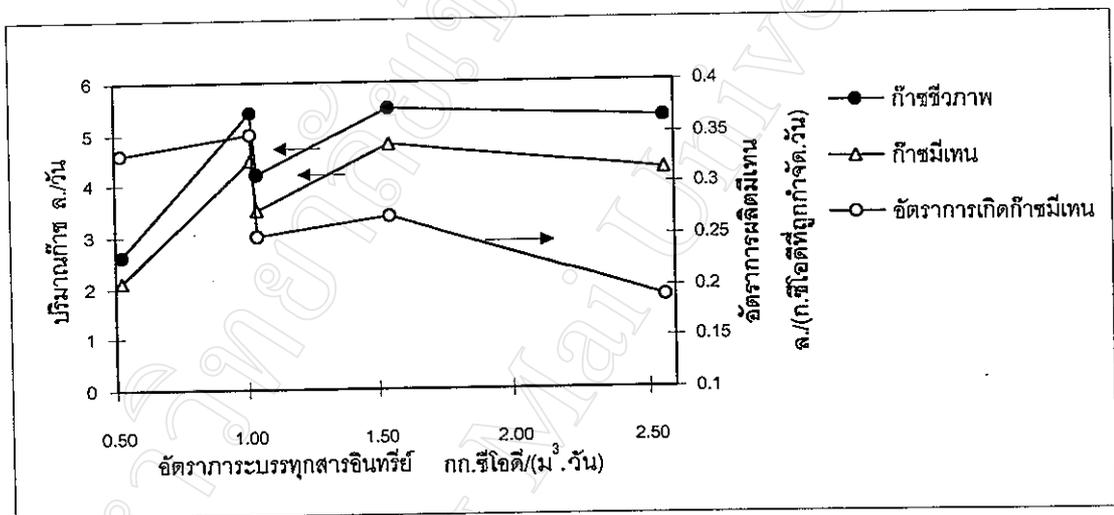
รูปที่ 4.70 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสีปรากฏ ประสิทธิภาพการบำบัด กับอัตราภาวะบรรทุกสารอินทรีย์



รูปที่ 4.71 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสีจริง ประสิทธิภาพการบำบัด กับอัตราภาวะบรรทุกสารอินทรีย์

4.5.4 การผลิตก๊าซมีเทน

ตามรูปที่ 4.72 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดก๊าซชีวภาพ ก๊าซมีเทน อัตราการเกิดก๊าซมีเทน กับค่าอัตราภาระบรรทุกทุกสารอินทรีย์ พบว่าเมื่ออัตราภาระบรรทุกทุกสารอินทรีย์มีค่าลดลง ปริมาณก๊าซชีวภาพและก๊าซมีเทนมีแนวโน้มที่จะลดลงเนื่องจากมีสารอินทรีย์เข้าไปในระบบน้อยลงจึงเกิดก๊าซจากการย่อยสลายน้อยลง แต่ค่าอัตราการเกิดก๊าซมีเทนซึ่งมีหน่วยเป็นปริมาตรก๊าซมีเทนต่อหน่วยน้ำหนักซีโอดีที่ถูกกำจัด กลับมีแนวโน้มที่จะมีค่าสูงขึ้น ซึ่งแสดงว่าประสิทธิภาพของระบบยูเอเอสบีในการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทนซึ่งนำไปสู่การลดซีโอดีนั้นจะมีค่าสูงขึ้นที่อัตราภาระบรรทุกทุกสารอินทรีย์ที่ลดลง



รูปที่ 4.72 ความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดก๊าซชีวภาพ ก๊าซมีเทนและอัตราการเกิดก๊าซมีเทน กับค่าอัตราภาระบรรทุกทุกสารอินทรีย์

4.6 จลนศาสตร์ของระบบ

ในการพิจารณาค่าคงที่จลนศาสตร์ (ค่า Y k_d k K_s μ_m) ของระบบยูเอเอสบีครั้งนี้มีข้อมูลมาตรฐานดังนี้

1. อัตราเพิ่มของจุลินทรีย์ในระบบเป็นสมการแบบ Monod
2. ระบบมีลักษณะทางชลศาสตร์แบบกวนผสมบูรณในชั้นตะกอนล่าง และการที่มี

อุปกรณ์จีโอเอสเอสจะช่วยให้เกิดการสะสมของตะกอนจุลินทรีย์ในระบบได้ ทำให้ $\theta_c > \theta$

3. ความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ประเมินได้จากค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของของแข็งแขวนลอยระเหยในชั้นตะกอนล่าง และให้น้ำเข้ามีจุลินทรีย์เท่ากับศูนย์

4. ให้ค่าสารอาหารในน้ำเข้ามีค่าเท่ากับซีโอดีและค่าสารอาหารในน้ำออกมีค่าเท่ากับซีโอดีกรอง

5. ให้การย่อยสลายเกิดในชั้นตะกอนล่างเท่านั้น นั่นคือปริมาตรของระบบในสมการคือ ปริมาตรของชั้นตะกอนล่าง เวลาเก็บกักน้ำในระบบ (θ) ก็คือเวลาเก็บกักน้ำในชั้นตะกอนล่าง

6. ให้ค่าของแข็งแขวนลอยระเหยในน้ำเข้าถูกย่อยสลายได้หมด และค่าของแข็งแขวนลอยระเหยในน้ำออกเป็นเซลล์จุลินทรีย์ทั้งหมด

7. เวลาเก็บกักจุลชีพ (θ_c) หาได้จากมวลจุลชีพในชั้นตะกอนล่างหารด้วยมวลจุลชีพที่ออกจากระบบ

กำหนดให้การใช้สารอาหารของจุลชีพเป็นสมการแบบ Monod (Metcalf and Eddy, 1991)

$$X = \frac{\theta c Y (S_0 - S)}{\theta (1 + ka \theta c)} \quad (4.1)$$

$$S = \frac{K_s (1 + \theta c ka)}{\theta c (Yk - ka) - 1} \quad (4.2)$$

โดยการหาค่า Y kd k K_s μ_m จะสามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้ (Metcalf and Eddy, 1991)

$$\frac{X\theta}{S_0 - S} = \frac{K_s}{k} \frac{1}{S} + \frac{1}{k} \quad (4.3)$$

$$\frac{1}{\theta c} = Y \frac{(S_0 - S)}{X\theta} - ka \quad (4.4)$$

เมื่อ θ_c = เวลาเก็บกักจุลชีพในชั้นปฏิบัติการ, วัน

θ = เวลาเก็บกักน้ำในชั้นปฏิบัติการ, วัน

X = ความเข้มข้นจุลชีพในระบบหรือค่าของแข็งแขวนลอยระเหยเฉลี่ยของชั้นตะกอนล่าง, มก. VSS/ล.

X_e = ความเข้มข้นจุลชีพที่ออกระบบหรือค่าของแข็งแขวนลอยระเหยในน้ำออก ,มก.VSS/ล.

Y = ค่า Yield Coefficient สูงสุด ,มก.จุลชีพที่เกิด/มก.สารอาหารที่ใช้

k = อัตราการใช้สารอาหารสูงสุดต่อหน่วยมวลจุลชีพ ,วัน⁻¹

K_s = Half Velocity Constant ,มก./ล.

k_d = ค่าสัมประสิทธิ์การตายของจุลชีพ ,วัน⁻¹

S_0 = ความเข้มข้นสารอาหารในน้ำเข้าระบบหรือค่าซีโอดีในน้ำเข้า ,มก./ล.

S = ความเข้มข้นสารอาหารในน้ำออกระบบหรือค่าซีโอดีกรองในน้ำออก ,มก./ล.

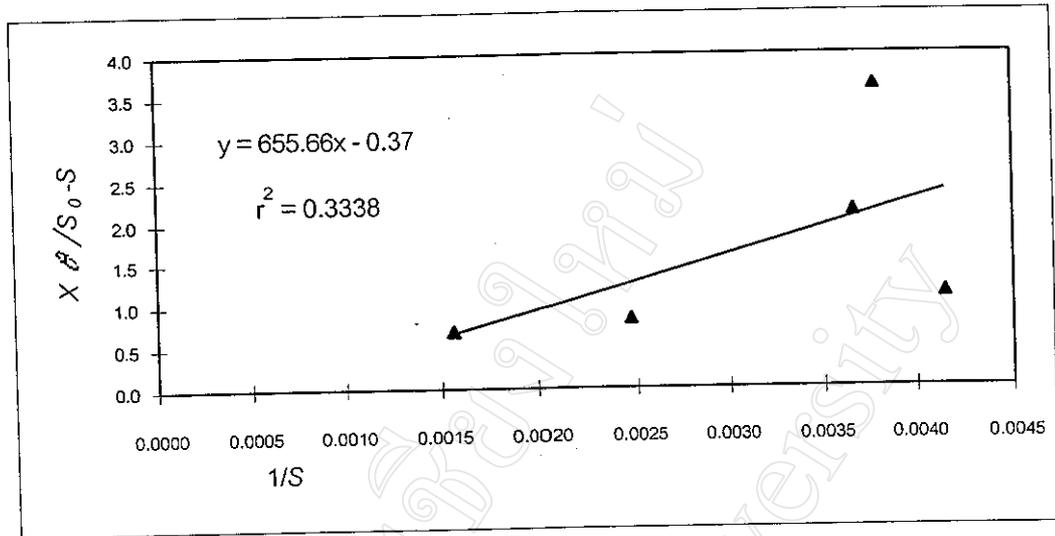
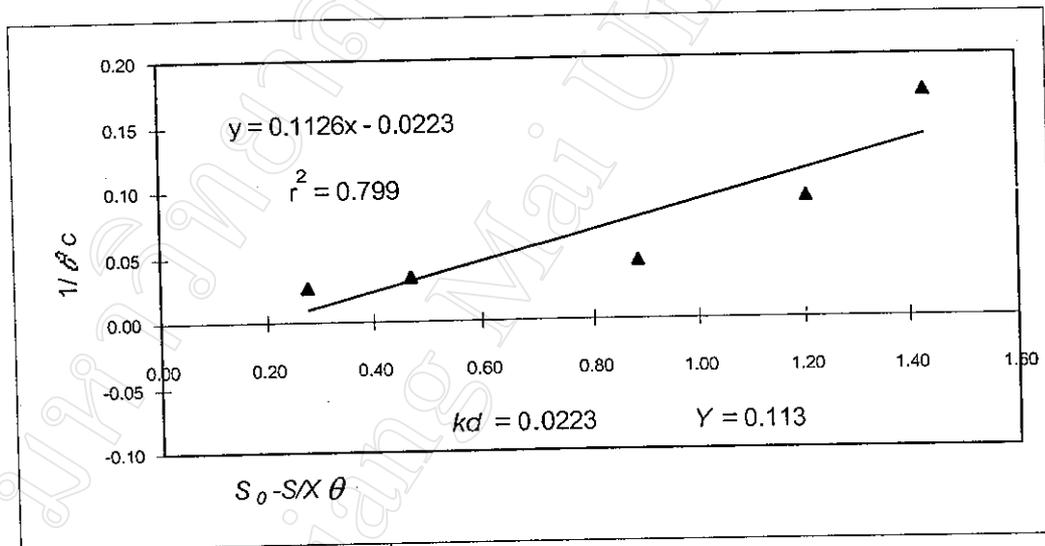
การคำนวณค่าตามสมการ (4.3) และ (4.4) เพื่อนำไปสู่การหาค่าทางจลนศาสตร์ได้แสดงตามตารางที่ 4.5 และ 4.6 และค่าที่ได้สามารถนำไปหาความสัมพันธ์ตามรูปที่ 4.73 และ 4.74

ตารางที่ 4.5 ผลการคำนวณค่าคงที่เพื่อหาค่าทางจลนศาสตร์ k K_s

อัตราการระบรทุก สารอินทรีย์ กก.ซีโอดี/(ม ³ .วัน)	อัตราน้ำ เสียเข้า ล./วัน	ความสูงชั้น ตะกอน ซม.	S_0-S มก./ล.	θ วัน	X มก./ล.	$X\theta/S_0-S$ วัน	$1/S$ มก./ล. ⁻¹
0.52	3.1	90	2621.6-264.5=2357.1	0.900	9480	3.620	0.00378
1.01	6.2	40	2545.6-273.3=2272.3	0.200	24070	2.118	0.00366
1.04	6.2	40	2621.6-241.0=2380.6	0.200	13460	1.131	0.00415
1.54	9.4	40	2560.6-405.2=2155.4	0.133	13460	0.830	0.00247
2.56	15.6	40	2560.6-637.9=1922.7	0.080	16800	0.699	0.00157

ตารางที่ 4.6 ผลการคำนวณค่าคงที่เพื่อหาค่าทางจลนศาสตร์ Y k_d

อัตราการระบรทุกสารอินทรีย์ กก.ซีโอดี/(ม ³ .วัน)	X มก./ล.	X_e มก./ล.	θ_c วัน	$1/\theta_c$ วัน ⁻¹	$S_0-S/X\theta$ วัน ⁻¹
0.52	9480	225.3	37.869	0.0264	0.276
1.01	24070	160.4	30.012	0.0333	0.472
1.04	13460	118.5	22.730	0.0440	0.884
1.54	13460	165.7	10.804	0.0925	1.204
2.56	16800	231.6	5.802	0.1723	1.430

รูปที่ 4.73 การหาค่าคงที่ k และ K_s รูปที่ 4.74 การหาค่าคงที่ Y และ kd

จากรูปที่ 4.73 พบว่าไม่สามารถหาค่า k และ K_s ได้ และจากรูปที่ 4.74 ได้ค่าคงที่ทางจลนศาสตร์คือ $Y = 0.11$ $kd = 0.02$ วัน⁻¹ โดยมีค่า $r^2 = 0.80$ การที่ไม่สามารถหาค่าคงที่ทางจลนศาสตร์ได้ อาจจะมีสาเหตุมาจากการทดลองที่ค่าอัตราภาวะบรรทุกลสารอินทรีย์ 0.52 กก.ซีโอดี/(ม³.วัน) ซึ่งมีปริมาณสารอินทรีย์เข้าระบบต่ำจนก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นมีน้อย ไม่สามารถสร้างความดันป้อนภายในชั้นตะกอนล่างได้ ชั้นตะกอนเกิดการขยายตัวและอาจเกิดการลัดวงจรขึ้น (Lettinga et al., 1980) ซึ่งไม่ตรงตามข้อสมมุติฐานว่าภายในชั้นตะกอนล่างมีลักษณะทางชล

ศาสตร์เป็นแบบกวนสมบูรณ์ ทำให้ประสิทธิภาพของระบบมีค่ากลับกันกับผลของการทดลองอื่น ซึ่งเป็นข้อจำกัดของระบบยูเอเอสบีเอง

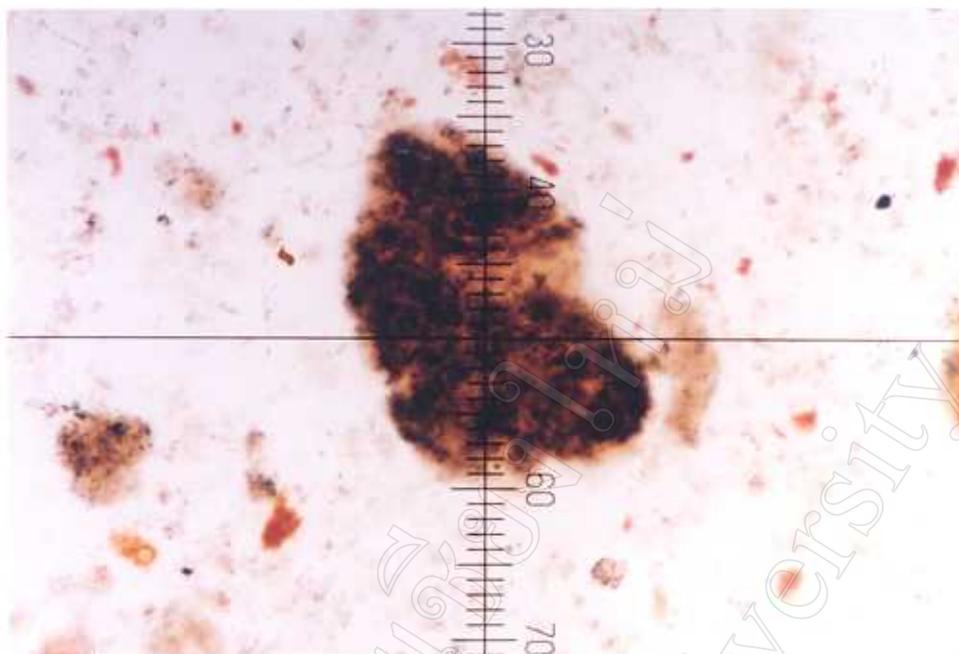
4.7 การเกิดเม็ดตะกอน

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าขนาดของเม็ดตะกอนของชั้นตะกอนล่างที่จุดเก็บตัวอย่างน้ำ ความสูง 0.15 ม. ของแต่ละถัง ของแต่ละการทดลองที่สภาวะคงที่ ทำการเก็บตัวอย่างจำนวน 1 ครั้ง ขนาดของเม็ดตะกอนหาได้จากการวัดด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่ติดตั้งมาตราส่วน ทำการวัดจาก ตัวอย่างเม็ดตะกอนจำนวน 100 ตัวอย่างของแต่ละการทดลอง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

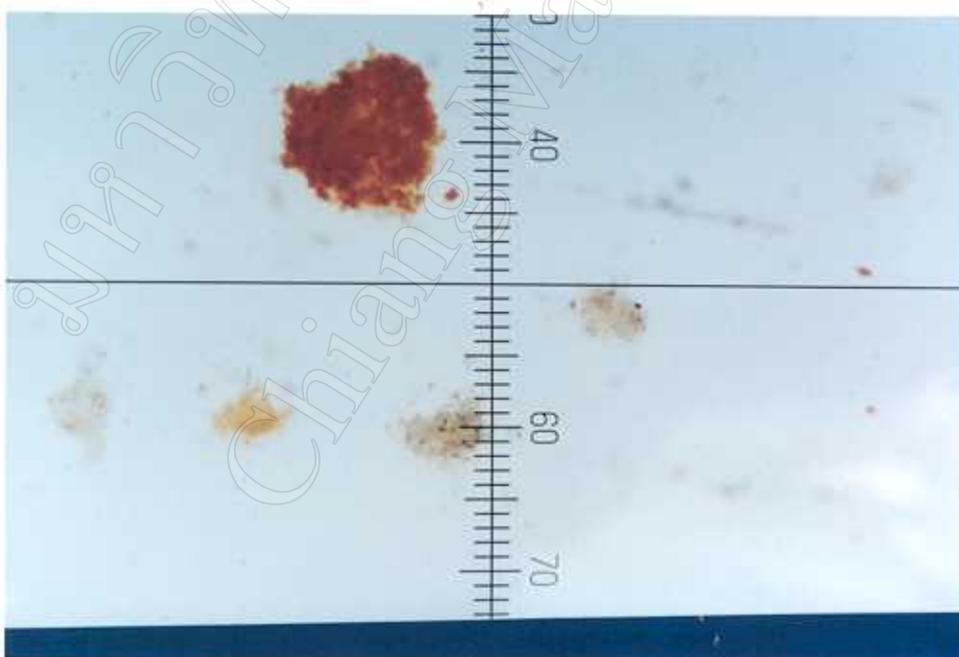
ตารางที่ 4.7 ขนาดเม็ดตะกอนของแต่ละการทดลองที่สภาวะคงที่

การทดลอง	อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ กก.ซีไอดี/(ม. ³ วัน)	อายุเม็ดตะกอน วัน	ขนาดเม็ดตะกอน มม.	
			ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ย
1 (ถัง A)	1.54	162	0.18-0.67	0.40
(ถัง B)	2.56	162	0.15-0.55	0.29
2 (ถัง A)	0.52	225	0.21-0.71	0.56
(ถัง B)	1.04	225	0.22-0.75	0.52
3 (ถัง B)	1.01	285	0.29-1.20	0.73

จากตารางที่ 4.7 พบว่าขนาดเฉลี่ยของเม็ดตะกอนของแต่ละการทดลองจะมีขนาดใหญ่ขึ้นตามเวลาที่ผ่านไป และไม่มีความสัมพันธ์ใดกับอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่แปรผันไป โดยมีขนาดเฉลี่ยใหญ่ที่สุดคือ 0.73 มม. ที่อายุ 285 วันนับจากเริ่มการทดลองที่ 1 ซึ่งนับว่ามีขนาดเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดเม็ดตะกอนของระบบยูเอเอสบีที่ใช้บำบัดน้ำเสียชุมชนซึ่งมีขนาด 4 มม. ที่เวลา 120 วัน (Novaes, 1986) แสดงว่าสำหรับน้ำเสียที่สามารถถูกย่อยสลายได้ง่ายกว่า ขนาดเม็ดตะกอนจะมีขนาดที่ใหญ่กว่าและโตเร็วกว่า รูปที่ 4.75 - 4.79 แสดงภาพถ่ายของเม็ดตะกอนของแต่ละการทดลอง โดยการถ่ายภาพผ่านกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40 เท่า ระยะมาตราส่วนในภาพ 34.2 ซีดีมีค่าเท่ากับ 1 มม.



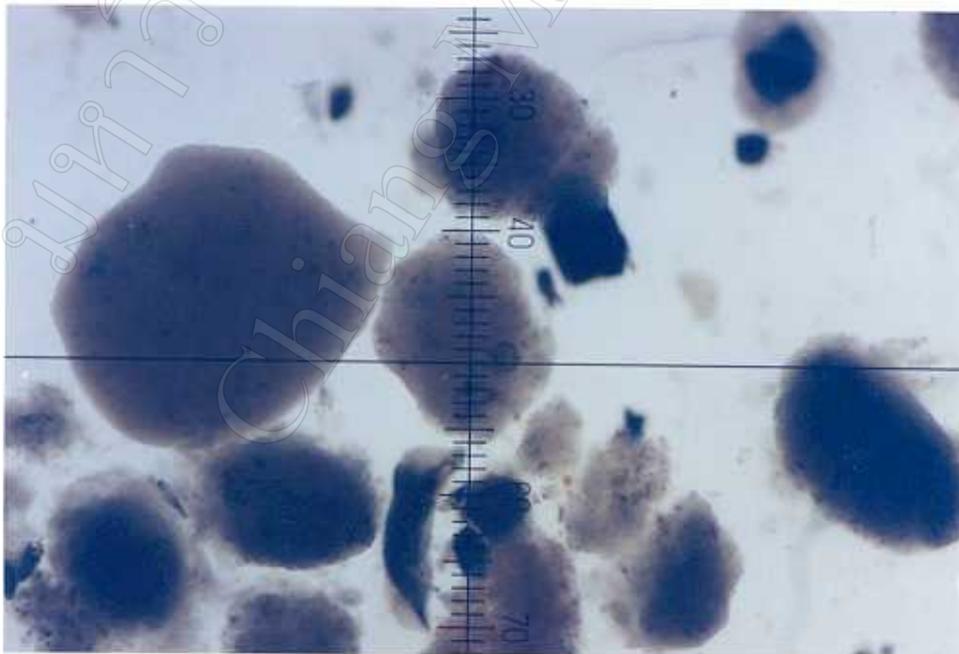
รูปที่ 4.75 เม็ดตะกอน การทดลองที่ 1 ถึง A อัตราการะบรทุกสารอินทรีย์
 1.54 กก.ซีโอดี/(ม³.วัน) อายุ 162 วัน
 หมายเหตุ เม็ดตะกอนในภาพมีขนาดประมาณ 0.67 มม.



รูปที่ 4.76 เม็ดตะกอน การทดลองที่ 1 ถึง B อัตราการะบรทุกสารอินทรีย์
 2.56 กก.ซีโอดี/(ม³.วัน) อายุ 162 วัน
 หมายเหตุ เม็ดตะกอนในภาพมีขนาดประมาณ 0.32 มม.



รูปที่ 4.77 เม็ดตะกอน การทดลองที่ 2 ดั๋ง A อัตราการะบรทุกสารอินทรีย์
 0.52 กก.ซีไอดี/(ม³.วัน) อายุ 225 วัน
 หมายเหตุ เม็ดตะกอนในภาพมีขนาดประมาณ 0.71 มม.



รูปที่ 4.78 เม็ดตะกอน การทดลองที่ 2 ดั๋ง B อัตราการะบรทุกสารอินทรีย์
 1.04 กก.ซีไอดี/(ม³.วัน) อายุ 225 วัน



รูปที่ 4.79 เม็ดตะกอน การทดลองที่ 3 ถึง B อัตราการระบรทุกสารอินทรีย์
 1.01 กก.ซีไอดี/(ม³.วัน) อายุ 285 วัน
 หมายเหตุ เม็ดตะกอนในภาพมีขนาดประมาณ 1.14 มม.

4.8 ก๊าซชีวภาพและองค์ประกอบของก๊าซ

ตารางที่ ข-10 ค-10 และ ง-10 แสดงค่าร้อยละขององค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในการทดลองที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ ตารางที่ 4.8 แสดงถึงปริมาณก๊าซมีเทนที่รวบรวมได้ในถังเก็บก๊าซและที่ละลายน้ำ (รายละเอียดการคำนวณดังแสดงในภาคผนวก จ.) อัตราการเกิดก๊าซมีเทนที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วง 0.18 - 0.31 ล./(ก.ซีไอดีที่ถูกกำจัด.วัน) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับทฤษฎีคือ 0.35 ล./(ก.ซีไอดีที่ถูกกำจัด.วัน) อัตราการเกิดก๊าซมีเทนมีแนวโน้มที่จะมีค่าลดลงเมื่อค่าอัตราการระบรทุกสารอินทรีย์มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ในการทดลองที่ 3 ที่มีค่าอัตราการระบรทุกสารอินทรีย์ 1.01 กก.ซีไอดี/(ม³.วัน) อัตราการเกิดก๊าซมีเทนกลับมีค่าสูงที่สุดคือ 0.31 ล./(ก.ซีไอดีที่ถูกกำจัด.วัน) แสดงว่าภายในถังปฏิกรณ์มีตะกอนจุลินทรีย์สะสมมากขึ้น เม็ดตะกอนมีขนาดใหญ่ขึ้น ตะกอนจุลินทรีย์สามารถปรับตัวกับน้ำเสียได้ดี และมีการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้สมบูรณ์ แม้จะมีการเปลี่ยนน้ำเสียบ่อยครั้งขึ้นก็ตาม

ตารางที่ 4.9 แสดงร้อยละของการสร้างกรดและก๊าซมีเทนซึ่งแสดงถึงความสามารถในการเปลี่ยนสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้เป็นกรดอินทรีย์และก๊าซมีเทนของแต่ละการทดลอง (รายละเอียดการคำนวณดังแสดงในภาคผนวก ฉ.) ค่าร้อยละของการสร้างกรดและก๊าซมีเทนมีแนวโน้ม

ที่จะมีค่าลดลงเมื่อค่าอัตราการระบรทุกสารอินทรีย์มีค่าเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับอัตราการเกิดก๊าซมีเทน ค่าร้อยละของการสร้างกรดอยู่ในช่วงร้อยละ 26.7 - 87.9 ค่าร้อยละของการสร้างก๊าซมีเทนอยู่ในช่วงร้อยละ 28.3 - 72.0 ค่าร้อยละของการสร้างกรดและก๊าซมีเทนมีค่าสูงสุดที่ค่าอัตราการระบรทุกสารอินทรีย์ 1.01 กก.ซีไอดี/(ม³.วัน) และมีค่าเท่ากับร้อยละ 87.9 และ 72.0 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.8 ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดทั้งหมดของแต่ละการทดลองที่สภาวะคงที่

อัตราการระบรทุกสารอินทรีย์ กก.ซีไอดี/(ม ³ .วัน)	0.52	1.01	1.04	1.54	2.56
ก๊าซชีวภาพ ล./วัน	2.6	5.3	4.2	5.5	5.3
อุณหภูมิเฉลี่ยที่สภาวะคงที่ °ซ	31.3	29.0	31.5	24.3	25.1
ร้อยละขององค์ประกอบก๊าซมีเทน	81.9	86.8	84.3	88.1	81.0
ก๊าซมีเทนที่รวบรวมได้ที่ 30 °ซ ล./วัน	2.12	4.61	3.52	4.94	4.36
ก๊าซมีเทนที่ละลายน้ำที่ 30 °ซ ล./วัน	0.08	0.17	0.16	0.25	0.39
รวมก๊าซมีเทนที่เกิดทั้งหมดที่ 30 °ซ ล./วัน	2.20	4.78	3.68	5.19	4.75
ก๊าซมีเทนเกิดที่ 30 °ซ ล./(ก.ซีไอดีที่ถูก กำจัด.วัน)	0.34	0.36	0.26	0.29	0.21
ก๊าซมีเทนเกิดที่ STP ล./(ก.ซีไอดีที่ถูก กำจัด.วัน)	0.29	0.31	0.22	0.25	0.18

ตารางที่ 4.9 ร้อยละของการสร้างกรดและก๊าซมีเทนของแต่ละการทดลองที่สภาวะคงที่

อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ กก.ซีไอดี/(ม ³ .วัน)	0.52	1.01	1.04	1.54	2.56
CH ₄ ที่เกิด มล./วัน	2200	4780	3680	5190	4750
COD _{CH₄} ที่เกิด มก./ล.	1688.1	1833.9	1411.9	1313.3	724.3
Δ COD _{VFA} ของน้ำเข้าและน้ำออก มก./ล.	321.2	245.4	319.4	324.6	220.4
COD _{acid} ที่เกิด มก./ล.	1366.9	1588.5	1092.5	988.7	503.9
Inf.COD _{non-VFA} มก./ล.	1943.3	1807.9	1943.3	1885.7	1885.7
ร้อยละการสร้างกรด	70.3	87.9	56.2	52.4	26.7
ร้อยละการสร้างมีเทน	64.4	72.0	53.8	51.3	28.3