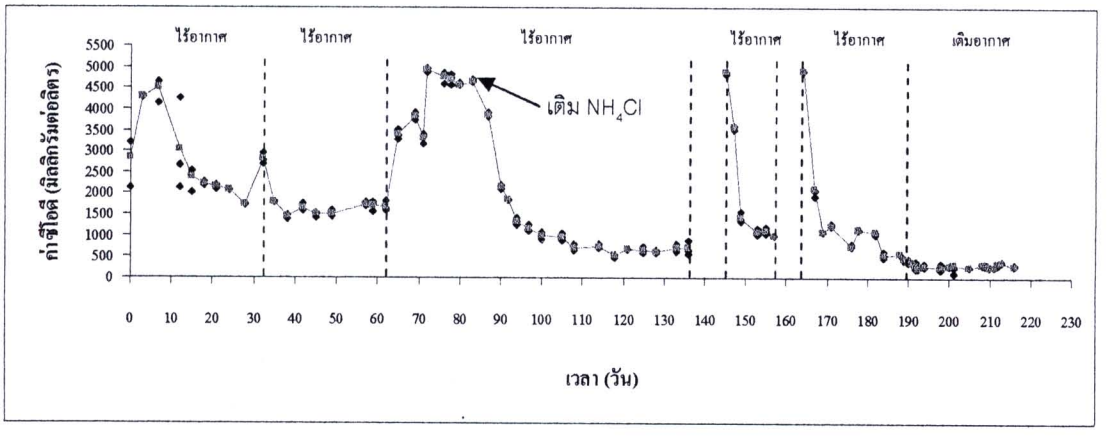
บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

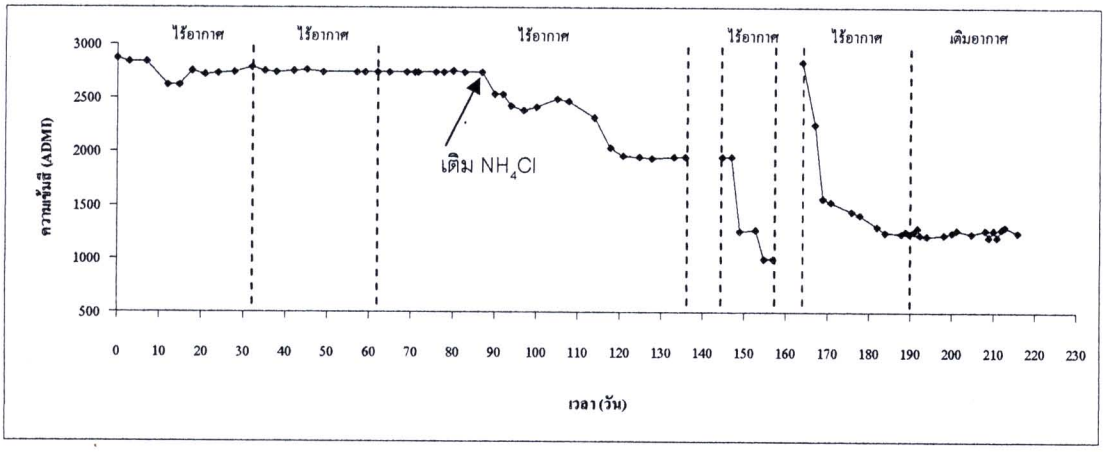
4.1 การเริ่มเลี้ยงเชื้อจุลชีพ (Start-up)

4.1.1 การเดินระบบกับน้ำเสียจริง

ในงานวิจัยนี้ใช้หัวเชื้อจุลชีพจากบริษัท เสริมสุข จำกัด มีลักษณะเป็นเม็ดและตะกอนแขวนลอยปนกัน เม็ดจุลชีพมีขนาดประมาณ 1-3 มิลลิเมตร โดยนำไปปั่นให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้มีความเข้มข้นของตะกอนจุลชีพ 3000 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วนำตะกอนจุลชีพที่ความเข้มข้นดังกล่าวใส่ในถังปฏิกิริยาแบบแบทช์ที่มีขนาด 5 ลิตร และเติมน้ำเสียจริงจากบริษัท ไทยอัมบริก้า เคมีคัลส์ จำกัด ซึ่งมีค่าซีโอดีประมาณ 4500 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าบีโอดีประมาณ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วเติมน้ำตาลทรายเพื่อเพิ่มความเข้มข้นของค่าซีโอดีให้มีค่าประมาณ 5000 มิลลิกรัมต่อลิตร ปรับค่าพีเอชเริ่มต้นรวมถึงตลอดการทดลองให้อยู่ในช่วง 7–7.2 โดยใช้ไดโพแทสเซียมฟอสเฟต (K_2HPO_4) และโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) แล้วทำการเดินระบบบำบัดแบบไร้อากาศ-เติมอากาศ ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.1 และ 4.2



รูปที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงของค่าซีโอดีเทียบกับเวลาของการเริ่มเลี้ยงเชื้อจุลชีพ



รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงของสีเทียบกับเวลาของการเริ่มเลี้ยงเชื้อจุลชีพ

จากผลการทดลองการเลี้ยงเชื้อจุลชีพในช่วงแรกของการเดินระบบบำบัดแบบไร้อากาศ พบว่า ประสิทธิภาพในการบำบัดค่าซีโอดียังไม่ดีมากนักหรือประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ และสีไม่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งคาดว่าในน้ำเสียมีสารอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการของจุลชีพ ดังนั้นในการเดินระบบรอบที่ 3 จึงได้มีการเติมแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) ลงไป ซึ่งก็พบว่ามีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าซีโอดีมากขึ้น คือ 70-90 เปอร์เซ็นต์ และความเข้มข้นของสีก็มีการลดลงประมาณ 45-50 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเริ่มทำการเดินระบบแบบเติมอากาศก็พบว่ามีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าซีโอดีประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ แต่สีไม่มีการเปลี่ยนแปลง โดยใช้เวลาในการทดลองทั้งหมด 216 วัน

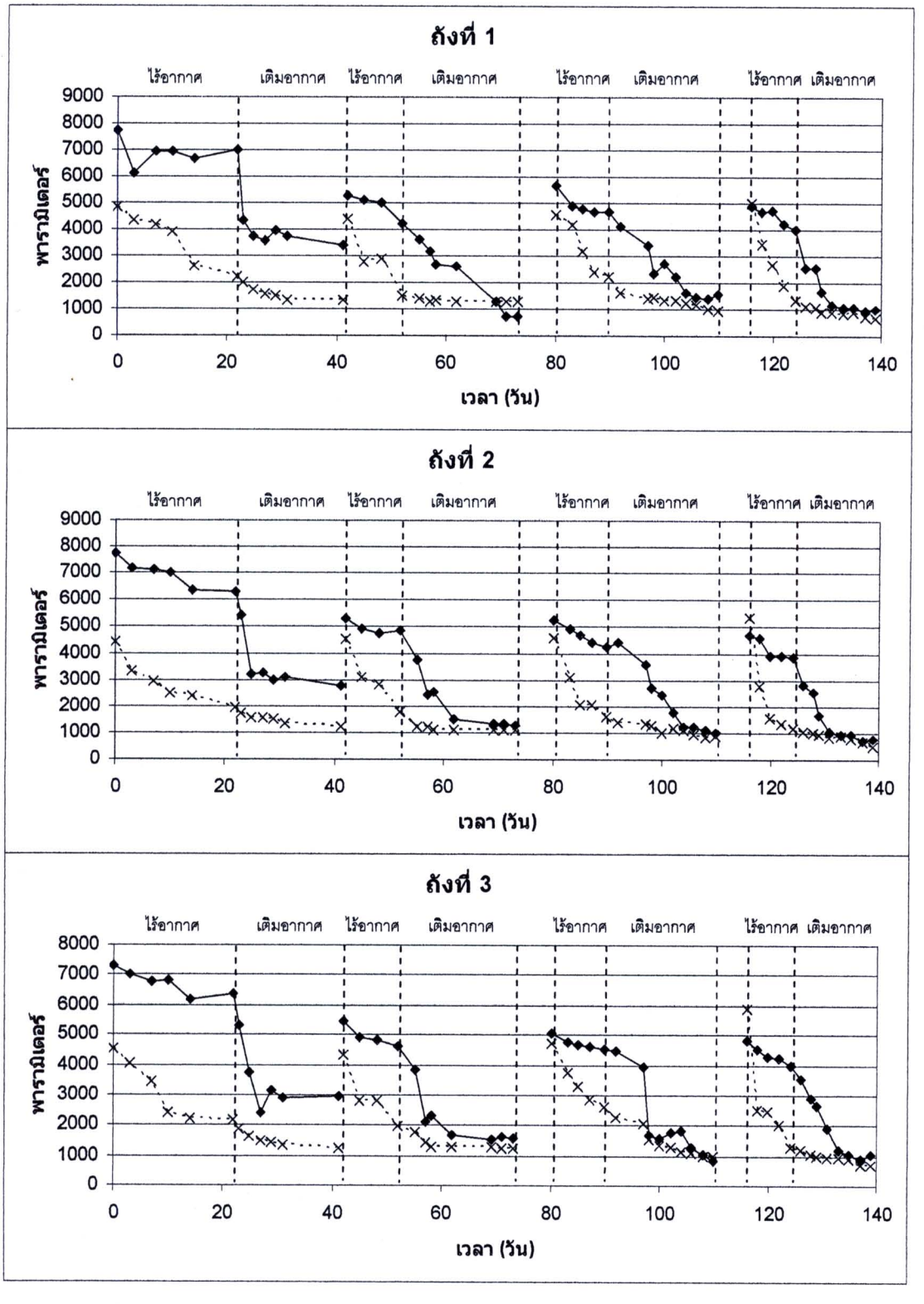
ซึ่งจากผลการทดลอง พบว่า จุลชีพใช้เวลาในการปรับตัวกับน้ำเสียนาน อาจเนื่องมาจากน้ำเสียจริงอาจมีสารที่เป็นพิษ หรือสารที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ยาก และมีสารอาหารที่จุลชีพต้องการไม่เพียงพอ นอกจากนี้ เมื่อเดินระบบแบบเติมอากาศ พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดยังไม่ดีพอซึ่งอาจเกิดจากจุลชีพยังไม่สามารถปรับตัวให้อาศัยอยู่ได้ทั้งสภาวะไร้อากาศและเติมอากาศ ดังนั้น หากต้องการให้จุลชีพมีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียได้ดีในทั้งสองสภาวะอาจต้องใช้เวลาอีกนานเพื่อให้จุลชีพปรับตัวได้ อีกทั้งได้เกิดอุบัติเหตุมีกรดซัลฟูริกผสมซิลเวอร์ซัลเฟตหกใส่ในถังปฏิกิริยาจึงทำให้เชื้อจุลชีพในถังปฏิกิริยาตาย ทำให้ต้องเริ่มเดินระบบใหม่ โดยเปลี่ยนจากน้ำเสียจริงมาใช้เป็นน้ำเสียสังเคราะห์จากนมขาดมันเนยและสีย้อมชนิด Reactive Black 5 เนื่องจากคาดว่าน้ำเสียสังเคราะห์นี้น่าจะมีแต่สารที่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ และมีสารอาหารเพียงพอต่อความต้องการของจุลชีพ

4.1.2 การเดินระบบใหม่ด้วยน้ำเสียสังเคราะห์

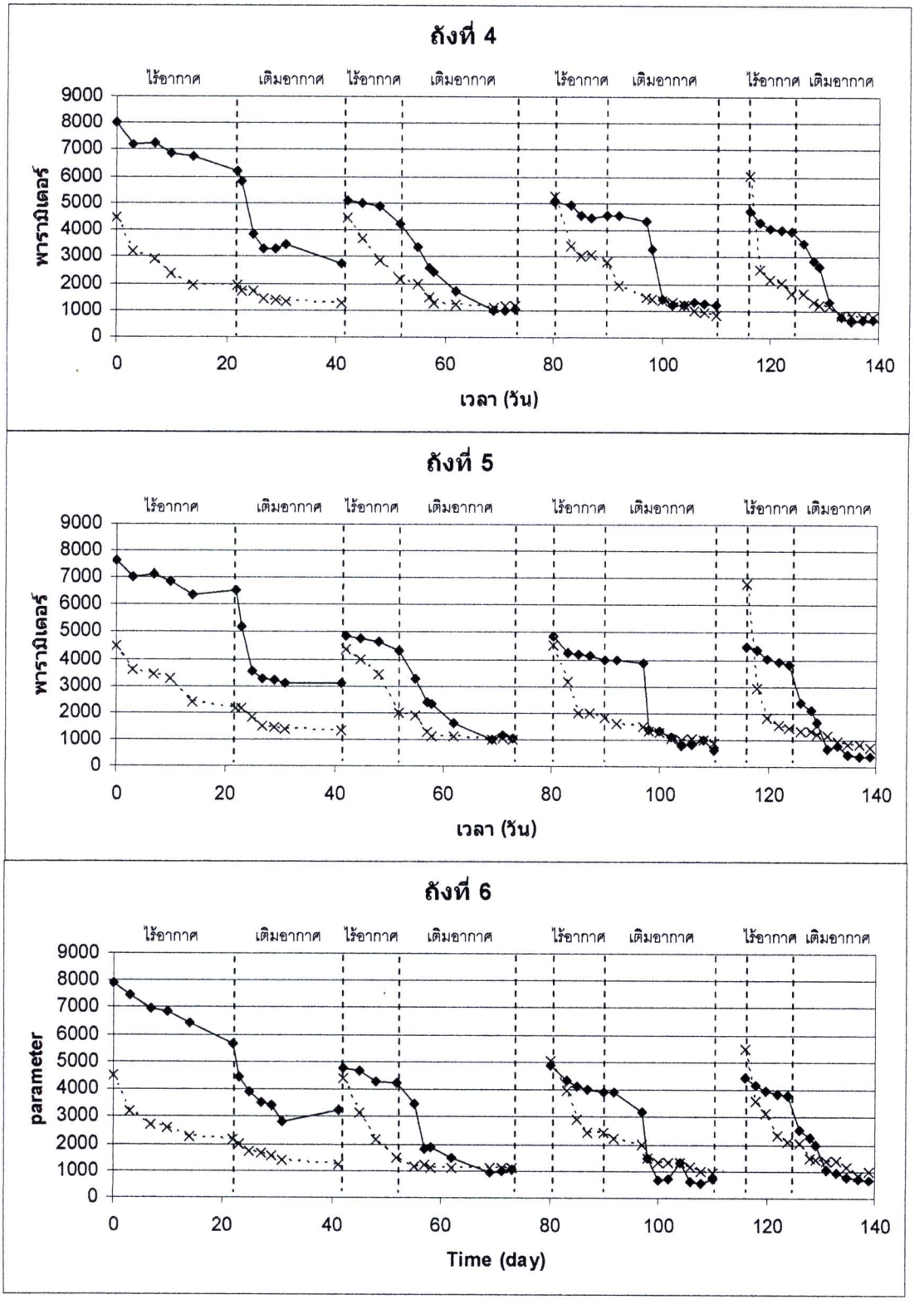
ในงานวิจัยนี้ใช้หัวเชื้อจุลชีพจากบริษัท เสริมสุข จำกัด โดยนำไปปั่นให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน คำนวณหาค่าความเข้มข้นของตะกอนจุลชีพได้ 51,500 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นนำไปคำนวณด้วยวิธีการเทียบอัตราส่วนให้ได้ความเข้มข้นของตะกอนจุลชีพ 3000 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วนำตะกอนจุลชีพที่ความเข้มข้นดังกล่าวใส่ในถังปฏิกิริยาแบบแบทช์ที่มีขนาด 5 ลิตร จำนวน 9 ถัง และเติมน้ำเสียสังเคราะห์ที่ทำจากนมขาดมันเนยซึ่งมีค่าซีโอดีประมาณ 5000 มิลลิกรัมต่อลิตร และสีชนิด Reactive Black 5 ที่มีค่าความเข้มข้นสีเริ่มต้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ปรับค่าพีเอชเริ่มต้นรวมถึงตลอดการทดลองให้อยู่ในช่วง 7–7.2 โดยใช้ไดโพแทสเซียมฟอสเฟต (K_2HPO_4) และโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) แล้วทำการเดินระบบบำบัดแบบไร้อากาศ-เติมอากาศ โดยมีการควบคุมอายุตะกอนตั้งแต่เริ่มต้นเดินระบบรอบใหม่

4.2 ผลการศึกษาการหาอายุตะกอนที่เหมาะสม

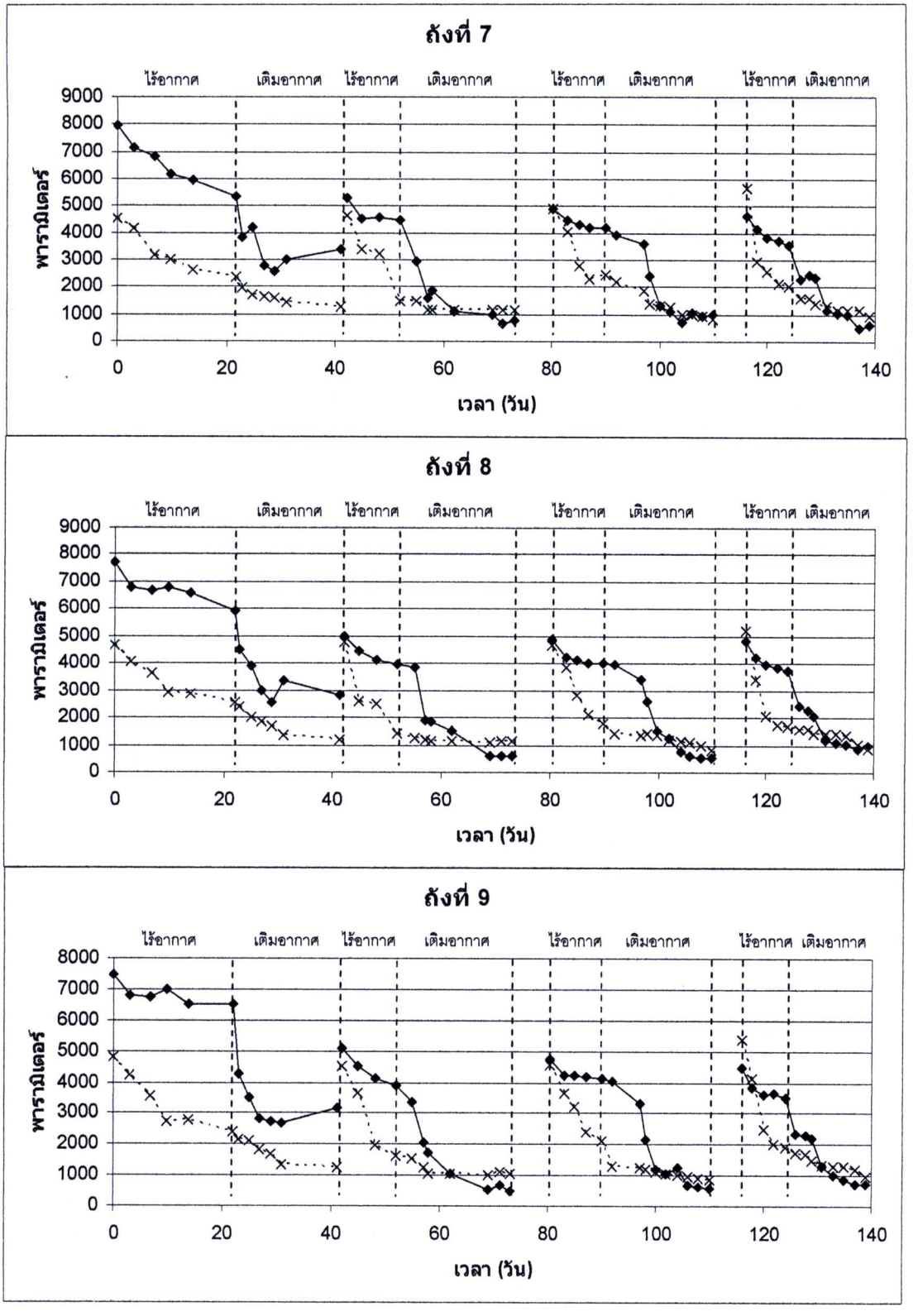
การศึกษาหาค่าอายุตะกอนที่เหมาะสม 3 ค่า ด้วยวิธีการทิ้งน้ำหลังจากเดินระบบครบรอบของการทดลอง โดยใช้ถังปฏิกิริยาทั้งหมด 9 ถัง คือ ถังที่ 1-3 ทิ้งน้ำ 1 ลิตร ถังที่ 4-6 ทิ้งน้ำ 2.5 ลิตร และถังที่ 7-9 ทิ้งน้ำ 4 ลิตร ซึ่งในการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ค่าซีโอดีและสี จะทำการเก็บถังละ 1 ตัวอย่างและทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ซึ่งจากผลการทดลองการวิเคราะห์ค่าซีโอดีและสีเทียบกับเวลา พบว่า การทำงานของระบบบำบัดจะค่อนข้างคงที่เมื่อทำการทดลองไปทั้งหมด 4 รอบ และมีประสิทธิภาพและอัตราการบำบัดในแต่ละรอบใกล้เคียงกัน แสดงดังรูปที่ 4.3 4.4 และ 4.5



รูปที่ 4.3 การศึกษาการหาอายุตะกอนที่เหมาะสมโดยการทิ้งน้ำตะกอน 1 ลิตร



รูปที่ 4.4 การศึกษาการหาอายุตะกอนที่เหมาะสมโดยการทิ้งน้ำตะกอน 2.5 ลิตร



รูปที่ 4.5 การศึกษาการหาอายุตะกอนที่เหมาะสมโดยการทิ้งน้ำตะกอน 4 ลิตร

จากผลการทดลองข้างต้น จะเห็นได้ว่าแนวโน้มของกราฟทั้งค่าซีโอดีและสีของการทดลองรอบที่ 1 ยังมีแนวโน้มการลดลงที่ไม่คงที่ เนื่องมาจากเชื้อจุลชีพอาจจะยังอยู่ในช่วงปรับสภาพให้เข้ากับน้ำเสีย และเมื่อเริ่มควบคุมอายุตะกอนตั้งแต่จบการทดลองรอบที่ 1 จะเห็นได้ว่ากราฟทั้งค่าซีโอดีและสีมีแนวโน้มการลดลงที่คงที่และมีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมถึงใช้เวลาในการบำบัดแต่ละรอบน้อยลง

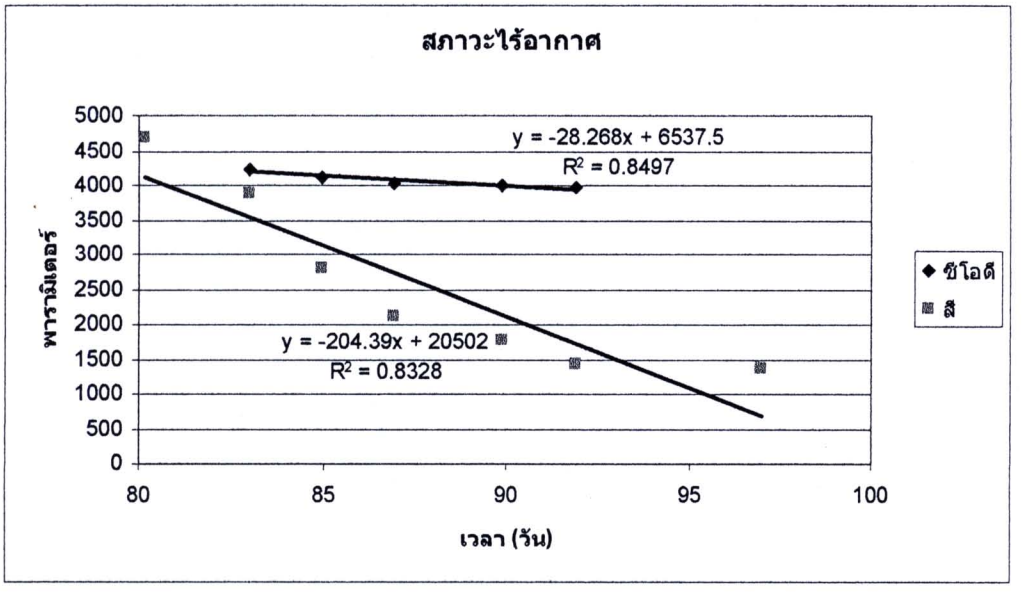
การหาค่าอายุตะกอนสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (3) ดังที่กล่าวในบทที่ 2 ซึ่งผลของการคำนวณค่าอายุตะกอนแสดงดังตารางที่ 4.1 สำหรับค่า MLVSS ของแต่ละอายุตะกอนในการทดลองนี้หาได้จากการนำค่าเฉลี่ยของ ns-COD ของทั้ง 3 ถัง ที่มีค่าอายุตะกอนเดียวกันมาทำการเฉลี่ยเป็นค่า MLVSS ของอายุตะกอนนั้นๆ

ตารางที่ 4.1 ผลการคำนวณหาค่าอายุตะกอนจากการทิ้งน้ำ 1 2.5 และ 4 ลิตร

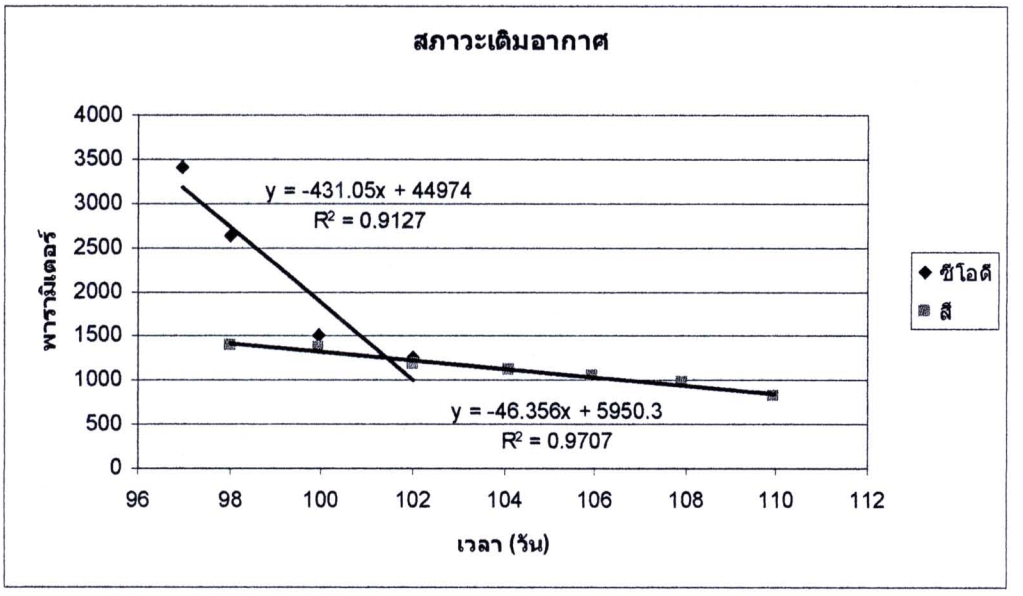
การทิ้งน้ำ (ลิตร)	**อายุตะกอน* (วัน)**	**MLVSS (มิลลิกรัมซีโอดีต่อลิตร)**
1	96	1671±64
2.5	44	1442±93
4	29	1270±14

* คิดจากการเก็บตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์ตลอดการทดลองรวมกับการทิ้งน้ำเมื่อสิ้นสุดการทดลองในแต่ละรอบ

การคำนวณหาอัตราการบำบัดค่าซีโอดีและสีในการทดลองนี้ สามารถทำได้โดยการนำค่าซีโอดีและสีของแต่ละสภาวะในแต่ละรอบในช่วงเริ่มต้นที่มีแนวโน้มการลดลงชันที่สุดไปสร้างเป็นกราฟเส้นตรงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีและสีต่อเวลา แสดงดังรูปที่ 4.6 และ 4.7

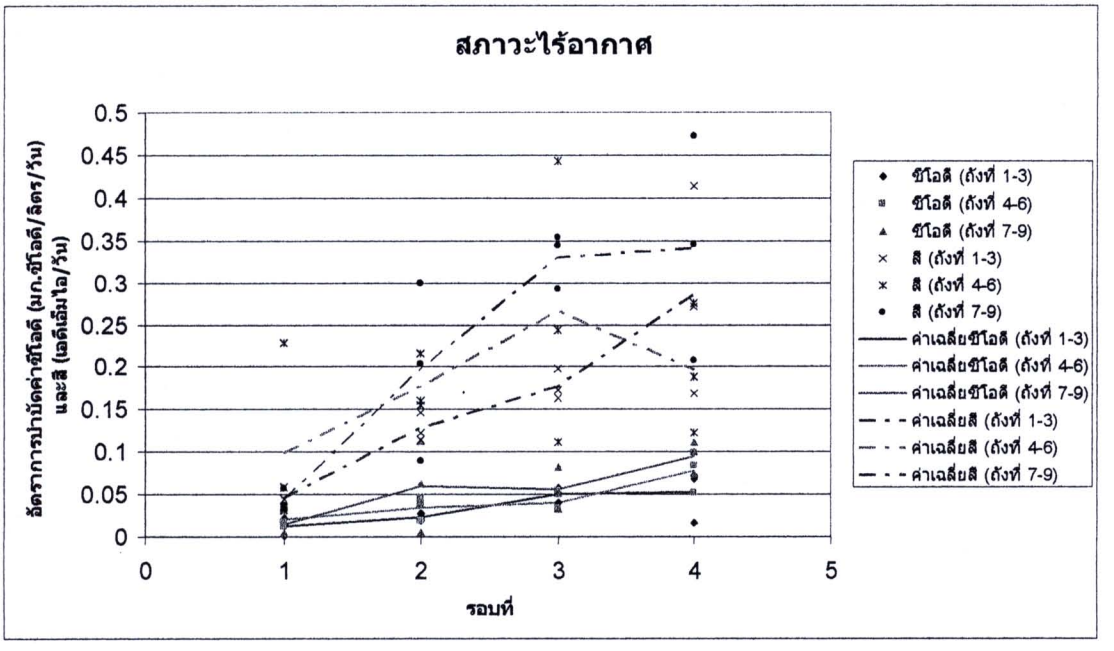


รูปที่ 4.6 ตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีและสีต่อเวลาในสภาวะไร้อากาศ

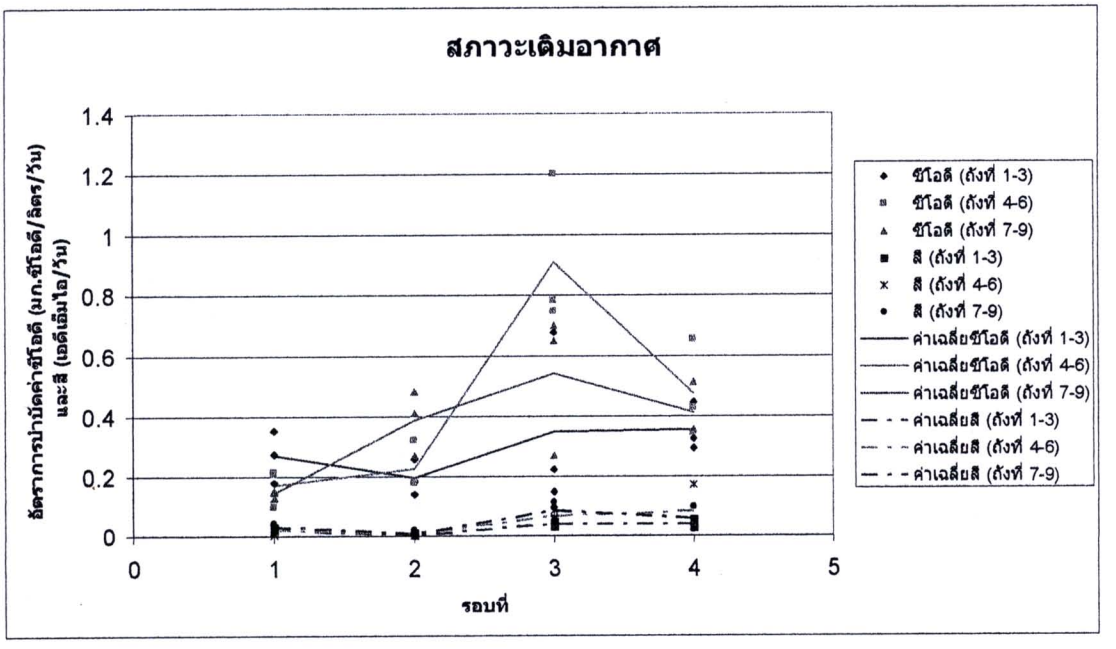


รูปที่ 4.7 ตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีและสีต่อเวลาในสภาวะเติมอากาศ

จากนั้นนำค่าความชันที่ได้ของแต่ละถังไปหารด้วยค่าเฉลี่ยของ MLVSS ในช่วงนั้นๆ (MLVSS ในแต่ละช่วงคิดจากค่าเฉลี่ยของ ns-COD ในช่วงนั้นๆ) ได้เป็นอัตราการบำบัดของช่วงดังกล่าว เมื่อทำครบทุกรอบของแต่ละสภาวะแล้วสามารถสร้างเป็นกราฟอัตราการบำบัดค่าซีโอดีและสี ซึ่งพบว่า แนวโน้มของอัตราการบำบัดทั้งค่าซีโอดีและสีของทุกค่าอายุตะกอนในรอบที่ 1 และ 2 นั้น เป็นช่วงการปรับตัวของเชื้อจุลชีพ จึงจะเห็นได้ว่าอัตราการบำบัดค่าซีโอดีและสีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและจะค่อนข้างคงที่ในรอบที่ 3 และ 4 โดยในสภาวะไร้อากาศค่าซีโอดีจะถูกบำบัดได้เพียงเล็กน้อยแต่สีจะถูกบำบัดได้มาก ส่วนในสภาวะเติมอากาศมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าซีโอดีสูง แต่การบำบัดสีจะเกิดขึ้นน้อยมาก ดังแสดงในรูปที่ 4.8 และ 4.9



รูปที่ 4.8 อัตราการบำบัดค่าซีโอดีและสีในสภาวะไร้อากาศ



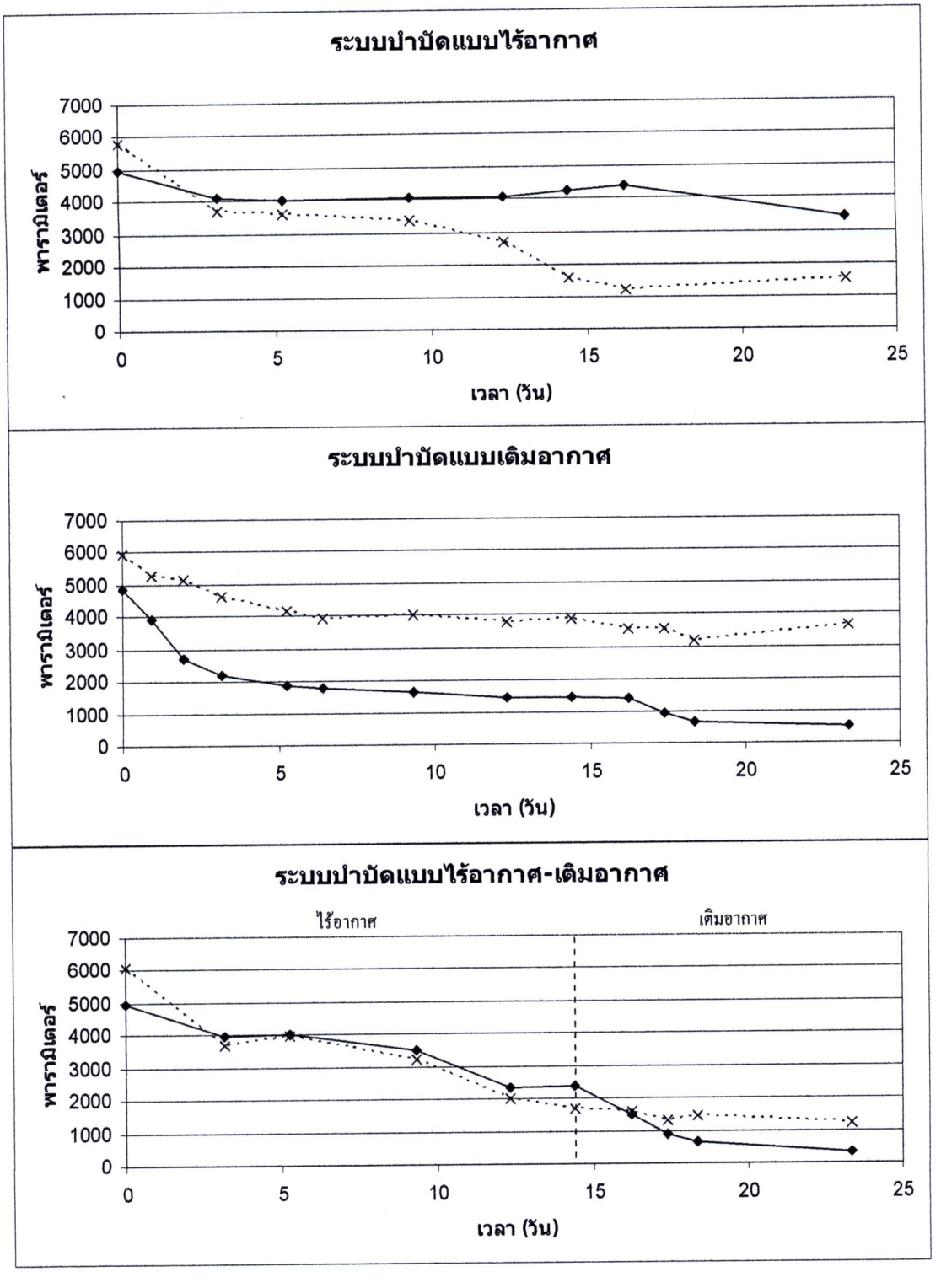
รูปที่ 4.9 อัตราการบำบัดค่าซีโอดีและสีในสภาวะเติมอากาศ

การศึกษาอัตราการลดลงของค่าซีโอดีและสีทั้ง 3 ค่าอายุตะกอน พบว่า ในสภาวะไร้อากาศอัตราการลดลงของสีในถังที่ 7-9 ที่ควบคุมอายุตะกอน 29 วัน มีแนวโน้มของอัตราการลดสีดีที่สุด ส่วนอัตราการลดลงของค่าซีโอดีมีค่าใกล้เคียงกันทุกถัง และในสภาวะเติมอากาศแม้ว่าอัตราการลดลงของค่าซีโอดีในถังที่ 4-6 จะดีที่สุดแต่ก็มีค่าใกล้เคียงกับถังที่ 7-9 ส่วนอัตราการลดลงของสีมีค่าใกล้เคียงกันทุกถัง และเนื่องจากในงานวิจัยนี้ต้องการเน้นในเรื่องการศึกษาการบำบัดสี อีกทั้งอัตราการบำบัดค่าซีโอดีของแต่ละถังก็มีค่าต่างกันไม่มากนัก ดังนั้น จึงเลือกถังที่ 7-9 ที่มีค่าอายุตะกอน 29 วัน ไปใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป และผลการศึกษาการหาอายุตะกอนที่เหมาะสมในการเดินระบบรอบสุดท้ายทำให้เราทราบระยะเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการบำบัดในสภาวะไร้อากาศ คือ 8 วัน และ ระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัดในสภาวะเติมอากาศ คือ 6 วัน โดยเมื่อเปรียบเทียบเทียบกับงานวิจัยของ Isik และ Sponza (2008) พบว่า ระยะเวลาเก็บกักของงานวิจัยนี้ในช่วงไร้อากาศมีค่าน้อยกว่า แต่ช่วงเติมอากาศมีค่ามากกว่า นอกจากนี้ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zaoyan และคณะ (1992); Randall (1993); Shaw และคณะ (2001); Frijter และคณะ (2006) และปรีชาวิทย์ รอดรัตน์ (2543) ที่กล่าวว่า เมื่อระยะเวลาเก็กกักในช่วงไร้อากาศเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพในการบำบัดสีก็จะเพิ่มขึ้นตาม ส่วนระยะเวลาเก็บกักในช่วงเติมอากาศที่ได้จากงานวิจัยนี้มีค่านานกว่างานวิจัยของ Isik และ Sponza (2008) อาจเกิดจากงานวิจัยนี้เป็นการทดลองในถังปฏิกิริยาแบบแบทช์ที่เดินระบบทั้งสองสภาวะในถังเดียว เมื่อมีการเปลี่ยนสภาวะกะทันหันจึงทำให้เชื้อจุลชีพอาจจะต้องใช้ระยะเวลาในการปรับตัว

4.3 ผลการศึกษาการเดินระบบบำบัดแบบไร้อากาศ แบบเติมอากาศ และแบบไร้อากาศ-เติมอากาศ

การศึกษาในหัวข้อนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาข้อแตกต่างของการเดินระบบบำบัดแบบไร้อากาศ แบบเติมอากาศ และแบบไร้อากาศ-เติมอากาศ สำหรับการบำบัดน้ำเสียที่มีสีย้อมเจือปน โดยแต่ละระบบใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่ทำจากนมขาดมันเนยซึ่งมีค่าซีโอดีประมาณ 5000 มิลลิกรัมต่อลิตร และสีชนิด Reactive Black 5 ที่มีค่าความเข้มข้นสีเริ่มต้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ปรับค่าพีเอชเริ่มต้นรวมถึงตลอดการทดลองให้อยู่ในช่วง 7–7.2 และเลือกใช้ค่าอายุตะกอน 29 วัน โดยเชื้อจุลชีพที่นำมาใช้มาจากการทดลองการหาค่าอายุตะกอนที่เหมาะสม ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.10

จากผลการทดลอง พบว่า การเดินระบบบำบัดแบบไร้อากาศเพียงอย่างเดียวมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าซีโอดีได้ไม่ดีนัก แต่จะมีประสิทธิภาพในการบำบัดสีดี เนื่องจากในการบำบัดแบบไร้อากาศจะเกิดการสลายพันธะของกลุ่มอะตอมเอโซในโมเลกุลสีทำให้สีลดลง (Van der Zee และ Villaverde, 2005) ส่วนการเดินระบบบำบัดแบบเติมอากาศเพียงอย่างเดียวจะมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าซีโอดีดีมาก แต่จะมีประสิทธิภาพในการบำบัดสีไม่ค่อยดีนัก และในการเดินระบบบำบัดแบบเติมอากาศนี้จะเกิดฟองขึ้นเป็นจำนวนมากในช่วงแรกของการเดินระบบซึ่งถือเป็นข้อเสียอย่างหนึ่งของการเดินระบบบำบัดแบบเติมอากาศ และเมื่อทำการเดินระบบบำบัดแบบไร้อากาศ-เติมอากาศ พบว่า ระบบจะมีประสิทธิภาพในการบำบัดได้ดีทั้งค่าซีโอดีและสี เพราะฉะนั้นการเดินระบบบำบัดแบบไร้อากาศ-เติมอากาศจึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่มีสีย้อมเจือปนมากกว่าการเดินระบบบำบัดแบบไร้อากาศหรือเติมอากาศเพียงอย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zaoyan และคณะ (1992); Randall (1993); Shaw และคณะ (2001); Frijter และคณะ (2006) และปรีชาวิทย์ รอดรัตน์ (2543) อีกทั้งเมื่อมีการเดินระบบทั้งสองอย่างต่อเนื่องกัน พบว่า ในสภาวะเติมอากาศจะช่วยย่อยสลายสารประกอบอะโรมาติกเอมีนซึ่งเป็นสารที่เป็นพิษที่เกิดจากการย่อยสลายพันธะของกลุ่มอะตอมเอโซด้วยกระบวนการบำบัดแบบไร้อากาศได้ (Van der Zee และ Villaverde, 2005)



รูปที่ 4.10 ผลการเดินระบบบำบัดแบบไร้อากาศ แบบเติมอากาศ และแบบไร้อากาศ-เติมอากาศ

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการเดินระบบแบบไร้อากาศ แบบเติมอากาศ และแบบไร้อากาศ-เติมอากาศ

ระบบ	% การบำบัด	
	ค่าซีโอดี	สี
แบบไร้อากาศ	31.35	73.17
แบบเติมอากาศ	89.28	38.40
แบบไร้อากาศ-เติมอากาศ	93.55	79.56

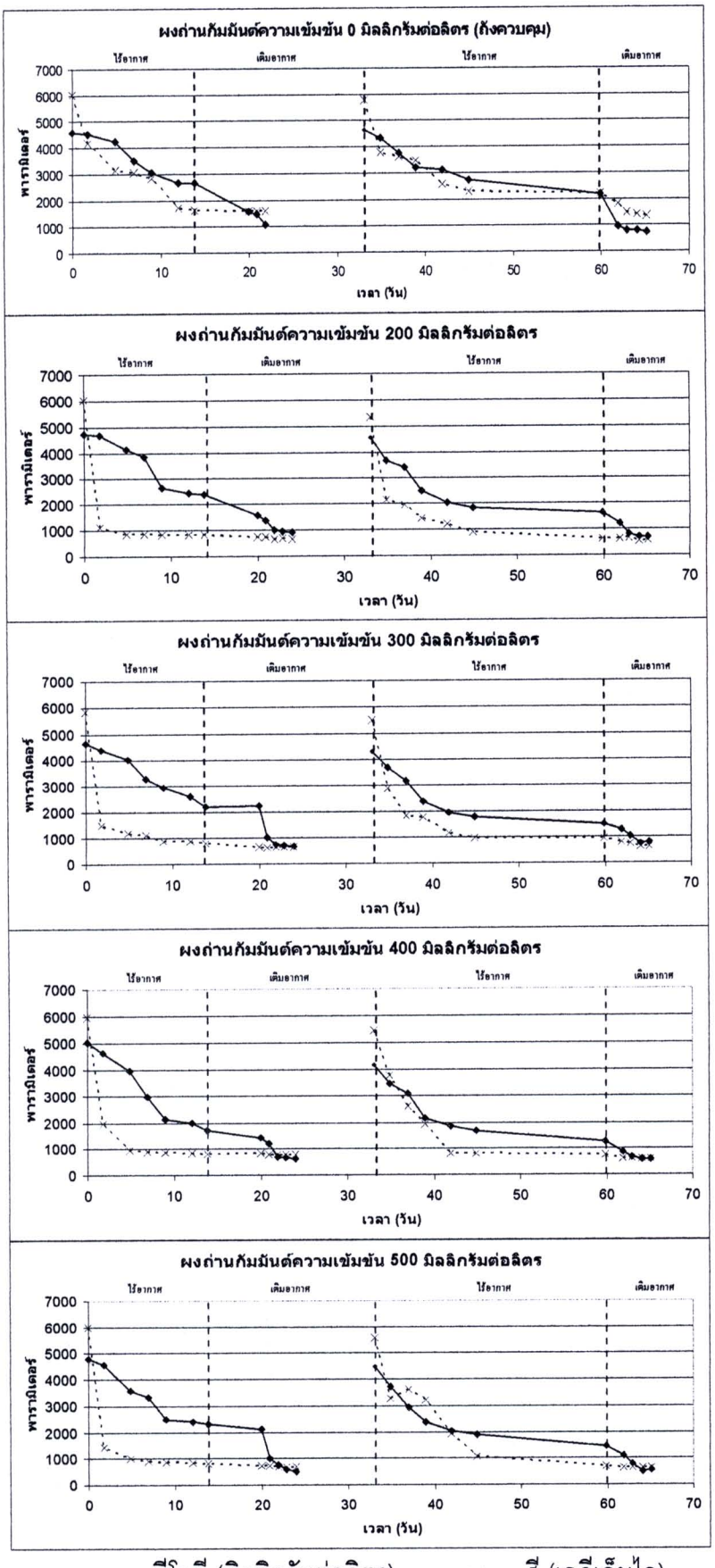
4.4 ผลการศึกษาผลกระทบของการใส่สารช่วยลดสีที่มีต่อการทำงานของระบบบำบัดแบบไร้อากาศ-เติมอากาศ

จากการศึกษาผลของสารช่วยลดสีได้แก่ ผงถ่านกัมมันต์ เฟอริกคลอไรด์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ได้ผลดังนี้

4.4.1 ผลของผงถ่านกัมมันต์

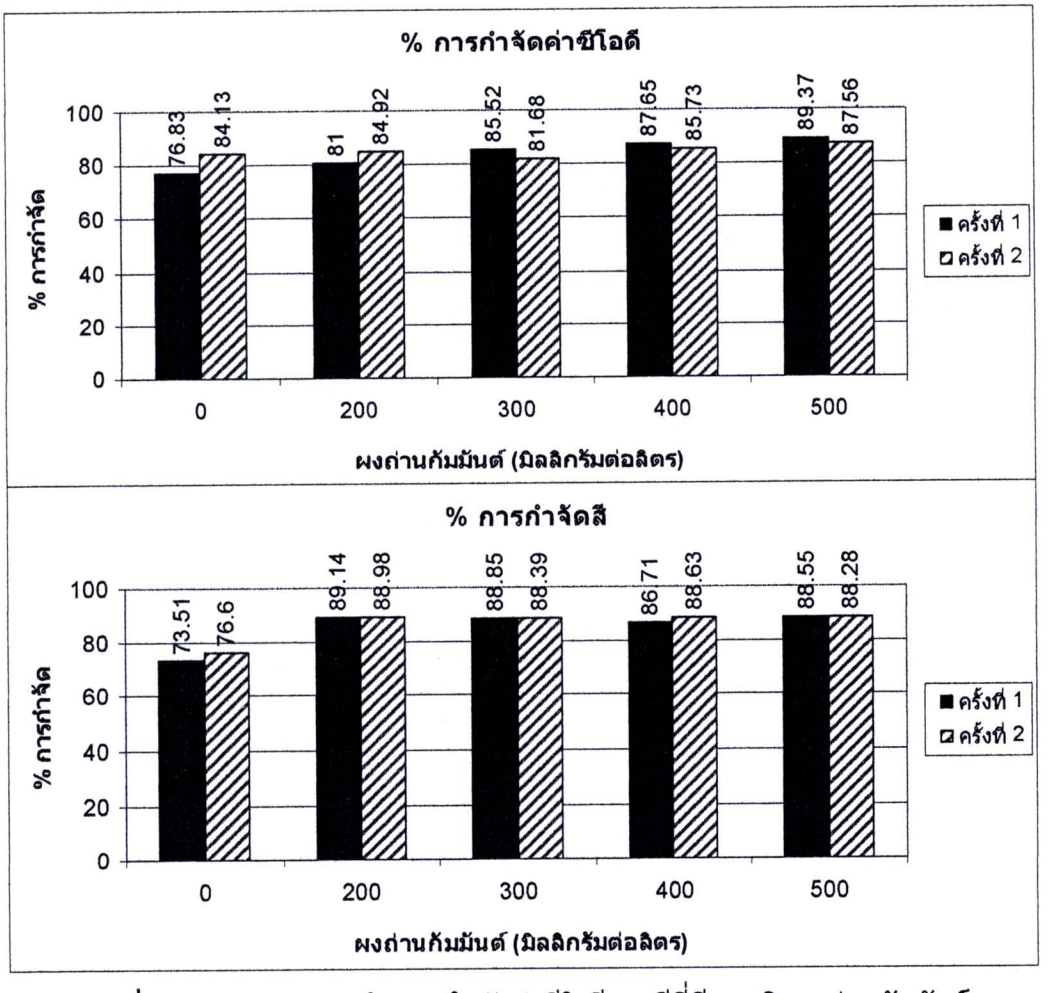
ในการเติมผงถ่านกัมมันต์เพื่อเป็นสารช่วยลดสี เป็นการทำให้เกิดกระบวนการดูดซับ (Adsorption Process) โดยผงถ่านกัมมันต์จะทำหน้าที่เป็นสารดูดซับ (adsorbent) อนุภาคของสี ซึ่งอนุภาคของสีจะถูกกำจัดออกจากน้ำและไปเกาะติดอยู่บนตัวดูดซับ ทั้งที่ผิวภายในโพรงของตัวดูดซับและที่ผิวภายนอกของตัวดูดซับ

จากการทดลองเพื่อศึกษาหาผลกระทบของการเติมผงถ่านกัมมันต์ที่ความเข้มข้น 200 300 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร เข้าสู่ถังปฏิกิริยาที่มีการเดินระบบในสภาวะไร้อากาศ-เติมอากาศ ซึ่งมีค่าความเข้มข้นของค่าซีโอดีเริ่มต้น 5000 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าความเข้มข้นของสีเริ่มต้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยควบคุมอายุตะกอนให้มีค่า 29 วัน และทำการทดลอง 2 รอบการทดลอง แสดงดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 ผลของการเติมผงถ่านกัมมันต์ที่ความเข้มข้น 0 200 300 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร

ผลของการทดลองการเดินระบบบำบัดแบบไร้อากาศ-เติมอากาศในถังควบคุมมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าซีโอดีเฉลี่ย 80.48 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพในการบำบัดสีเฉลี่ย 75.05 เปอร์เซ็นต์ โดยเมื่อทดลองเติมผงถ่านกัมมันต์ที่ความเข้มข้น 200 300 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร เข้าสู่ระบบ พบว่า มีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าซีโอดีเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 83-88 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพการบำบัดสีเฉลี่ย 88-89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.12 และเมื่อนำประสิทธิภาพการบำบัดของค่าซีโอดีและสีที่มีการเติมผงถ่านกัมมันต์ที่มีค่าสูงที่สุดไปเปรียบเทียบกับการเดินระบบแบบไม่ได้เติมผงถ่านกัมมันต์ พบว่า การเติมผงถ่านกัมมันต์ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดค่าซีโอดีและสีเพิ่มขึ้น 9.92 เปอร์เซ็นต์ และ 18.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ นวลละออ เนียมสอิ้ง (2525); ธงชัย พรรณสวัสดิ์ (2527ก) และกมลรัตน์ ดีประเสริฐวงศ์ (2540) ที่พบว่าปริมาณผงถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดสีย้อมจะมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 200-300 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าซีโอดี 90-98 เปอร์เซ็นต์ และสี 60-97 เปอร์เซ็นต์ ก็พบว่าผลการทดลองที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยนี้

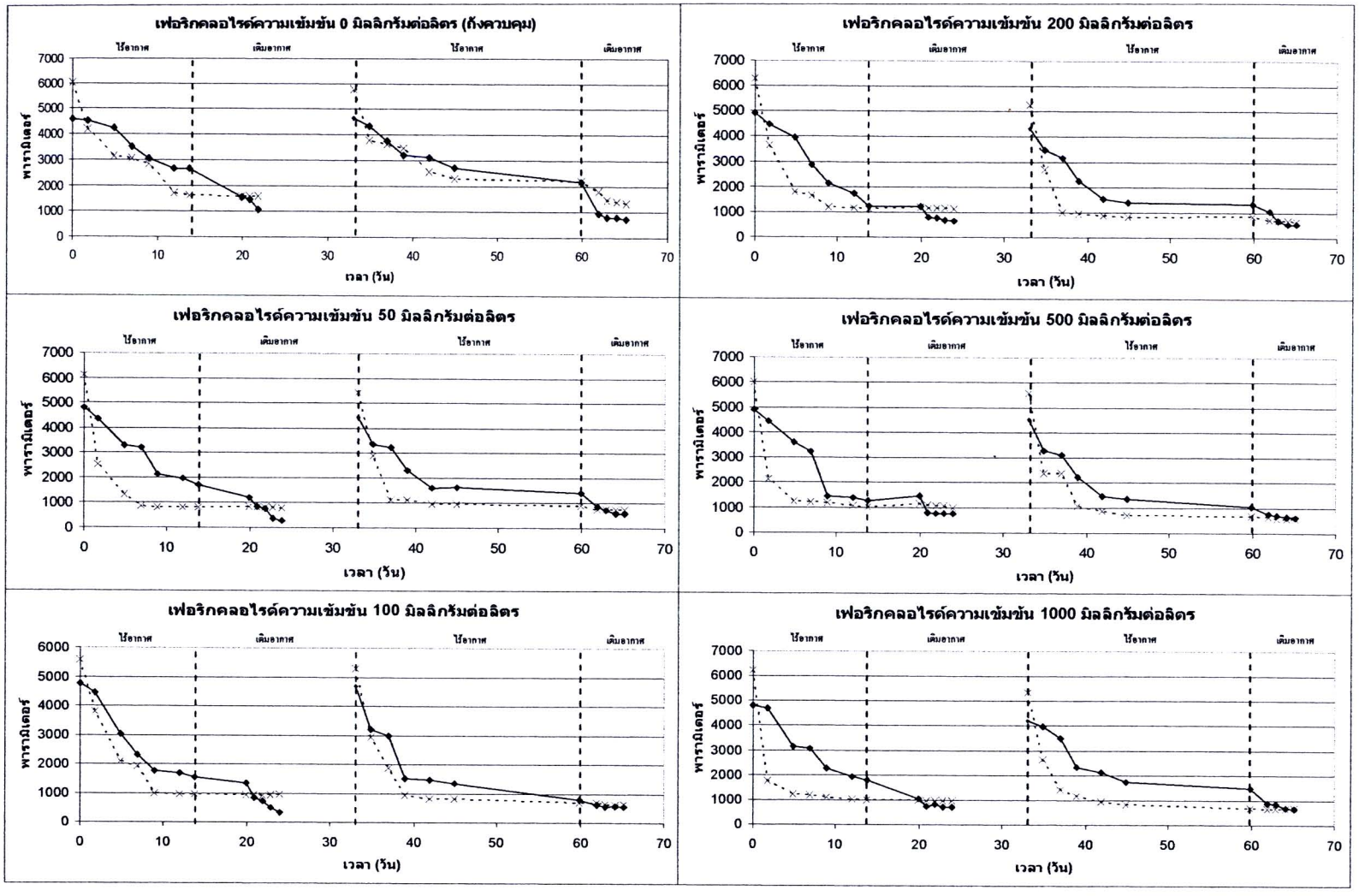


รูปที่ 4.12 ประสิทธิภาพในการบำบัดค่าซีโอดีและสีที่มีการเติมผงถ่านกัมมันต์

4.4.2 ผลของเฟอริกคลอไรด์

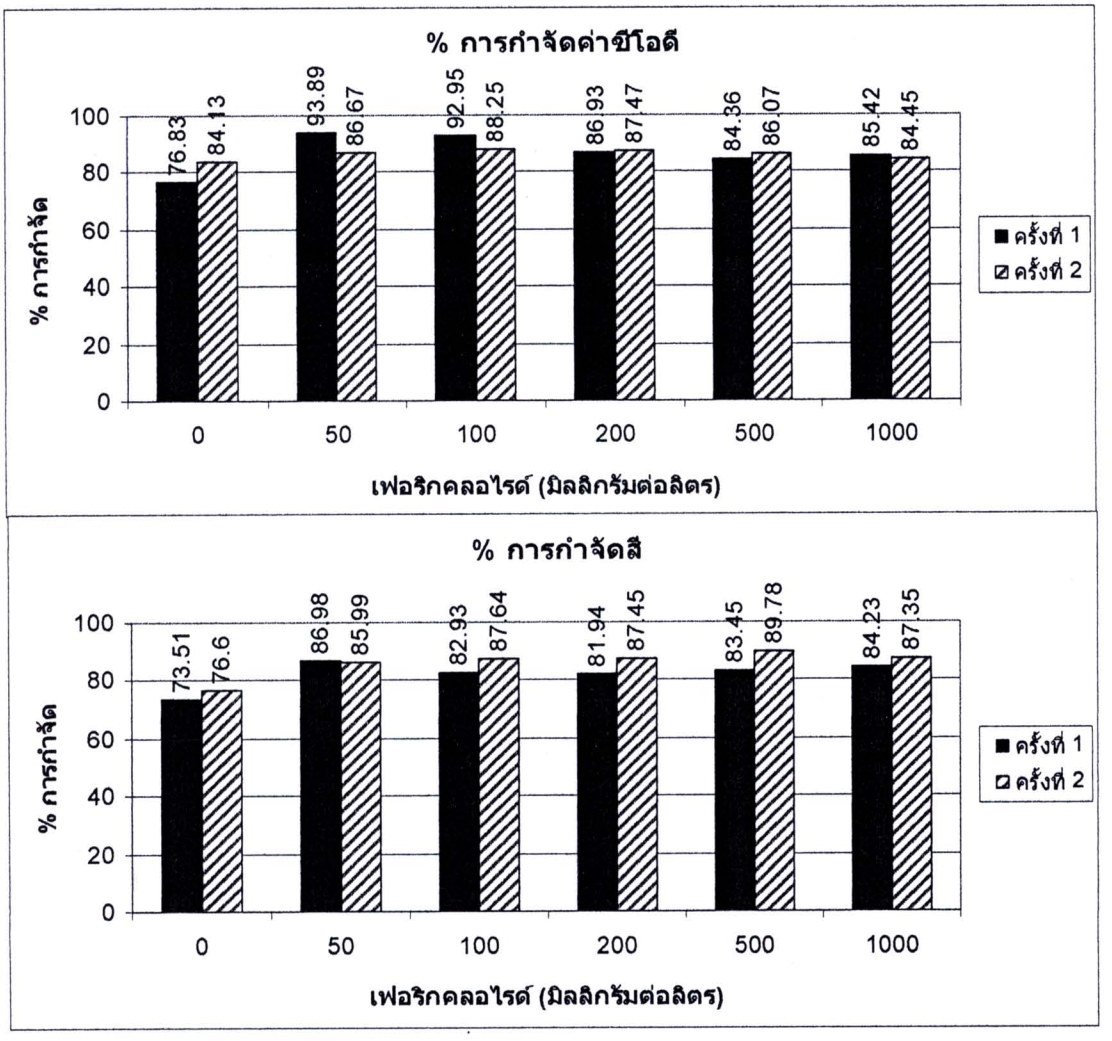
ในการเติมเฟอริกคลอไรด์เพื่อเป็นสารช่วยลดสี เป็นการทำให้เกิดกระบวนการตกตะกอน (Precipitation) โดยเฟอริกคลอไรด์จะทำหน้าที่เป็นสารก่อตะกอน (Coagulant) ซึ่งจะเพิ่มประจุบวกในน้ำทำให้เกิดการลดแรงผลักของอนุภาคที่มีประจุลบ ส่งผลให้อนุภาคเคลื่อนตัวเข้าหากันและเกาะกันมากขึ้น เกิดอนุภาคที่มีขนาดใหญ่สามารถตกตะกอนได้ง่าย

จากการทดลองเพื่อศึกษาหาผลกระทบของการจากการเติมเฟอริกคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 50 100 200 500 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร เข้าสู่ถังปฏิกิริยาที่มีการเดินระบบในสภาวะไร้อากาศ-เติมอากาศ ซึ่งมีค่าความเข้มข้นของค่าซีโอดีเริ่มต้น 5000 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าความเข้มข้นของสีเริ่มต้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยควบคุมอายุตะกอนให้มีค่า 29 วัน และทำการทดลอง 2 รอบการทดลอง แสดงดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 ผลของการเติมเฟอริกคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 0 50 100 200 500 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร

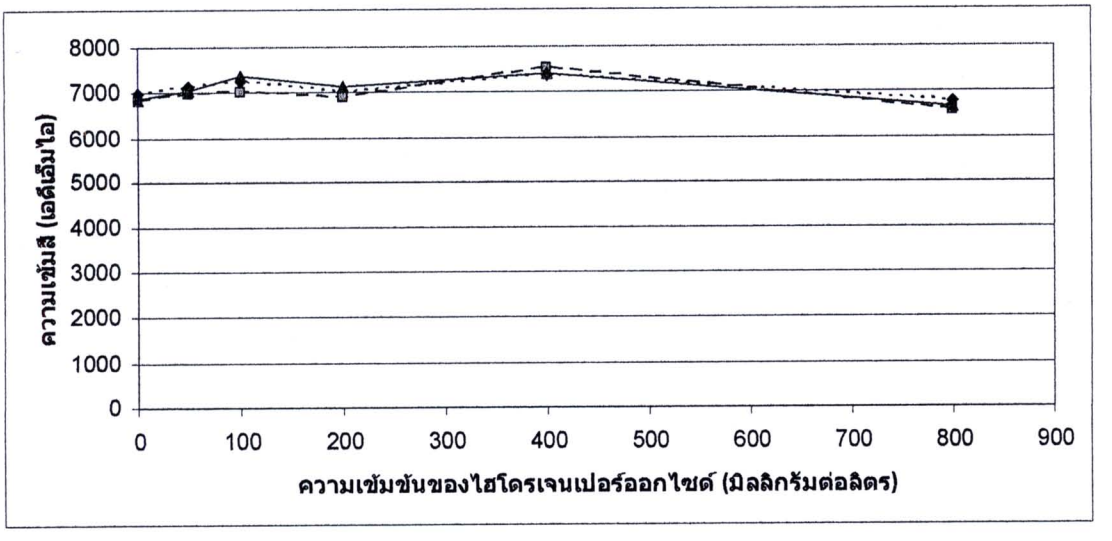
ผลของการทดลองการเดินระบบบำบัดแบบไร้อากาศ-เติมอากาศในถังควบคุมมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าซีโอดีเฉลี่ย 80.48 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพในการบำบัดสีเฉลี่ย 75.05 เปอร์เซ็นต์ โดยเมื่อทดลองเติมเฟอริกคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 50 100 200 500 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร เข้าสู่ระบบ พบว่า มีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าซีโอดีเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือ 85-91เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพการบำบัดสีเฉลี่ย 85-87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.14 และเมื่อนำประสิทธิภาพการบำบัดของค่าซีโอดีและสีที่มีการเติมเฟอริกคลอไรด์ที่มีค่าสูงที่สุดไปเปรียบเทียบกับการเดินระบบแบบไม่ได้เติมเฟอริกคลอไรด์ พบว่า การเติมเฟอริกคลอไรด์ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดค่าซีโอดีและสีเพิ่มขึ้น 12.62 เปอร์เซ็นต์ และ 15.51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Kim และคณะ (2004) พบว่า ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ซึ่งเป็นการบำบัดสีด้วยกระบวนการไร้อากาศ-เติมอากาศและใส่เฟอริกคลอไรด์ มีประสิทธิภาพในการบำบัดซีโอดีและสีสูงกว่าการบำบัดโดยใช้เฟอริกคลอไรด์เป็นสารก่อตะกอนเพียงอย่างเดียว



รูปที่ 4.14 ประสิทธิภาพในการบำบัดค่าซีโอดีและสีที่มีการเติมเฟอริกคลอไรด์

4.4.3 ผลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

จากการทดลองหาความเข้มข้นที่ดีที่สุดของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้น 50 100 200 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร ด้วยวิธีการทำจาร์เทสต์และควบคุมค่าพีเอชให้อยู่ในช่วง 7-7.2 เพื่อให้สามารถนำไปใช้ในระบบบำบัดทางชีวภาพได้ พบว่า ทุกความเข้มข้นของไอโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ได้เลือกใช้ข้างต้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสี แสดงดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 ผลของการทำจาร์เทสต์ของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

4.5 การนำไปใช้ในการออกแบบระบบจริง

การนำงานวิจัยนี้ไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมด้วยระบบบำบัดทางชีวภาพแบบไร้อากาศ-เติมอากาศ มีขั้นตอนดังนี้ คือ จากงานวิจัยนี้ซึ่งเป็นการทดลองแบบแบทช์ ทำให้ทราบระยะเวลาเก็บกักที่เหมาะสมของการบำบัดทั้งช่วงไร้อากาศและเติมอากาศ ซึ่งหาได้จากการหาอายุตะกอนที่เหมาะสมในการเดินระบบรอบสุดท้าย คือ ในช่วงไร้อากาศมีระยะเก็บกัก 8 วัน และช่วงเติมอากาศมีระยะเวลาเก็บกัก 6 วัน ในการนำไปใช้ออกแบบระบบจริงหากมีอัตราการไหลของน้ำเสียอย่างต่อเนื่องสามารถปรับให้เป็นระบบแบบ Plug Flow ได้ เนื่องจากระบบแบบแบทช์และระบบแบบ Plug Flow มีระยะเวลาเก็บกักเท่ากัน โดยเมื่อทราบอัตราการไหลของน้ำเสียที่เกิดขึ้นจะสามารถคำนวณหาขนาดของถังปฏิกิริยาทั้งในช่วงไร้อากาศและเติมอากาศได้ ทั้งนี้ ขนาดของถังปฏิกิริยาจะต้องมีอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้างของถังมากกว่าหรือเท่ากับ 10 เพื่อให้เกิดการไหลแบบ Plug Flow ที่สมบูรณ์ ในส่วนของการควบคุมอายุตะกอนให้ได้ 29 วัน ตามผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ สามารถทำได้โดยการควบคุมอัตราการทิ้งตะกอนออกจากระบบ ซึ่งคำนวณได้ตามสมการ (6) ดังที่กล่าวในบทที่ 2 และควบคุมอัตราส่วนอาหารต่อจุลชีพให้มีค่าเท่ากับ 0.20 วัน$^{-1}$ (รายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข)