เอกสารอ้างอิง

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2545). **ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ.** กรุงเทพฯ: สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

———. (2548). **ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ.** กรุงเทพฯ: สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน.

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. (2546). **คู่มือวิชาการระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ เล่ม 1.** กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

———. (2546). **คู่มือวิชาการระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ เล่ม 2.** กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2549). การนำของเสียจากการผลิตเอทานอลมาใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มมูลค่า. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (เอกสารอัดสำเนา).

กาญนิถา ครองธรรมชาติ, & สมชาย ดารารัตน์. (2546). จุลินทรีย์แบบเม็ดของระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ. **ว. LAB. TODAY, 2**(11), 26-30.

กาญนิถา ครองธรรมชาติ, สมชาย ดารารัตน์,โสภณ บุญมั่น, & ณัฐวุฒิ บุญเลี่ยม. (2551). การเพิ่มเสถียรภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ โดยเทคนิคการคัดเลือก Methanosarcina. **วิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย, 2**(22), 83-90.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. (2539). **วิศวกรรมการกำจัดน้ำเสีย เล่ม 1.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: มิตรนราการพิมพ์.

———. (2535). **วิศวกรรมการกำจัดน้ำเสีย เล่ม 2.** กรุงเทพฯ: มิตรนราการพิมพ์.

———. (2537). **วิศวกรรมการกำจัดน้ำเสีย เล่ม 3.** กรุงเทพฯ: มิตรนราการพิมพ์.

———. (2543). **วิศวกรรมการกำจัดน้ำเสีย เล่ม 4.** กรุงเทพฯ: มิตรนราการพิมพ์.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์. (2545). **การกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทางชีวภาพ.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

ธนัสนี สมบูรณ์. (2550). **ประสิทธิภาพของระบบแอนแอโรบิกไมเกรทติ้งแบลงค์เก็ตรีแอคเตอร์ (เอเอ็มบีอาร์) ในการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม.** วิทยานิพนธ์ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ปรียาพร อุปสร. (2547). **ค่าสัมประสิทธิ์ทางจลศาสตร์ของจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจนในการบำบัดน้ำเสียจากกลุ่มโรงงานกลุ่มอุตสาหกรรมอาหาร.** วิทยานิพนธ์ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

น้ำเงิน จันทร์มณี. (2549). **ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียไนโตรเจนโดยโซเดียมไนไตรท์ในระบบเอเอสบีอาร์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา) บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. (2542). **เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม เล่ม 2.** กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

———. (2546). **คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, & มั่นรักษ์ ตัณฑุลเวศม์. (2547). **เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย.** .พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. (2550). **ก๊าซชีวภาพ : พลังงานจากน้ำเสีย.** กรุงเทพฯ: มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม.

สุมลรัตน์ นิ่มกิ่งรัตน์. (2548). **ประสิทธิภาพของการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียสังเคราะห์โดยระบบแอนแอโรบิกไมเกรทติ้งแบลงค์เก็ตรีแอคเตอร์ (เอเอ็มบีอาร์).** วิทยานิพนธ์ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2546). **สถานการณ์นโยบายและมาตรการพลังงานของไทย.** กรุงเทพฯ: สำนักงาน.

สำนักข่าวแห่งชาติ กรมประชาสัมพันธ์. (2553). **กลุ่มวิเคราะห์ข่าวและฐานข้อมูล สำนักโฆษก.** กรุงเทพฯ: สำนักข่าวแห่งชาติ กรมประชาสัมพันธ์.

สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์. (2549). **ระบบบำบัดน้ำเสีย: การเลือกใช้ การออกแบบการควบคุม และการแก้ไขปัญหา.** กรุงเทพฯ: ท้อป.

อรทัย ทิมพงษ์. (2548). **ความสามารถสูงสุดของระบบเอเอสบีอาร์ในการรับภาระบรรทุกและการฟื้นคืนสภาพในการบำบัดสารอินทรีย์จากน้ำเสียในชุมชน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Amerine M.A., Berg H.W., Kunkee R.E, Ough C.S., Singleton V.L, & Webb A.C. (1980). **The Technology of Wine Making.** 4th ed. U.S.A.: Avi Publishing.

Angenent L.T., Banik G.C., & Sung S. (2001). Anaerobic Migrating Blanket Reactor Treatment of Low-Strength Wastewater at Low Temperatures. **Water Environment Research, 73**(5), 567-574.

Angenent L.T., & Sung S. (2001). Development of Anaerobic Migrating Blanket Reactor (AMBR), A Novel Anaerobic Treatment System. **Water Research, 35**(7), 1739-1747.

Angenent L.T., Sung S., & Raskin L. (2004). Formation of Granules and Methanosaeta Fiber in an Anaerobic Migrating Blanket Reactor. **Environmental Microbiology, 6**(4), 315-322.

APHAW, AWWA, & WPCF. (1998). **Standard Method for the Examination of Water and Wastewaters.** 20th ed. Washington D.C.: American Public Health Association.

Bitton G. (1989). **Wastewater Microbiology**. New York: Wiley-Liss.

Csaba C., & Maria C. (1999). **Microbiological Examination of Water and Wastewaters.** New York: Lewis Publishers.

Dararat S. (1996). **Effect of sub-optimal temperature and pH on performance of UASB granules, Methanotrix and Methanosarcina. {Master Thesis in Engineering}.** Tennessee: Vanderbilt University.

Glazer A.N., & Nikaida H. (1995). **Microbial Biotechnology : Fundamentals of Applied Microbiology.** New York: W.H. Freeman and Company.

Gray N.F. (1989). **Biology of Wastewater Treatment.** New York: Oxford University.

Guler W., & Zehder A.J.B. (1983). Conversion Processes in Anaerobic Digestion. **Water Science and Technology, 15**(8-9), 127-167.

Krongthamchat K. (2001). **Anaerobic Digestion of Organic Pollutants in High Saline Wastewater With the Aid of Halophilic Methanogenes.** Washington D.C.: The George Washington University.

Lettinga G., Hulshoff Pol L., Koster I.W., Wiegant W.M., De Zeeuw W.J., Rinzema A., et al. (1984). High-Rate Anaerobic Wastewater Treatment Using UASB Reactor Under a Wade Range of Temperature Conditions. **Biotechnology and Genetic Engineering Reviews, 2**, 253-284.

Liu Y., & Hwa-Tay J. (2004). State of the Art of Biogranulation Technology for Wastewater Treatment. **Advances Biotechnology, 22**, 533-563.

Mark J., & Hammer, Jr. (2004). **Water and Wastewater Technology.** 5th ed. New Jersey: Prentice-Hall.

McCarty P.L. (1964). Anaerobic Waste Treatment Fundamentals-Part two: Environmental Requirements and Control. **Public Work, 95**(11), 91-91.

McKinney Rose E. (1962). **Microbiology for Sanitary Engineers.** New York: McGraw-Hill.

McLoad F.A., Guiot S.R., & Costerton J.W. (1990). Layered Structure of Bacterial Aggregates Produced in an Upflow Anaerobic Sludge Bed and Filter Reactor. **Applied Environmental microbial, 56**(6), 1598-1607.

Metcalf, & Eddy, Inc. (2004). **Wastewater Engineering Treatment and Reuse.** 4th ed. New York: McGraw-Hill.

Michael, H.G. (2002). **Nitrification and Denitrification in the Activated Sludge Process.** New York: Jonh Wiley and Sons.

Novac, R.E.V. (1986). Microbiology of Anaerobic Digestion. **Water Science and Technology**, 18(2), 1-14.

Rittmann B.E., & McCarty. (2001). **Environmental Biotechnology: Principles and Applications.** New York: McGraw-Hill.

Speece, R.E. (1996). **Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewaters.** Nashville: Arahce Press.

Sayler G. S., Fox R., & Blackburn J.W. (eds). (1990). **Environmental Biotechnology for Waste Treatment.** New York: Plenum Press.

Sam-Soon PLANS, Loewenthal R.E., Dold P.L., & Marais G.R. (1987). Hypothesis for Pelletisation in the Upflow Anaerobic Sludge Bed Reactor. **Water SA., 13**(2), 69-80.

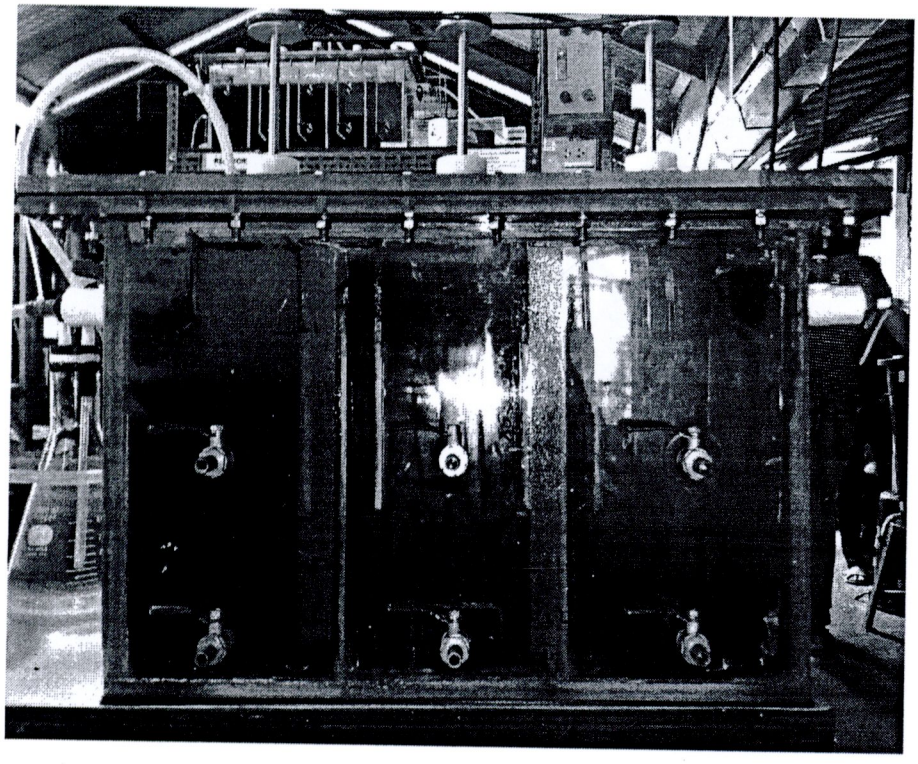
Sung S., & Dague R.R. (1995). Laboratory Studies on the Anaerobic Sequencing Batch Reactor. **Water Environment Research, 67**(3), 294-301.

Zoeclein B.W., Fuglesang K.C., Gump B.H., & Nury F.S. (1995). Wine Analysis and Production. **Chapman Hall Publishers, 12**(3), 475.

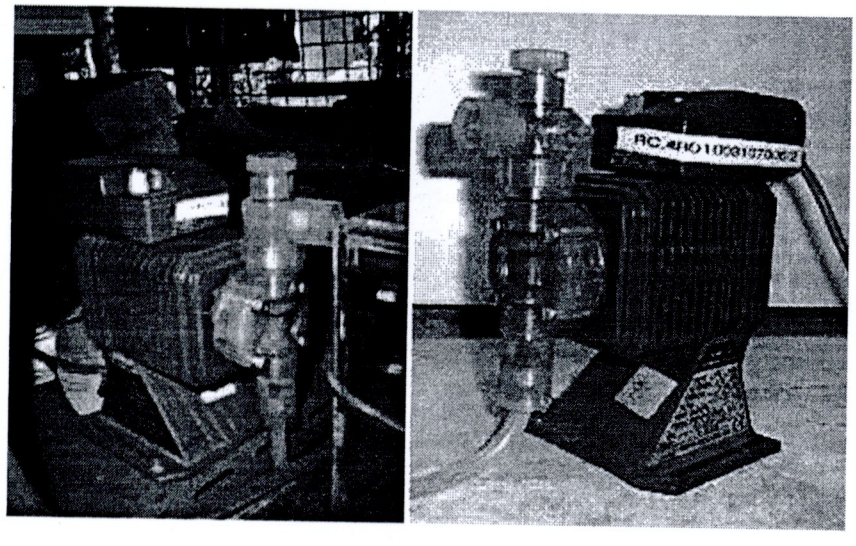
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ภาคผนวก

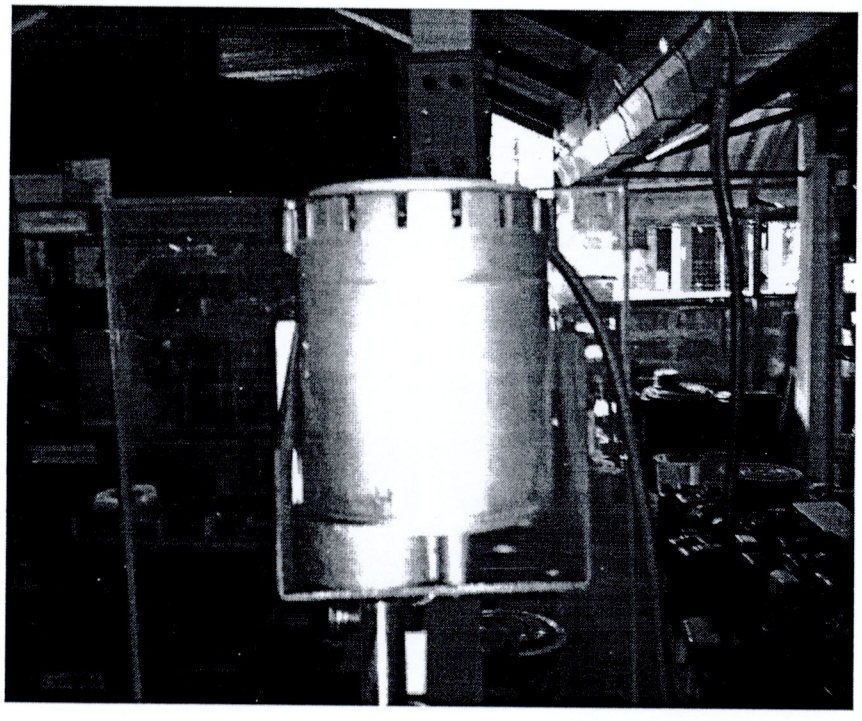
ภาคผนวก ก
อุปกรณ์แบบจำลองระบบเอเอ็มบีอาร์ในห้องปฏิบัติการ



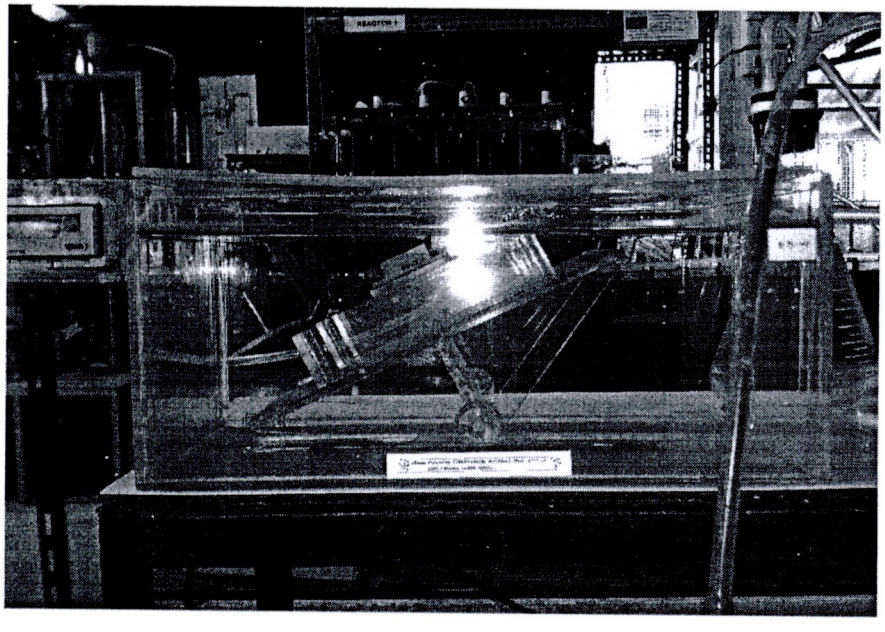
ภาพที่ 37 แบบจำลองถังปฏิกิริยาระบบเอเอ็มบีอาร์ในห้องปฏิบัติการ
ที่มา: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2551)



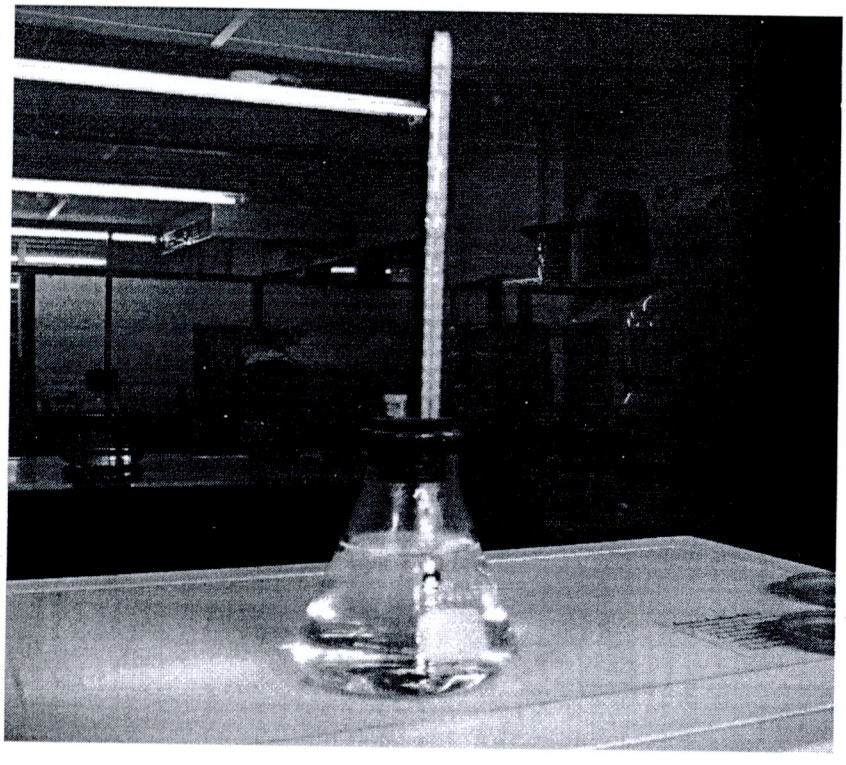
ภาพที่ 38 รูปเครื่องสูบน้ำเสียเข้าระบบและน้ำทิ้งออกจากระบบ
ที่มา: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2551)



ภาพที่ 39 มอเตอร์ควบคุมใบกวนของ IKA LABORATECHNIK
ที่มา: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2551)



ภาพที่ 40 ชุดวัดปริมาตรก๊าซชีวภาพ
ที่มา: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2551)



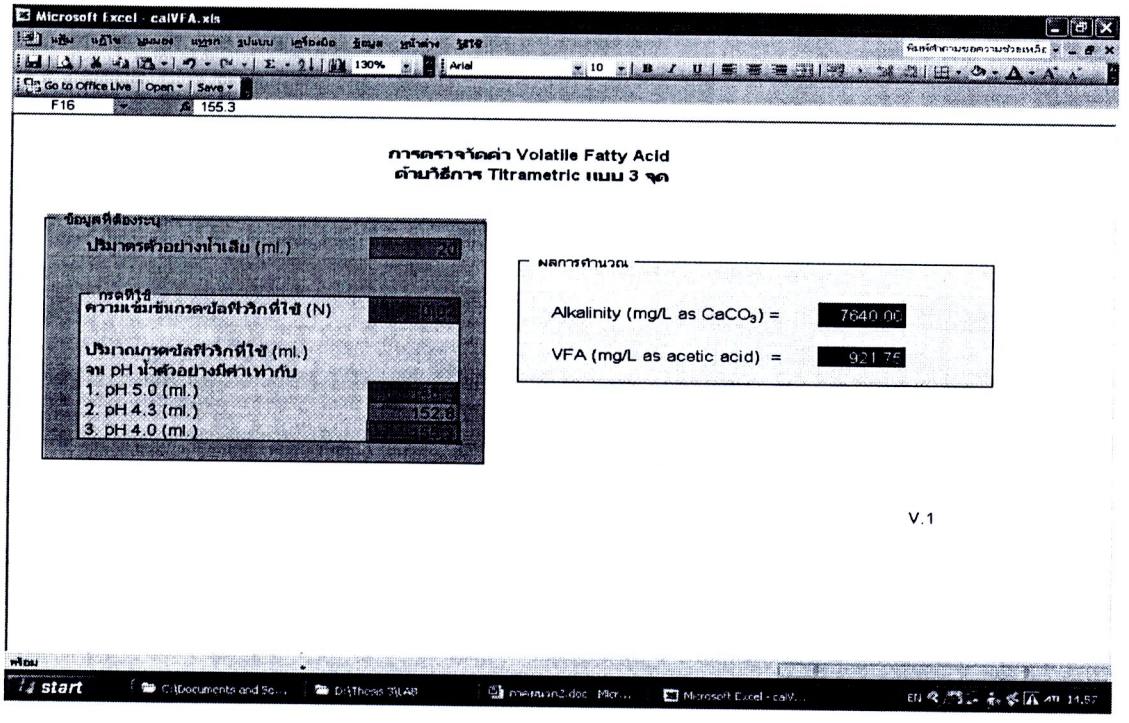
ภาพที่ 41 ชุดวัดอุณหภูมิ

ที่มา: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2551)

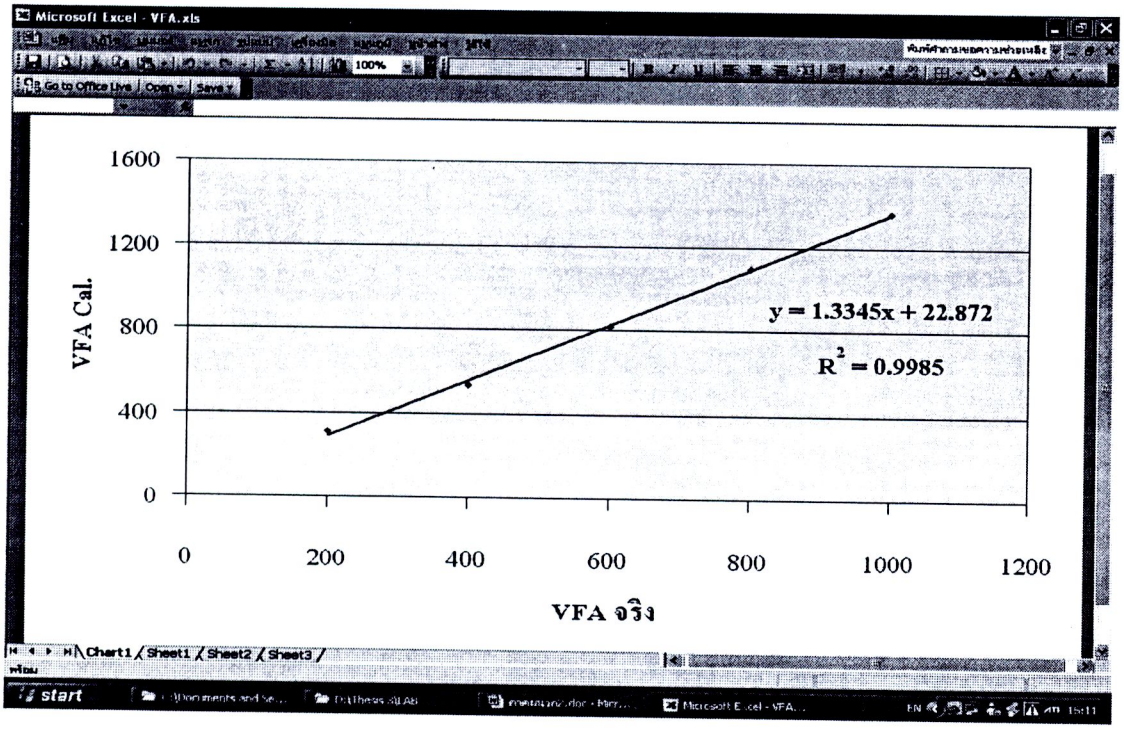
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ภาคผนวก ข

วิธีวิเคราะห์สภาพความเป็นด่างและกรดไขมันระเหยง่าย



ภาพที่ 42 โปรแกรมคำนวณค่าสภาพความเป็นด่างและกรดไขมันระเหยง่าย ด้วยวิธีไทเทรตแบบ3 จุด



ภาพที่ 43 กราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างค่ากรดไขมันระเหยง่ายที่คำนวณได้กับค่าจริง

การหาค่าสภาพความเป็นด่าง และค่ากรดไขมันระเหยง่าย

1. เตรียมตัวอย่างน้ำเสียปริมาตร 20 มิลลิลิตร ใส่บีกเกอร์ขนาด 150 มิลลิลิตร และใส่แมกเนติกในบีกเกอร์เพื่อช่วยกวน

2. เตรียมสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 0.02 นอร์มัล ใส่บิวเรตและยึดด้วยขาตั้ง ติดตั้งเครื่องกวนสาร (Stirrer) นำบีกเกอร์น้ำเสียที่เตรียมไว้ว่างบนเครื่องกวนสาร

3. เตรียมเครื่องวัดพีเอชและโพรบอิเล็กโทรดของเครื่องวัดพีเอชให้พร้อมใช้งาน แล้วนำไปจุ่มในบีกเกอร์น้ำเสียที่เตรียมไว้ เปิดจุกบิวเรตให้สารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 0.02 นอร์มัลหยดลงในบีกเกอร์น้ำเสีย แล้วเปิดเครื่องกวนสารเพื่อให้กรดอะซิติกทำปฏิกิริยากับทำเสียได้อย่างทั่วถึงจนกระทั่งอ่านค่าพีเอชได้ 5.0 แล้วจดบันทึกปริมาตรของกรดอะซิติกที่ใช้ไป ทำการทดลองต่อไปจนกระทั่งอ่านค่าพีเอชได้เท่ากับ 4.3 ทำการบันทึกปริมาตรสะสมของกรดอะซิติกที่ใช้ไปตั้งแต่เริ่มต้น และทำการทดลองต่อไปอีกจนกระทั่งอ่านค่าพีเอชได้ 4.0 บันทึกปริมาตรสะสมของกรดอะซิติกที่ใช้ไปตั้งแต่เริ่มต้น นำปริมาตรสะสมของกรดอะซิติกที่ได้ทั้ง 3 ค่ามาคำนวณด้วยโปรแกรม ดังภาพที่ 42

4. นำค่ากรดไขมันระเหยง่ายที่คำนวณได้จากโปรแกรมมาคำนวณหาค่ากรดไขมันระเหยง่ายที่แท้จริงด้วยสมการเส้นตรงจากกราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างค่ากรดไขมันระเหยง่ายที่คำนวณได้กับค่าจริง $Y = 1.3345 X + 22.872$ ดังภาพที่ 43

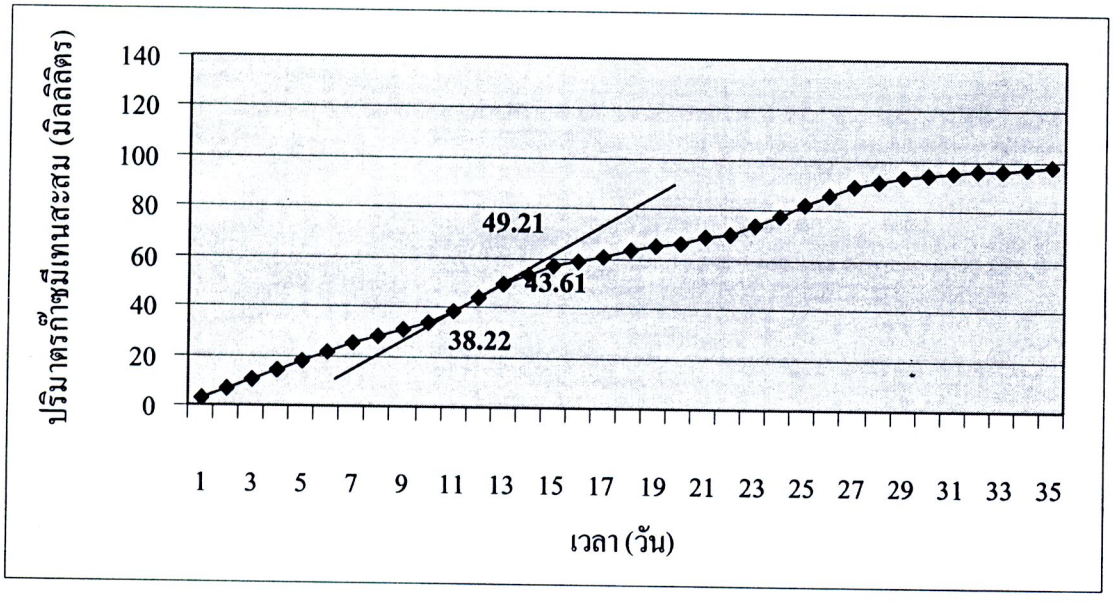
ภาคผนวก ค
การคำนวณค่า SMA เพื่อประเมินความเป็นพิษของน้ำเสียต่อจุลินทรีย์

สูตรการคำนวณค่า SMA

SMA = $\{(gCH_4\text{-COD})/t\}/B$

ความชันสูงสุด (Slope; $\Delta Y/\Delta X$) = $(gCH_4\text{-COD})/t$

B = กรัมวีเอสเอสของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์



ภาพที่ 44 ปริมาตรก๊าซมีเทนสะสมต่อเวลาและกราฟความชันสูงสุดในน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของซีโอดีทั้งหมด 15,000 มิลลิกรัม/ลิตร

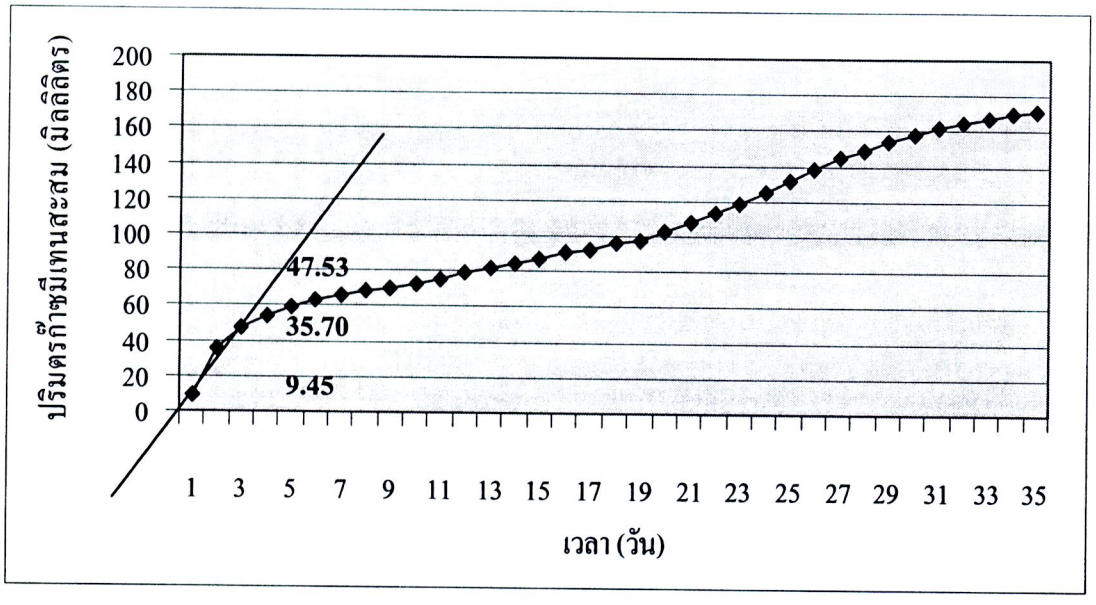
จากภาพที่ 44 ค่า SMA ของน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของซีโอดีทั้งหมด 15,000 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าเฉลี่ยสัดส่วนมีเทนต่อซีโอดีที่ถูกกำจัดของระบบเอเอ็มบีอาร์ตลอดการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 20 มีค่าเท่ากับ 0.361 ลิตรต่อกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด-วัน ปรับหน่วยให้เป็นมิลลิลิตรได้เท่ากับ 361 มิลิลิตรต่อกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด-วัน สามารถแทนค่าในสูตรได้ ดังนี้

ความชันสูงสุด (Slope) = (49.21-38.22)/(13-11) = 5.495 มิลลิลิตร/วัน

B = 3.0 กรัมวีเอสเอส

สัดส่วนมีเทนต่อซีโอดีที่ถูกกำจัด = 361 มิลลิลิตรต่อกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด-วัน

$$SMA = \frac{5.495/361}{3.0} = 0.0051 \text{ กรัมมีเทน- ซีโอดี/กรัมวีเอสเอส-วัน}$$



ภาพที่ 45 ปริมาตรก๊าซมีเทนสะสมต่อเวลาและกราฟความชันสูงสุดในน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของซีโอดีทั้งหมด 37,500 มิลลิกรัม/ลิตร

จากภาพที่ 45 ค่า SMA ของน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของซีโอดีทั้งหมด 37,500 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าเฉลี่ยสัดส่วนมีเทนต่อซีโอดีที่ถูกกำจัดของระบบเอเอ็มบีอาร์ตลอดการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 20 มีค่าเท่ากับ 0.361 ลิตรต่อกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด-วัน ปรับหน่วยให้เป็นมิลลิลิตรได้เท่ากับ 361 มิลิลิตรต่อกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด-วัน สามารถแทนค่าในสูตรได้ ดังนี้

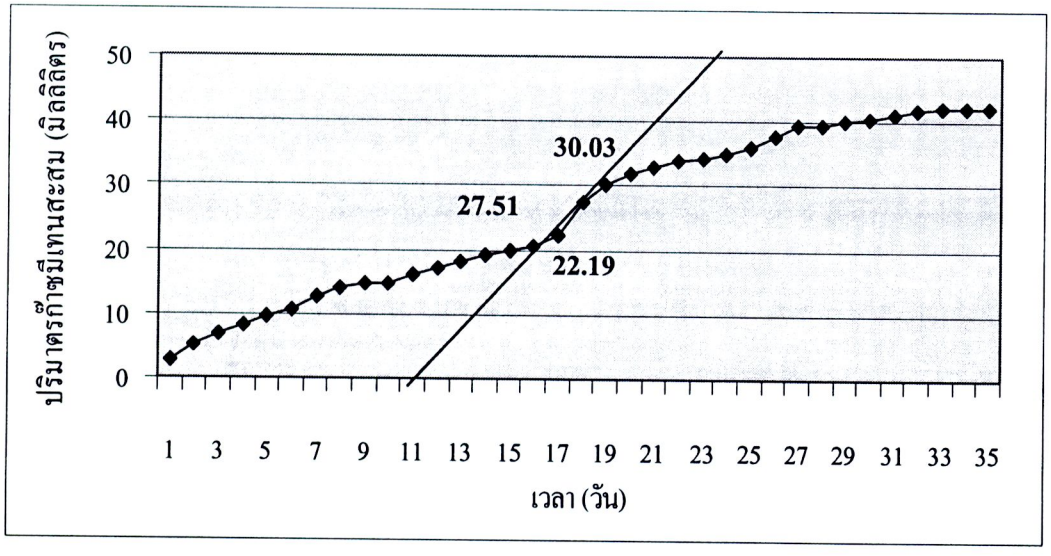
ความชันสูงสุด (Slope) = (47.53-9.45)/(1-3) = 19.045 มิลลิลิตร/วัน

B = 3.0 กรัมวีเอสเอส

สัดส่วนมีเทนต่อซีโอดีที่ถูกกำจัด = 361 มิลลิลิตรต่อกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด-วัน

$$\text{SMA} = \frac{19.045/361}{3.0} = 0.0176 \text{ กรัมมีเทน- ซีโอดี/กรัมวีเอสเอส-วัน}$$

คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย



ภาพที่ 46 ปริมาตรก๊าซมีเทนสะสมต่อเวลาและกราฟความชันสูงสุดในน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของซีโอดีทั้งหมด 60,000 มิลลิกรัม/ลิตร

จากภาพที่ 46 ค่า SMA ของน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของซีโอดีทั้งหมด 60,000 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าเฉลี่ยสัดส่วนมีเทนต่อซีโอดีที่ถูกกำจัดของระบบเอเอ็มบีอาร์ตลอดการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 20 มีค่าเท่ากับ 0.361 ลิตรต่อกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด-วัน ปรับหน่วยให้เป็นมิลลิลิตรได้เท่ากับ 361 มิลิลิตรต่อกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด-วัน สามารถแทนค่าในสูตรได้ ดังนี้

ความชันสูงสุด (Slope) = (30.03-22.19)/(19-17) = 3.920 มิลลิลิตร/วัน

B = 3.0 กรัมวีเอสเอส

สัดส่วนมีเทนต่อซีโอดีที่ถูกกำจัด = 361 มิลลิลิตรต่อกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด-วัน

$$SMA = \frac{3.920/361}{3.0} = 0.0036 \text{ กรัมมีเทน- ซีโอดี/กรัมวีเอสเอส-วัน}$$

ภาคผนวก ง

การคำนวณการเติมตะกอนจุลินทรีย์เข้าสู่ระบบเอเอ็มบีอาร์ และการคำนวณการเติมตะกอนจุลินทรีย์เพื่อศึกษาค่า SMA

วิธีคำนวณปริมาตรตะกอนจุลินทรีย์

สูตรคำนวณ $V_1C_1 = V_2C_2$

กำหนดให้

V_1 = ปริมาตรน้ำในถังปฏิกิริยา (ลิตร)

V_2 = ปริมาตรตะกอนจุลินทรีย์ที่เป็นหัวเชื้อ (ลิตร)

C_1 = ความเข้มข้นของเม็ดตะกอนที่ต้องการในถังปฏิกิริยา (มิลลิกรัม)

C_2 = ความเข้มข้นของเม็ดตะกอนที่เป็นหัวเชื้อ (มิลลิกรัม)

1. การคำนวณการเติมตะกอนจุลินทรีย์เข้าสู่ระบบเอเอ็มบีอาร์

ตะกอนจุลินทรีย์เป็นตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบยูเอเอสบี ของบริษัทเสริมสุข จำกัด(มหาชน) จังหวัดปทุมธานี ทำการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยจุลินทรีย์ระเหยง่าย (MLVSS) ได้เท่ากับ 57,200 มิลลิกรัม/ลิตร กำหนดให้ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยจุลินทรีย์ระเหยง่าย (MLVSS)ที่จะนำเข้าระบบเท่ากับ 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาตรถังบำบัดน้ำเสียในการทำปฏิกิริยาของระบบเอเอ็มบีอาร์เท่ากับ 22.5 ลิตร ดังนั้น สามารถแทนค่าในสูตรได้ ดังนี้

กำหนดให้

V_1 = 22.5 ลิตร

C_1 = 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร

C_2 = 57,200 มิลลิกรัม/ลิตร

จากสูตร

$V_1C_1 = V_2C_2$

22.5 ลิตร X 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร = V_2 X 57,200 มิลลิกรัม

V_2 = 11.80 ลิตร

ดังนั้น จะต้องเติมตะกอนจุลินทรีย์ลงในถังปฏิกิริยาด้วยปริมาตรเท่ากับ 11.80 ลิตร

2. การคำนวณการเติมตะกอนจุลินทรีย์เพื่อศึกษาค่า SMA

2.1 การคำนวณการเติมตะกอนจุลินทรีย์ในการศึกษาค่า SMA เพื่อประเมินศักยภาพในการผลิตมีเทน

ตะกอนจุลินทรีย์เป็นตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบยูเอเอสบี ของบริษัทเสริมสุข จำกัด (มหาชน) จังหวัดปทุมธานี ทำการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย

จุลินทรีย์ระเหยง่าย (MLVSS) ได้เท่ากับ 57,200 มิลลิกรัม/ลิตร กำหนดให้ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยจุลินทรีย์ระเหยง่าย (MLVSS) ที่นำใส่ในขวด Serum มีค่าเท่ากับ 5,000 มิลลิกรัม/ลิตร และปริมาตรที่ทำปฏิกิริยาในขวด Serum เท่ากับ 50 ลิตร ดังนั้น สามารถแทนค่าในสูตรได้ ดังนี้

กำหนดให้ V_1 = 50 ลิตร

C_1 = 5,000 มิลลิกรัม/ลิตร

C_2 = 57,200 มิลลิกรัม/ลิตร

จากสูตร $V_1C_1 = V_2C_2$

50 ลิตร X 5,000 มิลลิกรัม/ลิตร = V_2 X 57,200 มิลลิกรัม

V_2 = 4.4 ลิตร

ดังนั้น จะต้องเติมตะกอนจุลินทรีย์ลงในขวด Serum ด้วยปริมาตรเท่ากับ 4.4 ลิตร

2.2 การคำนวณการเติมตะกอนจุลินทรีย์ในการศึกษาค่า SMA เพื่อประเมินความเป็นพิษของน้ำเสียต่อจุลินทรีย์

ตะกอนจุลินทรีย์เป็นตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบยูเอเอสบี ของบริษัท เสริมสุข จำกัด (มหาชน) จังหวัดปทุมธานี ทำการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยจุลินทรีย์ระเหยง่าย (MLVSS) ได้เท่ากับ 57,200 มิลลิกรัม/ลิตร กำหนดให้ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยจุลินทรีย์ระเหยง่าย (MLVSS) ที่นำใส่ในขวด Serum มีค่าเท่ากับ 3,000 มิลลิกรัม/ลิตร และปริมาตรที่ทำปฏิกิริยาในขวด Serum เท่ากับ 50 ลิตร ดังนั้นสามารถแทนค่าในสูตรได้ ดังนี้

กำหนดให้ V_1 = 50 ลิตร

C_1 = 3,000 มิลลิกรัม/ลิตร

C_2 = 57,200 มิลลิกรัม/ลิตร

จากสูตร $V_1C_1 = V_2C_2$

50 ลิตร X 3,000 มิลลิกรัม/ลิตร = V_2 X 57,200 มิลลิกรัม

V_2 = 2.6 ลิตร

ดังนั้น จะต้องเติมตะกอนจุลินทรีย์ลงในขวด Serum ด้วยปริมาตรเท่ากับ 2.6 ลิตร

ภาคผนวก จ

ตารางแสดงผลการทดลองค่าบีโอดี และค่าซีโอดี ที่ HRT 144 ชั่วโมง ที่ OLR 0.83, 1.67, 2.50, 3.75 และ 5.83 กรัมซีโอดีทั้งหมด/ลิตร -วัน

ตารางที่ 22 ค่าบีโอดีในน้ำเสียเข้าและออกจากระบบเอเอ็มบีอาร์ และประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 0.83 กรัมซีโอดีทั้งหมด/ลิตร-วัน

วันที่	บีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)	บีโอดีน้ำเสียออกจากระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี (ร้อยละ)
2	1,291.00	193.50	85.01
4	1,365.00	234.50	82.82
6	1,426.00	137.50	90.36
8	1,317.50	128.50	90.25
10	1,407.50	126.00	91.05
12	1,325.00	157.00	88.15
14	1,363.75	184.00	86.51
16	1,367.50	159.50	88.34
18	1,317.50	133.50	89.87
20	1,406.25	185.00	86.84
22	1,390.00	115.00	91.73
24	1,457.50	118.00	91.90
26	1,882.50	166.00	91.18
28	1,402.50	91.75	93.46
30	1,318.75	85.00	93.55
32	1,516.25	108.00	92.88
34	1,250.00	81.25	93.50
36	1,355.00	79.00	94.17
38	1,411.25	142.00	89.94
40	1,355.00	76.25	94.37
42	1,160.00	35.50	96.94
44	1,160.00	38.00	96.72
46	1,156.25	43.25	96.26
48	1,260.00	45.25	96.41
50	1,433.75	55.50	96.13

ตารางที่ 22 ค่าบีโอดีในน้ำเสียเข้าและออกจากระบบเอเอ็มบีอาร์ และประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 0.83 กรัมซีโอดีทั้งหมด/ลิตร-วัน (ต่อ)

วันที่	บีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)	บีโอดีน้ำเสียออกจากระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี (ร้อยละ)
52	1,108.50	75.25	93.21
54	2,565.00	164.00	93.61
56	2,392.50	187.00	92.18
58	2,128.75	197.25	90.73
60	2,590.00	214.50	91.72
62	2,523.75	225.50	91.06
64	2,128.75	235.00	88.96
66	2,565.00	254.50	90.08
68	2,565.00	294.00	88.54
70	2,623.75	401.00	84.72

หมายเหตุ: การเดินระบบวันที่ 1-42 เป็นช่วงปรับสภาพตะกอนจุลินทรีย์โดยดำเนินระบบด้วยน้ำเสียเจือจาง น้ำเสียสังเคราะห์สูตร Vanderbilt Media Solution

ตารางที่ 23 ค่าบีโอดีในน้ำเสียเข้าและออกจากระบบเอเอ็มบีอาร์ และประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 1.67 กรัมซีโอดีทั้งหมด/ลิตร-วัน

วันที่	บีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)	บีโอดีน้ำเสียออกจากระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี (ร้อยละ)
72	3,713.75	195.00	94.75
74	3,741.25	159.25	95.74
76	3,738.75	209.00	94.41
78	3,738.75	79.50	97.87
80	3,675.00	113.00	96.93
82	3,670.00	140.00	96.18
84	3,695.00	194.00	94.75
86	3,746.25	190.50	94.91
88	3,761.25	175.00	95.35
90	3,761.25	376.00	90.01
92	3,761.25	331.50	91.19
94	3,761.25	313.00	91.68
96	3,777.50	412.50	89.08
98	3,722.50	354.50	90.48
100	3,155.00	364.50	88.45
102	3,155.00	372.50	88.19
104	3,735.00	444.00	88.11
106	3,705.00	230.50	93.78
108	3,723.75	381.00	89.77
110	3,796.25	394.50	89.61
112	3,836.25	516.00	86.55
114	3,758.75	304.00	91.91
116	3,758.75	510.00	86.43
118	3,665.00	195.50	94.67
120	4,088.75	281.00	93.13
122	3,767.50	479.50	87.27
124	3,787.50	130.50	96.55

ตารางที่ 24 ค่าบีโอดีในน้ำเสียเข้าและออกจากระบบเอเอ็มบีอาร์ และประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 2.50 กรัมซีโอดีทั้งหมด/ลิตร-วัน

วันที่	บีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)	บีโอดีน้ำเสียออกจากระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี (ร้อยละ)
126	7,355.00	543.75	92.61
128	7,550.00	475.00	93.71
130	6,535.00	358.75	94.51
132	6,562.50	1,001.25	84.65
134	5,252.50	695.00	86.77
136	5,595.00	675.00	87.93
138	6,357.50	852.50	86.57
140	6,440.00	493.75	92.33
142	5,372.50	881.25	83.60
144	6,172.50	833.75	86.49
146	6,445.00	940.00	85.41
148	6,875.00	862.50	87.45
150	6,242.50	956.25	84.68
152	5,580.00	616.25	88.96
154	6,765.00	616.25	90.89

ตารางที่ 25 ค่าบีโอดีในน้ำเสียเข้าและออกจากระบบเอเอ็มบีอาร์ และประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 3.75 กรัมซีโอดีทั้งหมด/ลิตร-วัน

วันที่	บีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)	บีโอดีน้ำเสียออกจากระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี (ร้อยละ)
156	10,385.00	2,482.50	76.03
158	11,690.00	2,725.00	76.64
160	10,665.00	2,277.50	78.64
162	11,690.00	1,442.50	87.64
164	11,160.00	1,080.00	90.32
166	11,630.00	1,405.00	87.93
168	11,315.00	1,112.50	90.16
170	9,925.00	792.50	92.01
172	11,050.00	1,577.50	85.71
174	11,040.00	1,790.00	83.78
176	10,315.00	2,030.00	80.32
178	12,655.00	2,090.00	83.48

ตารางที่ 26 ค่าบีโอดีในน้ำเสียเข้าและออกจากระบบเอเอ็มบีอาร์ และประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5.83 กรัมซีโอดีทั้งหมด/ลิตร-วัน

วันที่	บีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)	บีโอดีน้ำเสียออกจากระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี (ร้อยละ)
180	16,275.00	1,985.00	87.97
182	16,912.50	1,760.00	89.55
184	16,675.00	1,285.00	92.31
186	16,412.50	1,890.00	88.48
188	17,637.50	2,610.00	85.20
190	16,225.00	2,555.00	84.25
192	17,787.50	2,745.00	84.57
194	17,387.50	2,655.00	84.73
196	17,637.50	2,900.00	83.55
198	16,225.00	3,155.00	80.55
200	17,788.00	2,880.00	83.81
202	17,388.00	2,735.00	84.27

ตารางที่ 27 ค่าซีโอดีในน้ำเสียเข้าและออกจากระบบเอเอ็มบีอาร์ และประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 0.83 กรัมซีโอดีทั้งหมด/ลิตร-วัน

วันที่	ซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)		ซีโอดีน้ำเสียออกจากระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)		ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี (ร้อยละ)	
	Total	Solubles	Total	Solubles	Total	Solubles
1	4,800.00	4,400.00	1,936.00	968.00	59.67	78.00
2	4,800.00	4,400.00	2,323.20	1,355.20	51.60	69.20
3	5,600.00	4,800.00	2,200.00	1,400.00	60.71	70.83
4	5,200.00	4,000.00	2,516.80	1,742.40	51.60	56.44
5	5,033.60	3,484.80	1,161.60	774.40	76.92	77.78
6	5,033.60	3,872.00	2,323.20	1,742.40	53.85	55.00
7	5,808.00	4,259.20	1,742.40	1,355.20	70.00	68.18
8	4,646.40	3,097.40	1,548.80	968.00	66.67	68.75
9	5,033.60	4,646.40	3,800.00	2,600.00	24.51	44.04
10	5,600.00	4,800.00	3,600.00	1,800.00	35.71	62.50
11	5,808.00	5,033.60	3,678.40	1,355.20	36.67	73.08
12	5,420.80	4,646.40	1,936.00	774.40	64.29	83.33
13	5,420.80	4,646.40	2,129.60	968.00	60.71	79.17
14	5,420.80	5,033.60	2,062.50	1,125.00	61.95	77.65
15	5,033.60	3,872.00	1,200.00	600.00	76.16	84.50
16	5,600.00	4,400.00	1,400.00	800.00	75.00	81.82
17	4,000.00	3,600.00	2,000.00	1,400.00	50.00	61.11
18	4,646.40	3,872.00	1,400.00	600.00	69.87	84.50
19	5,808.00	3,484.80	1,000.00	600.00	82.78	82.78
20	4,259.20	3,484.80	1,200.00	600.00	71.83	82.78
21	5,250.00	4,125.00	1,600.00	1,200.00	69.52	70.91
22	4,000.00	3,200.00	2,129.60	1,548.00	46.76	51.63
23	4,800.00	4,400.00	1,548.80	774.40	67.73	82.40

ตารางที่ 27 ค่าซีโอดีในน้ำเสียเข้าและออกจากระบบเอเอ็มบีอาร์ และประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 0.83 กรัมซีโอดีทั้งหมด/ลิตร-วัน (ต่อ)

วันที่	ซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)		ซีโอดีน้ำเสียออกจากระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)		ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี (ร้อยละ)	
	Total	Solubles	Total	Solubles	Total	Solubles
24	4,000.00	3,600.00	1,548.80	774.40	61.28	78.49
25	4,000.00	3,600.00	1,355.20	774.40	66.12	78.49
26	4,000.00	3,600.00	1,936.00	1,161.60	51.60	67.73
27	4,000.00	3,200.00	1,742.40	968.00	56.44	69.75
29	5,033.60	3,872.00	1,936.00	968.00	61.54	75.00
30	5,033.60	3,872.00	1,818.00	1,272.60	63.88	67.13
31	4,646.40	3,872.00	1,636.20	1,272.60	64.79	67.13
32	4,646.40	3,872.00	2,181.60	1,818.00	53.05	53.05
33	5,420.80	4,646.40	1,818.00	1,272.60	66.46	72.61
34	5,033.60	3,484.80	1,636.20	1,272.60	67.49	63.48
35	4,259.20	3,484.80	909.00	727.20	78.66	79.13
36	6,181.20	4,363.20	1,454.40	1,090.80	76.47	75.00
37	6,908.40	3,999.60	1,548.80	1,161.60	77.58	70.96
38	4,726.80	3,999.60	1,936.00	968.00	59.04	75.80
39	5,090.40	3,999.60	1,548.80	1,355.20	69.57	66.12
40	5,454.00	4,363.20	1,548.80	1,161.60	71.60	73.38
41	5,090.40	4,726.80	1,548.80	1,161.60	69.57	75.43
42	5,090.40	3,999.60	1,161.60	774.40	77.18	80.64
43	5,454.00	4,363.20	1,355.20	774.40	75.15	82.25
44	5,090.40	4,363.20	1,355.20	968.00	73.38	77.81
45	4,646.40	3,872.00	968.00	774.40	79.17	80.00
46	5,420.80	4,259.20	1,548.80	580.80	71.43	86.36
47	5,420.80	3,872.00	1,548.80	968.00	71.43	75.00

ตารางที่ 27 ค่าซีโอดีในน้ำเสียเข้าและออกจากระบบเอเอ็มบีอาร์ และประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 0.83 กรัมซีโอดีทั้งหมด/ลิตร-วัน (ต่อ)

วันที่	ซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)		ซีโอดีน้ำเสียออกจากระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)		ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี (ร้อยละ)	
	Total	Solubles	Total	Solubles	Total	Solubles
48	5,420.80	4,259.20	1,272.60	1,090.80	76.52	74.39
49	5,033.60	4,259.20	2,516.80	1,355.20	50.00	68.18
50	5,033.60	4,259.20	1,548.80	1,161.60	69.23	72.73
51	5,033.60	4,259.20	1,548.80	1,161.60	69.23	72.73
52	5,033.60	4,259.20	1,161.20	968.00	76.93	77.27
53	5,033.60	4,259.20	1,548.80	1,355.20	69.23	68.18
54	5,033.60	3,872.00	1,161.20	774.40	76.93	80.00
55	5,090.40	4,726.80	1,355.20	968.00	73.38	79.52
56	5,033.60	4,259.20	1,548.80	774.40	69.23	81.82
57	5,033.60	4,259.20	1,548.80	968.00	69.23	77.27
58	5,420.80	4,259.20	1,548.80	968.00	1.43	77.27
59	5,033.60	4,646.40	1,161.60	968.00	76.92	79.17
60	5,033.60	4,646.40	1,355.20	580.80	73.08	87.50
61	5,033.60	4,259.60	968.00	580.80	80.77	86.36
62	5,033.60	4,259.20	909.00	545.40	81.94	87.19
63	5,033.60	4,646.40	909.00	545.40	81.94	88.26
64	5,033.60	4,259.20	909.00	727.20	81.94	82.93
65	5,033.60	4,259.20	909.00	363.60	81.94	91.46
66	5,033.60	4,259.20	909.00	545.40	81.94	87.19
67	5,033.60	4,259.20	727.20	545.40	85.55	87.19
68	5,033.60	4,259.20	967.74	580.65	80.77	86.37
69	5,033.60	4,259.20	967.74	774.19	80.77	81.82
70	5,033.60	4,259.20	967.74	774.19	80.77	81.82

ตารางที่ 27 ค่าซีโอดีในน้ำเสียเข้าและออกจากระบบเอเอ็มบีอาร์ และประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 0.83 กรัมซีโอดีทั้งหมด/ลิตร-วัน (ต่อ)

วันที่	ซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)		ซีโอดีน้ำเสียออกจากระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)		ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี (ร้อยละ)	
	Total	Solubles	Total	Solubles	Total	Solubles
71	5,090.40	3,999.60	967.74	774.19	80.99	80.64
72	5,090.40	3,999.60	937.50	562.50	81.58	85.94
73	5,090.40	3,999.60	937.50	562.50	81.58	85.94
74	5,454.00	3,999.60	937.50	562.50	82.81	85.94
75	5,419.35	4,646.16	967.74	774.19	82.14	83.34
77	5,032.26	4,258.06	774.19	580.65	84.62	86.36

หมายเหตุ: การเดินระบบวันที่ 1-42 เป็นช่วงปรับสภาพตะกอนจุลินทรีย์โดยดำเนินระบบด้วยน้ำเสียเจือจาง น้ำเสียสังเคราะห์สูตร Vanderbilt Media Solution

ตารางที่ 28 ค่าซีโอดีในน้ำเสียเข้าและออกจากระบบเอเอ็มบีอาร์ และประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 1.67 กรัมซีโอดีทั้งหมด/ลิตร-วัน

วันที่	ซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)		ซีโอดีน้ำเสียออกจากระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)		ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี (ร้อยละ)	
	Total	Solubles	Total	Solubles	Total	Solubles
78	10,064.52	9,290.32	2,000	1,600	80.13	82.78
79	11,225.81	8,903.23	3,000	1,688	73.28	81.05
80	9,677.42	7,741.94	1,875	1,500	80.63	80.63
81	9,677.42	8,129.03	2,516	1,742	74.00	78.57
82	9,600.00	8,400.00	1,935	1,742	79.84	79.26
83	10,000.00	9,200.00	1,935	1,742	80.65	81.07
84	9,600.00	8,400.00	2,323	1,742	75.81	79.26
85	10,000.00	8,400.00	2,129	1,742	78.71	79.26

ตารางที่ 28 ค่าซีโอดีในน้ำเสียเข้าและออกจากระบบเอเอ็มบีอาร์ และประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 1.67 กรัมซีโอดีทั้งหมด/ลิตร-วัน (ต่อ)

วันที่	ซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)		ซีโอดีน้ำเสียออกจากระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)		ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี (ร้อยละ)	
	Total	Solubles	Total	Solubles	Total	Solubles
86	10,838.71	7,741.94	2,129	1,742	80.36	77.50
87	9,000.00	7,875.00	2,129	1,742	76.34	77.88
88	8,516.13	7,354.84	2,129	1,742	75.00	76.32
89	8,516.13	7,354.84	2,129	1,742	75.00	76.32
90	8,516.13	7,354.84	2,129	1,742	75.00	76.32
91	9,290.32	7,741.94	2,129	1,742	77.08	77.50
92	8,516.13	7,741.94	2,129	1,742	75.00	77.50
93	8,516.13	7,741.94	2,129	1,742	75.00	77.50
94	7,741.94	6,967.74	2,129	1,742	72.50	75.00
95	8,516.13	7,741.94	2,710	2,129	68.18	72.50
96	8,903.23	7,741.94	2,516	1,935	71.74	75.00
97	9,677.42	8,129.03	2,710	2,323	72.00	71.43
98	9,677.42	8,129.03	2,323	1,935	76.00	76.19
99	8,903.23	7,741.94	2,129	1,548	76.09	80.00
100	10,451.61	8,903.23	2,129	1,548	79.63	82.61
101	11,612.90	10,838.71	2,516	1,742	78.33	83.93
102	11,612.90	10,451.61	2,129	1,548	81.67	85.19
103	10,838.71	9,677.42	2,516	1,548	76.79	84.00
104	8,516.13	7,741.94	2,903	2,323	65.91	70.00
105	8,903.23	7,741.94	3,290	2,710	63.04	65.00
106	8,516.13	7,741.94	3,097	2,323	63.64	70.00
107	9,290.32	7,741.94	3,677	3,290	60.42	57.50
108	9,677.42	8,516.13	3,484	3,097	64.00	63.64
109	9,677.42	8,129.03	3,677	3,097	62.00	61.90

ตารางที่ 28 ค่าซีโอดีในน้ำเสียเข้าและออกจากระบบเอเอ็มบีอาร์ และประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 1.67 กรัมซีโอดีทั้งหมด/ลิตร-วัน (ต่อ)

วันที่	ซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)		ซีโอดีน้ำเสียออกจากระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)		ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี (ร้อยละ)	
	Total	Solubles	Total	Solubles	Total	Solubles
110	9,290.32	7,741.94	3,677	3,097	60.42	60.00
111	9,677.42	8,903.23	3,871	2,903	60.00	67.39
112	9,677.42	8,903.23	3,871	2,903	60.00	67.39
113	9,677.42	8,516.13	4,125	3,375	57.38	60.37
114	9,677.42	8,903.23	3,871	3,097	60.00	65.22
115	10,451.61	8,903.23	3,484	2,710	66.67	69.57
116	9,677.42	8,129.03	3,484	2,710	64.00	66.67
117	10,125.00	8,625.00	3,484	2,903	65.59	66.34
118	9,290.32	8,516.13	4,125	3,375	55.60	60.37
119	9,290.32	8,129.03	3,750	3,000	59.64	63.10
120	9,290.32	8,129.03	3,750	3,188	59.64	60.79
121	9,290.32	8,129.03	3,750	3,000	59.64	63.10
122	9,750.00	8,625.00	4,125	3,375	57.69	60.87
123	9,290.32	8,129.03	4,125	3,563	55.60	56.18
124	9,290.32	8,129.03	4,313	3,563	53.58	56.18
125	9,290.32	8,129.03	4,500	3,563	51.56	56.18
126	9,290.32	8,129.03	4,313	3,563	53.58	56.18
127	9,290.32	8,129.03	4,000	3,600	56.94	55.71
128	9,290.32	8,129.03	3,800	3,400	59.10	58.17
129	9,290.32	8,129.03	3,800	3,400	59.10	58.17
130	9,290.32	8,129.03	4,000	3,400	56.94	58.17
131	9,290.32	8,129.03	3,800	3,400	59.10	58.17
132	9,750.00	9,000.00	4,200	3,800	56.92	57.78
133	10,500.00	8,625.00	4,400	3,600	58.10	58.26
134	10,400.00	9,200.00	4,400	3,800	57.69	58.70

ตารางที่ 29 ค่าซีโอดีในน้ำเสียเข้าและออกจากระบบเอเอ็มบีอาร์ และประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 2.50 กรัมซีโอดีทั้งหมด/ลิตร-วัน

วันที่	ซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)		ซีโอดีน้ำเสียออกจากระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)		ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี (ร้อยละ)	
	Total	Solubles	Total	Solubles	Total	Solubles
135	13,600.00	11,200.00	5,032.26	4,451.61	63.00	60.25
136	12,800.00	10,400.00	5,200.00	4,400.00	59.38	57.69
137	14,709.68	12,387.10	5,400.00	4,600.00	63.29	62.86
138	14,709.68	12,387.10	5,600.00	4,800.00	61.93	61.25
139	14,709.68	11,612.90	5,000.00	4,200.00	66.01	63.83
140	15,483.87	11,612.90	5,400.00	4,200.00	65.12	63.83
141	13,161.29	10,064.52	5,600.00	4,000.00	57.45	60.26
142	13,161.29	10,838.71	6,000.00	4,875.00	54.41	55.02
143	14,400.00	11,200.00	5,812.50	4,687.50	59.64	58.15
144	13,600.00	10,400.00	6,000.00	4,687.50	55.88	54.93
145	12,800.00	10,400.00	5,812.50	4,687.50	54.59	54.93
146	12,800.00	10,400.00	5,625.00	4,500.00	56.05	56.73
147	12,800.00	10,400.00	6,000.00	4,875.00	53.13	53.13
148	13,600.00	10,400.00	6,562.50	4,312.50	51.75	58.53
149	15,000.00	12,000.00	6,750.00	3,750.00	55.00	68.75
150	14,250.00	12,000.00	6,750.00	4,312.50	52.63	64.06
151	14,250.00	12,000.00	6,562.50	4,125.00	53.95	65.62
152	13,500.00	11,250.00	6,200.00	4,000.00	54.07	64.44
153	13,500.00	11,250.00	6,200.00	3,600.00	54.07	68.00
154	15,000.00	12,000.00	6,200.00	3,800.00	58.67	68.33
155	15,000.00	11,250.00	6,200.00	3,400.00	58.67	69.78
156	14,250.00	11,250.00	5,806.45	4,258.06	59.25	62.15
157	12,363.64	10,909.09	5,806.45	4,258.06	53.04	60.97

ตารางที่ 29 ค่าซีโอดีในน้ำเสียเข้าและออกจากระบบเอเอ็มบีอาร์ และประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 2.50 กรัมซีโอดีทั้งหมด/ลิตร-วัน (ต่อ)

วันที่	ซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)		ซีโอดีน้ำเสียออกจากระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)		ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี (ร้อยละ)	
	Total	**Solubles**	**Total**	**Solubles**	**Total**	**Solubles**
158	13,090.91	11,636.36	6,000.00	4,064.52	54.17	65.07
159	14,400.00	12,800.00	6,000.00	4,064.52	58.33	68.25
160	14,400.00	12,000.00	5,806.45	4,258.06	59.68	64.52
161	14,400.00	12,000.00	5,806.45	4,258.06	59.68	64.52
162	14,400.00	12,000.00	6,000.00	4,064.52	58.33	66.13

ตารางที่ 30 ค่าซีโอดีในน้ำเสียเข้าและออกจากระบบเอเอ็มบีอาร์ และประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 3.75 กรัมซีโอดีทั้งหมด/ลิตร-วัน

วันที่	ซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)		ซีโอดีน้ำเสียออกจากระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)		ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี (ร้อยละ)	
	Total	Solubles	Total	Solubles	Total	Solubles
163	20,129.03	14,709.68	7,354.84	5,806.45	63.46	60.53
164	20,903.23	16,258.06	7,741.94	6,193.55	62.96	61.90
165	20,903.23	16,258.06	8,129.03	6,967.74	61.11	57.14
166	22,451.61	17,032.26	7,741.94	6,580.65	65.52	61.36
167	20,129.03	16,258.06	8,903.23	6,967.74	55.77	57.14
168	23,225.81	17,032.26	9,290.32	6,967.74	60.00	59.09
169	21,677.42	17,032.26	8,516.13	6,580.65	60.71	61.36
170	20,903.23	16,258.06	8,400.00	6,400.00	59.81	60.63
171	21,677.42	16,258.06	8,400.00	6,400.00	61.25	60.63
172	20,903.23	16,258.06	9,290.32	7,354.84	55.56	54.76
173	22,451.61	17,806.45	9,290.32	7,354.84	58.62	58.70
174	22,451.61	17,032.26	9,600.00	8,000.00	57.24	53.03
175	20,903.23	17,032.26	9,200.00	7,200.00	55.99	57.73
176	21,677.42	16,258.06	10,000.00	6,800.00	53.87	58.17
177	20,903.23	16,258.06	10,000.00	7,600.00	52.16	53.25
178	22,400.00	16,000.00	9,600.00	7,200.00	57.14	55.00
179	22,451.61	16,258.06	9,200.00	8,000.00	59.02	50.79
180	22,451.61	17,032.26	9,200.00	7,200.00	59.02	57.73
181	21,600.00	16,000.00	9,200.00	6,800.00	57.41	57.50
182	20,800.00	16,000.00	9,677.42	7,741.94	53.47	51.61
183	21,600.00	16,000.00	10,064.52	7,354.84	53.41	54.03
184	23,200.00	18,400.00	9,290.32	7,741.94	59.96	57.92
185	23,200.00	19,200.00	9,677.42	7,741.94	58.29	59.68
186	23,200.00	20,000.00	9,677.42	8,129.03	58.29	59.35

ตารางที่ 31 ค่าซีโอดีในน้ำเสียเข้าและออกจากระบบเอเอ็มบีอาร์ และประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5.83 กรัมซีโอดีทั้งหมด/ลิตร-วัน

วันที่	ซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)		ซีโอดีน้ำเสียออกจากระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)		ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี (ร้อยละ)	
	Total	**Solubles**	**Total**	**Solubles**	**Total**	**Solubles**
187	33,750.00	28,125.00	16,500.00	12,000.00	51.11	57.33
188	33,750.00	30,000.00	14,250.00	9,750.00	57.78	67.50
189	33,750.00	26,250.00	14,250.00	10,500.00	57.78	60.00
190	33,750.00	28,215.00	14,250.00	11,250.00	57.78	60.13
191	35,625.00	30,000.00	14,400.00	11,200.00	59.58	62.67
192	35,625.00	28,215.00	16,000.00	12,000.00	55.09	57.47
193	34,000.00	28,000.00	14,400.00	9,600.00	57.65	65.71
194	34,000.00	28,000.00	15,483.87	11,612.90	54.46	58.53
195	34,000.00	26,000.00	15,483.87	11,612.90	54.46	55.33
196	34,000.00	30,000.00	15,483.87	13,161.29	54.46	56.13
197	36,774.19	27,096.77	16,258.06	10,838.71	55.79	60.00
198	34,838.71	27,096.77	15,483.87	11,612.90	55.56	57.14
199	34,838.71	29,032.26	16,258.06	13,161.29	53.33	54.67
200	36,774.19	29,032.26	16,258.06	12,387.10	55.79	57.33
201	34,838.71	27,096.77	16,258.06	12,387.10	53.33	54.29
202	33,750.00	28,125.00	16,258.06	12,387.10	51.83	55.96
203	35,625.00	28,125.00	16,258.06	12,387.10	54.36	55.96
204	34,000.00	28,000.00	16,258.06	13,161.29	52.18	53.00

ภาคผนวก ฉ
การคำนวณอัตราการเจริญเติบโตสุทธิของจุลินทรีย์

การคำนวณอัตราการเจริญเติบโตสุทธิของจุลินทรีย์

ในการวิจัยนี้ทำการศึกษาที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 3.75 และ 5.83 กรัมซีโอดีทั้งหมด/ลิตร-วัน ที่ HRT 6 วัน วิเคราะห์โดยการคำนวณ ดังนี้

สูตรการคำนวณ อัตราการเจริญเติบโตสุทธิของจุลินทรีย์

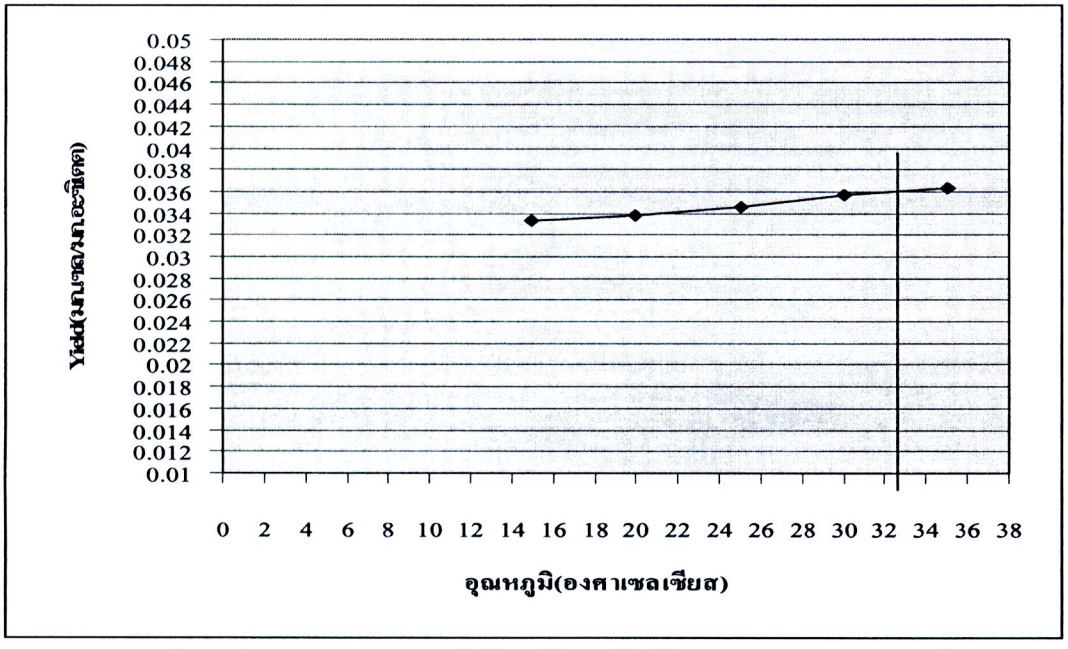
$$X = \frac{Y(S_0-S)}{1+k_d \theta_c}$$

ค่า Y หาได้จากค่า Yield coeffcients (Y) ของการย่อยสลายอะซิเตต (acetate) Montgomery (1983) จากตารางที่ 32 สรุปค่า Yield coeffcients ซึ่งทำการศึกษาในถังปฏิกิริยาแบบ batch ที่อุณภูมิแตกต่างกัน (อ้างถึงใน ปรียาพร อุปสร, 2547) นำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับค่า Yield coeffients ในการศึกษานี้เลือกใช้ค่า Yield coeffcients ที่อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดการทดลองในการดำเนินระบบ และเมื่อลากเส้นตรงตัดในกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ กับค่า Yield coeffients ที่อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียสได้ค่า Yield coeffients เท่ากับ 0.036 มก.เซล/มก.อะซิเตต ดังแสดงในภาพที่ 47

ตารางที่ 32 ค่า Yield coeffcients ที่ใช้การคำนวณในช่วงอุณภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	Yield (มก.เซล/มก.อะซิเตต)
35	0.0363
30	0.0356
25	0.0346
20	0.0338
15	0.0333

ที่มา: Montgomery, 1983



ภาพที่ 47 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ กับค่า Yield coeffients

(1) ที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 3.75 กรัมซีโอดีทั้งหมด/ลิตร-วัน ที่ HRT 6 วัน
ความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ในระบบ(MLVSS) = 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร
กำหนดให้ X = ความเข้มข้นของจุลินทรีย์ (มิลลิกรัม/ลิตร)

Y = สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ = 0.036 มก.เซล/มก.อะซิเตต (ดังแสดงในภาพที่ 47)

S_0 = บีโอดีเฉลี่ยในน้ำเสียน้ำเข้าระบบ = 11,197.78 มิลลิกรัม/ลิตร

S = บีโอดีเฉลี่ยในน้ำเสียออกจากระบบ= 1,480.00 มิลลิกรัม/ลิตร

k_d = สัมประสิทธิ์การตายของจุลินทรีย์ = 0.037 d^{-1} (Krongthamchat,2001)

θ_c = เวลาที่จุลินทรีย์ใช้ในการทำลายสารอินทรีย์ = 6 วัน

แทนค่าในสูตรได้ ดังนี้

$$X = \frac{0.036\,(11{,}197.78-1{,}480)}{1+(0.037*6)} = 286.285 \text{ มิลลิกรัม/ลิตร}$$

ดังนั้น อัตราการเจริญเติบโตสุทธิของจุลินทรีย์ ที่ OLR 3.75 กรัมซีโอดีทั้งหมด/ลิตร-วัน จากปริมาตรน้ำเสียที่นำเข้าสู่ระบบ เท่ากับ 3.75 ลิตร-วัน มีค่าเท่ากับ 286.285*3.75 = 1,073.569 มิลลิกรัม

(2) ที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5.83 กรัมซีโอดีทั้งหมด/ลิตร-วัน ที่ HRT 6 วัน ความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ในระบบ (MLVSS) = 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร

กำหนดให้ X = ความเข้มข้นของจุลินทรีย์ (มิลลิกรัม/ลิตร)

Y = สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ = 0.036 มก.เซล/มก.อะซิเตต

S_0 = บีโอดีเฉลี่ยในน้ำเสียน้ำเข้าระบบ = 17,259.72 มิลลิกรัม/ลิตร

S = บีโอดีเฉลี่ยในน้ำเสียออกจากระบบ= 2,677.22 มิลลิกรัม/ลิตร

k_d = สัมประสิทธิ์การตายของจุลินทรีย์ = 0.037 d^{-1} (Krongthamchat,2001)

θ_c = เวลาที่จุลินทรีย์ใช้ในการทำลายสารอินทรีย์ = 6 วัน

แทนค่าในสูตรได้ ดังนี้

$$X = \frac{0.036\,(17{,}259.72 - 2{,}677.22)}{1+(0.037*6)} = 429.599 \text{ มิลลิกรัม/ลิตร}$$

ดังนั้น อัตราการเจริญเติบโตสุทธิของจุลินทรีย์ ที่ OLR 5.83 กรัมซีโอดีทั้งหมด/ลิตร-วัน จากปริมาตรน้ำเสียที่นำเข้าสู่ระบบ เท่ากับ 3.75 ลิตร-วัน มีค่าเท่ากับ 429.599*3.75 = 1,610.996 มิลลิกรัม