ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม — **สาขา**

วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม — **ภาควิชา**

เรื่อง จุลินทรีย์ทางการค้าในกระบวนการบำบัดน้ำเสียโรงงานปลาป่น

Commercial Seed in Wastewater Treatment Process of Fish Meal Factory

นามผู้วิจัย นางสาวพรชนก วงศ์ผดุงเกียรติ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์ภัชราภรณ์ สุวรรณวิทยา, M.App.Sc.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(อาจารย์สุชาติ เหลืองประเสริฐ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์มงคล ดำรงค์ศรี, Dr.Ing.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

จุลินทรีย์ทางการค้าในกระบวนการบำบัดน้ำเสียโรงงานปลาป่น

Commercial Seed in Wastewater Treatment Process of Fish Meal Factory

โดย

นางสาวพรชนก วงศ์ผดุงเกียรติ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม)
พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พรชนก วงศ์ผดุงเกียรติ 2553: จุลินทรีย์ทางการค้าในกระบวนการบำบัดน้ำเสียโรงงานปลาป่น ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม) สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ภัชราภรณ์ สุวรรณวิทยา, M.App.Sc. 75 หน้า

น้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานปลาป่นมี BOD สูงอยู่ในช่วง 4,000 - 16,000 มก./ล. กระบวนการบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่เป็นกระบวนการทางชีวภาพ ซึ่งจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในระบบบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพไม่สูงพอที่จะบำบัดน้ำเสียให้ผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งของกระทรวงอุตสาหกรรม ปัญหานี้อาจแก้ได้ด้วยการเติมตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียประเภทใกล้เคียงกัน หรือในปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ทางการค้าเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ในการศึกษานี้ใช้จุลินทรีย์ทางการค้าชนิด EMTEC FM ของบริษัทเอ็มเทค แมเนจเม้นท์ จำกัด (Commercial Seed : CS) ในการบำบัดน้ำเสียโรงงานปลาป่น เปรียบเทียบกับจุลินทรีย์จากบ่อเติมอากาศของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำพริกเผา (Natural Seed : NS) ซึ่งเป็นตัวแทนของจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียที่เป็นประเภทเดียวกับโรงงานปลาป่น และจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดรวมกัน (Natural Seed + Commercial Seed : NS + CS) ในสภาวะใช้อากาศ ในระบบจำลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่ง NS จะถูกเติมเพียงครั้งแรกเท่านั้น แต่ CS จะถูกเติมทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนน้ำเสียตามที่ผู้ผลิตแนะนำ ผลการศึกษาพบว่า CS ใช้ระยะเวลาในการปรับตัวเข้าสู่สภาวะสมดุล 13 วัน ซึ่งนานกว่า NS และ NS + CS (12วัน) และเมื่ออยู่ในสภาวะสมดุลแล้ว จุลินทรีย์ทั้ง 3 ชุดการทดลองสามารถกำจัด COD ได้ใกล้เคียงกันในช่วง 97 -98 % ซึ่งเมื่อแปรผันระยะเวลาเติมอากาศพบว่าที่ระยะเวลาเติมอากาศ 16 ชั่วโมง จุลินทรีย์ทั้ง 3 ชนิด สามารถกำจัด BOD ในน้ำเสียจากโรงงานปลาป่นที่มีค่า BOD เริ่มต้นอยู่ในช่วง 3,100 - 4,900 มก./ล. ได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (20 มก./ล.) ซึ่งเมื่อทดลองเพิ่มระยะเวลาเติมอากาศเป็น 20 ชั่วโมง จุลินทรีย์ทั้ง 3 ชนิด สามารถกำจัด BOD ในน้ำเสียจากโรงงานปลาป่นที่มีค่า BOD เริ่มต้นสูงขึ้นอยู่ในช่วง 4,907 - 6,785 มก./ล. ได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้นจุลินทรีย์ CS สามารถใช้เป็นจุลินทรีย์ตั้งต้นในระบบบำบัดน้ำเสียที่มี BOD สูงได้ และให้ผลการบำบัดน้ำเสียเทียบเคียงกับการใช้จุลินทรีย์จากบ่อเติมอากาศของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำพริกเผา

_____ _____ ___ /___ /___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Pornchanok Wongpadungkiat 2010: Commercial Seed in Wastewater Treatment Process of Fish Meal Factory. Master of Engineering (Environmental Engineering), Major Field: Environmental Engineering, Department of Environmental Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Patcharaporn Suwanvittaya, M.App.Sc. 75 pages.

Wastewater from the production line of a fish meal factory had high organic content with BOD of 4,000 - 16,000 mg/l. The existing biological wastewater treatment system, using normal flora, was not very efficient. The effluent did not conform to the standard for wastewater discharge set by ministry of industry (MOI) . Utilization of natural seeds from similar wastewater treatment system could solve this problem. Another alternative would be the use of commercial seed. In this study, the wastewater from fish meal factory was treated in lab scale reactor under aerobic condition with the utilization of different seeds. Emtec FM from EMTEC MANAGEMENT Co.,Ltd., representing commercial seed (CS) was added at every wastewater filling time, as suggested by the supplier. Sludge from a food processing industry (chili paste) representing natural seed (NS), was added only at the first wastewater filling. The use of CS, NS and NS + CS seeds were compared. It was found that CS had acclimatization period of 21 days longer than NS, NS + CS (15 days). At steady state, COD removal efficiency of all the 3 seeds were in the same range of 97 - 98 %. The study on various aeration time revealed that for all 3 seeds to achieve complyment to MOI standard (20 mg.BOD/l.), 16 hours aeration periods was needed for wastewater with 3,100 – 4,900 mg. BOD/l. and 20 hours for 7,000 mg.BOD/l. The CS could therefore be effectively used as seed in high BOD wastewater treatment system.

_____ _____ ___ /___ /___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ภัชราภรณ์ สุวรรณวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก อาจารย์ ดร. สุชาติ เหลืองประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำปรึกษาในการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และให้คำแนะนำต่างๆ

ด้วยความดี หรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่ที่ได้อบรม และให้กำลังใจผู้วิจัยมาตลอดในทุกเรื่อง

พรชนก วงศ์ผดุงเกียรติ

กันยายน 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	35
อุปกรณ์	35
วิธีการ	37
ผลและวิจารณ์	44
สรุปและข้อเสนอแนะ	53
สรุป	53
ข้อเสนอแนะ	54
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	55
ภาคผนวก	61
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	75

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ลักษณะน้ำเสียรวมจากกระบวนการผลิตปลากระป๋อง	7
2	ลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานแปรรูปปลา	8
3	ข้อดี ข้อเสียของระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ และไม่ใช้อากาศ	18
4	ชนิดและหน้าที่ของแบคทีเรียที่นิยมใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์	23
5	พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ทำการตรวจวัดเพื่อวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำเสียโรงงานปลาป่น	37
6	สรุปลักษณะสมบัติของน้ำเข้า - ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานปลาป่น	45

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ลักษณะสมบัติของน้ำเข้า - ออก จากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานปลาป่น	62
2	ค่า COD ในน้ำเข้า – ออกจากถังปฏิกิริยา ของจุลินทรีย์แต่ละแบบ ในช่วงการปรับสภาพเชื้อจุลินทรีย์	63
3	ประสิทธิภาพการลดค่า COD (%) ของจุลินทรีย์แต่ละแบบในช่วงการ ปรับสภาพเชื้อจุลินทรีย์	64
4	ค่า MLSS ในถังปฏิกิริยาที่มีจุลินทรีย์แต่ละชนิดในช่วงการปรับสภาพ เชื้อจุลินทรีย์	66
5	ประสิทธิภาพการกำจัด BOD และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ใน สภาวะสมดุลของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ	67
6	ผลการวิเคราะห์ค่า BOD ในน้ำเข้า – ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ระยะเวลา เติมอากาศต่างๆ	69
7	ประสิทธิภาพการกำจัด BOD ที่ระยะเวลาเติมอากาศต่างๆ ของจุลินทรีย์ แต่ละชนิด	71
8	ผลการวิเคราะห์ค่า MLSS ในระบบบำบัดน้ำเสียที่ระยะเวลาเติมอากาศต่างๆ	73

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กระบวนการผลิตปลาป่นแบบอบแห้ง	6
2	การเปรียบเทียบสมดุล COD และพลังงานของกระบวนการบำบัดแบบใช้และไม่ใช้อากาศ	17
3	กระบวนการเมแทบอลิซึ่ม	25
4	การเจริญเติบโต และจำนวนจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสีย	29
5	แบบจำลองถังปฏิกิริยาในห้องปฏิบัติการ	36
6	องค์ประกอบของระบบบำบัดจำลองแบบเติมอากาศ	36
7	วิธีการปรับสภาพของเชื้อให้คุ้นเคยกับน้ำเสีย (Acclimatization)	40
8	วิธีการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพการกำจัด BOD ของจุลินทรีย์ในสภาวะสมดุล (Steady state)	41
9	วิธีการทดลองเพื่อหาระยะเวลาเติมอากาศ และระดับความเข้มข้นของ BODในน้ำเสียที่เหมาะสมของจุลินทรีย์แต่ละชนิดในการบำบัดน้ำเสียโรงงานปลาป่น	42
10	การเพิ่มปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ (MLSS) ในถังปฏิกิริยา NS, CS, NS + CS	46
11	ประสิทธิภาพในการลด COD ของถังปฏิกิริยา NS, CS, NS +CS	47
12	การลดลงของค่า BOD ต่อเวลา ที่ BODไม่เกิน 510 มก./ล.	48
13	การลดลงของค่า BOD ต่อเวลา ที่ BOD ไม่เกิน 1100 มก./ล.	48
14	การลดลงของค่า BOD ต่อเวลา ที่ BOD ไม่เกิน 2105 มก./ล.	49
15	การลดลงของค่า BOD ต่อเวลา ที่ BOD ไม่เกิน 12690 มก./ล.	49
16	ประสิทธิภาพการลดค่า BOD ที่ระยะเวลาเติมอากาศต่างๆจองจุลินทรีย์	50
17	ค่า BOD ที่คงเหลือที่ระยะเวลาเติมอากาศต่างๆ ของจุลินทรีย์	51
18	การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ระยะเวลาเติมอากาศต่างๆ	51

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จุลินทรีย์ทางการค้าในกระบวนการบำบัดน้ำเสียโรงงานปลาป่น

Commercial Seed in Wastewater Treatment Process of Fish Meal Factory

คำนำ

ปัจจุบันการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ทำให้มีโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มจำนวนขึ้นมาก ซึ่งก่อให้เกิดมลพิษปล่อยน้ำเสียลงคลองสาธารณะ ทำให้แหล่งน้ำธรรมชาติเกิดความเสื่อมโทรม ไม่สามารถนำน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม รวมทั้งยังเป็นการทำลายระบบนิเวศน์ทางธรรมชาติด้วย ซึ่งการจัดการน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมสามารถทำได้โดยการนำน้ำเสียเข้าระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพ สามารถบำบัดน้ำเสียให้สะอาด ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

การบำบัดน้ำเสียมีอยู่หลากหลายวิธีการ ซึ่งล้วนแล้วแต่มีข้อดี ข้อเสียแตกต่างกันไป กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่มีผู้นิยมกันอย่างแพร่หลาย โดยมีปัจจัยที่สำคัญคือ จุลินทรีย์ ซึ่งทำหน้าที่ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ในน้ำเสีย ซึ่งเป็นสาเหตุของการลดลงของออกซิเจน ทำให้น้ำเน่าเสียในที่สุด โดยจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในระบบบำบัดน้ำเสียมักไม่มีประสิทธิภาพพอที่จะบำบัดน้ำเสียที่มีสารที่ย่อยสลายยาก จึงอาจต้องการจุลินทรีย์กลุ่มพิเศษเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ หรือในบางกรณีระบบบำบัดน้ำเสียมีจำนวนประชากรจุลินทรีย์ไม่เพียงพอที่จะบำบัดน้ำเสีย จึงต้องเติมจุลินทรีย์ให้กับระบบ ซึ่งปัจจุบันมีจุลินทรีย์ทางการค้า (Commercial seed) ที่ใช้เติมลงในระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบบำบัดน้ำเสีย โดยบริษัทผู้ผลิตจุลินทรีย์ทางการค้าจะคัดเลือกจุลินทรีย์สายพันธุ์ที่มีความทนทาน แข็งแรง มีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียที่มีลักษณะพิเศษ เช่น มีไขมันมาก มีสารอินทรีย์สูงๆ ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การใช้จุลินทรีย์ทางการค้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียนั้น จะเป็นการเพิ่มต้นทุนในการบำบัดน้ำเสียด้วย ผู้ศึกษาจึงได้ศึกษาบทบาทของจุลินทรีย์ทางการค้าในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานปลาป่น โดยจำลองระบบบำบัดน้ำเสียในห้องปฏิบัติการ เปรียบเทียบกับจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำพริกเผา ซึ่งใช้เป็นตัวแทนของจุลินทรีย์จากโรงงานที่มีประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียชนิดเดียวกัน และมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียสูง และจุลินทรีย์ทั้งสองประเภทรวมกัน ในช่วงระยะเวลาเติมอากาศ และค่า BOD เริ่มต้นต่างๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ทางการค้าเปรียบเทียบกับจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำพริกเผา และจุลินทรีย์ ทั้งสองประเภทรวมกัน

2. เพื่อหาระยะเวลาเติมอากาศที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานปลาป่นของจุลินทรีย์แต่ละชนิด

ขอบเขตของการวิจัย

1. น้ำเสียที่ใช้ในการวิจัยนี้คือ น้ำเสียจากกระบวนการผลิตปลาป่น การล้างทำความสะอาดเครื่องมือ อุปกรณ์ในการผลิต

2. จุลินทรีย์ที่ใช้ในการศึกษา

- จุลินทรีย์จากบ่อเติมอากาศของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำพริกเผา (Natural seed)
- จุลินทรีย์ทางการค้าชนิด EMTEC FM ของบริษัท เอ็มเทค แมเนจเม้นท์ จำกัด (Commercial seed)
- จุลินทรีย์ทั้ง 2 แบบรวมกัน (Natural + Commercial seed)

3. เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยให้ระบบอยู่ในสภาวะใช้อากาศ (Aerobic) ใช้แบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสียเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง (Batch system) ในถังปฏิกิริยาขนาด 20 ลิตร เพื่อปรับสภาพของเชื้อจุลินทรีย์ให้คุ้นเคยกับน้ำเสีย และเจริญเติบโตจนเข้าสู่สภาวะสมดุล (Steady state)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. ความรู้เกี่ยวกับปลาป่น

การผลิตปลาป่นเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้วัตถุดิบที่เป็นผลพลอยได้ จากการประมงน้ำเค็ม เช่น ปลาขนาดเล็กที่ไม่เป็นที่นิยมบริโภค (ชาวบ้านเรียกว่า ปลาเป็ด) ซึ่งมีปริมาณมากถึงร้อยละ 50 ของปลาที่จับได้ในแต่ละครั้ง ปลาเหล่านั้นแต่เดิมชาวประมงจะโยนทิ้งทะเลหลังจากที่คัดแยกปลาขนาดใหญ่ หรือปลาที่มีราคาดีออกแล้ว แต่หลังจากที่มีการพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตปลาป่น ปลาเป็ดกลับเป็นที่ต้องการเพิ่มมากขึ้นจนไม่เพียงพอกับความต้องการ ในปัจจุบันได้มีการนำเศษอาหารทะเลจากโรงงานผลิตอาหารทะเลกระป๋อง มาเป็นวัตถุดิบในการผลิตปลาป่นด้วย ดังนั้นอุตสาหกรรมปลาป่นนอกจากจะทำให้ชาวประมงมีรายได้เพิ่มแล้ว ยังเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์อีกด้วย (มนัส และคณะ, 2519)

1.1 กรรมวิธีในการผลิตปลาป่น

จากการรวบรวมข้อมูลของเริงวรรณ วรวรรณ (2529) พบว่าในสมัยก่อนกรรมวิธีในการผลิตปลาป่นใช้กรรมวิธีอย่างง่าย ๆ ใช้แรงงานคนเป็นส่วนใหญ่ มีเครื่องมือประกอบบ้างเล็กน้อย ขั้นตอนคือ การนำปลามาต้มในกระทะใบใหญ่ หรือในถังน้ำมัน เมื่อสุกแล้วเอามาบีบอัดเอาน้ำ และน้ำมันในตัวปลาออกมาด้วยเครื่องอัดมือแบบใช้เกลียว จากนั้นนำมาเกลี่ยบนแผ่นตะแกรงไม้ไผ่สาน ผึ่งแดดสัก 2 หรือ 3 วัน จนกระทั่งแห้ง บางแห่งถ้าฝนตกชุกก็ใช้กระทะเหล็กก่อไฟย่างปลากลับไปกลับมา จนกระทั่งปลาแห้ง จึงนำมาจำหน่ายให้กับร้านอาหารสัตว์เพื่อบดจำหน่ายต่อไป ปรากฏว่าปลาป่นที่ผลิตขึ้นมานี้ มีคุณภาพต่ำมากมีก้างปลามากกว่าเนื้อปลา เพราะเนื้อปลาถูกหนอนแมลงวันทำลายในระหว่างการตากแห้งเสียก่อน และมีกลิ่นเหม็นหืน เนื่องจากการบีบอัดไม่มีกำลังพอที่น้ำและน้ำมันในเนื้อปลาออกหมด จึงทำให้เก็บไว้ได้ไม่นาน

สุนันทา จันทร์สมวงษ์ (2525) รายงานว่ากระบวนการผลิตปลาป่นในเชิงอุตสาหกรรมมี 2 แบบ

1. แบบสกัดน้ำมัน หรือการผลิตระบบปิด เริ่มจากการตัดปลาเป็นชิ้นเล็กๆ ในกรณีที่ปลามีขนาดใหญ่ (ความยาวลำตัวเกิน 40 เซนติเมตร) จากนั้นปลาจะถูกลำเลียงไปยังหม้อนึ่งที่มีการใช้ความร้อนจากไอน้ำอย่างต่อเนื่อง เพื่อแยกน้ำและน้ำมันออกจากเนื้อปลา นำของเหลวจากขั้นตอนนี้เข้าเครื่องแยกน้ำออกจากน้ำมัน น้ำที่ถูกแยกออกจะมีลักษณะเป็นของเหลวข้น (Stick

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

water) เพราะมีเนื้อปลาป่น (Press cake) อยู่ จึงนำไประเหยน้ำแล้วนำเนื้อปลาที่ได้รวมกับเนื้อปลาที่แยกออกในตอนต้นไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 95 – 100 องศาเซลเซียส นาน 15 – 20 นาที แล้วผ่านขั้นตอนการแยกเอาเศษเหล็กโดยใช้อุปกรณ์ที่มีแม่เหล็กคอยดูดพวกเศษเหล็กต่างๆ ที่ปะปนมา เช่น ขอเบ็ด ตะปู เป็นต้น แล้วนำมาบดให้ละเอียด

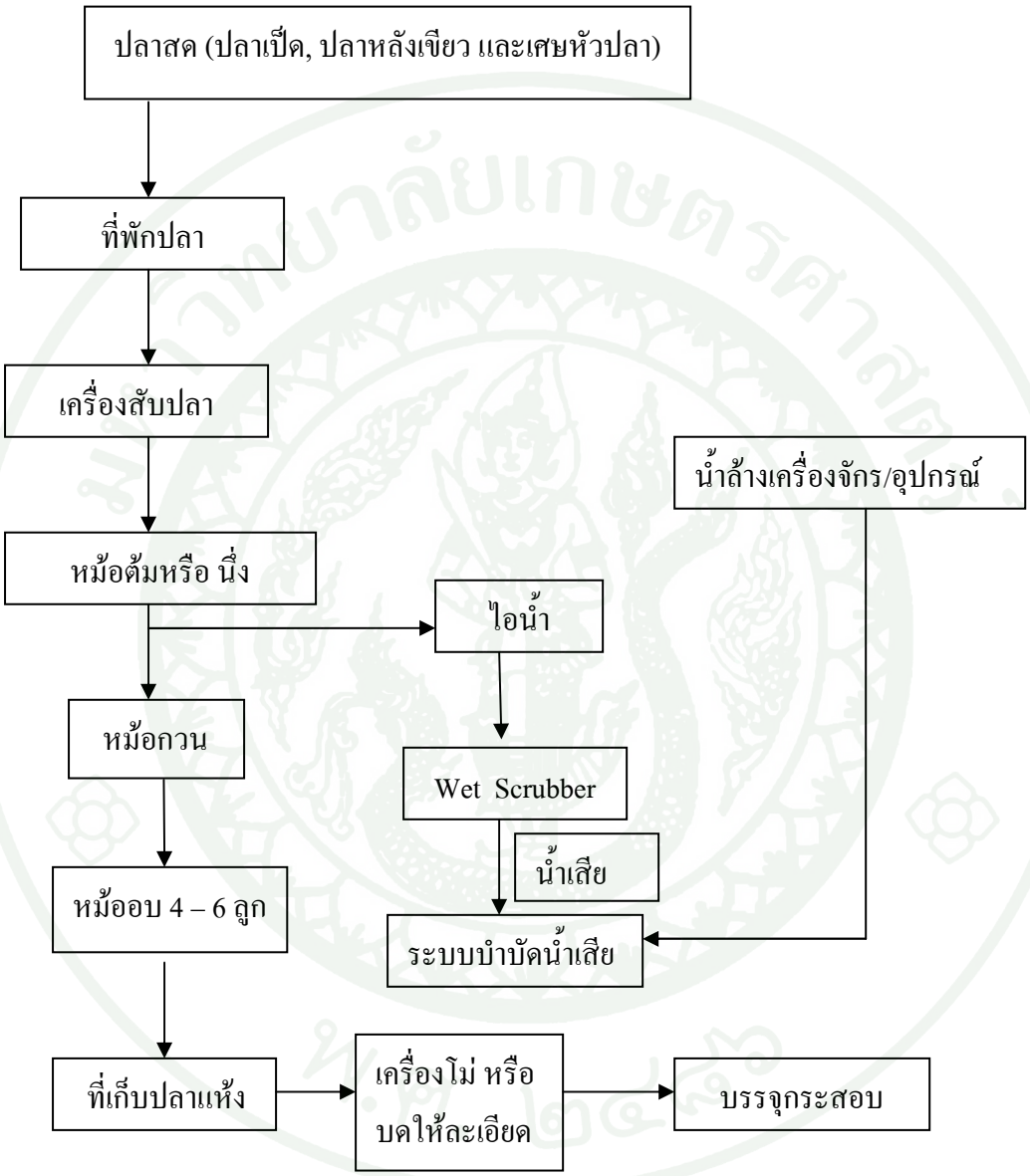
FAO (1975) รายงานว่า การผลิตด้วยวิธีสกัดน้ำมันนี้จะได้น้ำมันปลาเป็นผลพลอยได้ กลุ่มประเทศผู้ส่งออกปลาป่นรายใหญ่ของโลก เช่น ชิลี เปรู เดนมาร์ค และประเทศอื่นๆ แถบอากาศหนาว เช่น นอร์เวย์ สวีเดน นิยมผลิตปลาป่นโดยวิธีนี้ เนื่องจากวัตถุดิบในบริเวณดังกล่าวเป็นปลาขนาดใหญ่ที่มีไขมันสูง เช่น ปลาเฮอร์ริ่ง ปลาแอนโชวี่ ปลาแมคเคอเรล เป็นต้น การผลิตโดยวิธีนี้มีข้อดี คือ ให้ผลิตภัณฑ์คุณภาพสูงเมื่อพิจารณาคุณภาพโปรตีน ราคาทุนต่ำเนื่องจากมีน้ำมันปลาช่วยชดเชยราคาต้นทุน ข้อเสีย คือ ปลาป่นที่ผลิตได้มีไขมันเหลืออยู่มากเมื่อเก็บไว้นานจะมีกลิ่นหืนต้องเติมสารป้องกันการหืนของไขมัน เช่น อีทอกซีควิน เพื่อให้เก็บได้นาน

2. แบบไม่สกัดน้ำมัน หรือการผลิตระบบเปิด เริ่มจากปลาที่ถูกส่งเข้าโรงงานจะถูกนำไปเก็บไว้ในบ่อปลาสดเพื่อรอป้อนเข้าสู่กระบวนการผลิต จากนั้นคนงานจะโกยปลาสดลงไปในรางที่มีลักษณะเป็นเกลียวสว่านซึ่งทำหน้าที่ลำเลียงปลาไปยังหม้อนึ่ง การนึ่งปลาในหม้อนึ่งซึ่งมีลักษณะเป็นหม้อสองชั้น ใช้ความร้อนจากไอน้ำ และไหลไปตามเกลียวที่อยู่ภายใน เนื้อปลาจะไม่สัมผัสไอน้ำโดยตรง หม้อชั้นในมีแกนหมุนเพื่อให้เนื้อปลาได้รับความร้อนจากผนังหม้อชั้นในอย่างทั่วถึง ปลาที่นึ่งสุกแล้วจะผ่านเข้าหม้ออบ ซึ่งเป็นหม้อสองชั้นเหมือนหม้อนึ่ง ภายในมีแกนหมุนเพื่อกระจายความร้อน และในขณะ เดียวกันก็ทำหน้าที่ฉีกเนื้อปลาที่สุกแล้วให้มีขนาดเล็กลง เมื่อผ่านถึงหม้ออบสุดท้าย ซึ่งโดยทั่วไปมีประมาณ 4 – 6 ใบ แล้วผ่านเข้าเครื่องตีปลาอีกครั้งให้ละเอียดตามต้องการจากนั้นผ่านเข้ารางกวนเย็น เพื่อให้ปลาป่นเย็นก่อนบรรจุกระสอบ โดยปกติหม้ออบใบสุดท้ายจะมีเครื่องแยกกระดูกปลา เปลือกหอย ก้อนกรวด และสิ่งเจือปนอื่นๆ ออกจากปลาป่น กระบวนการผลิตทั้งหมดนี้ใช้เวลาประมาณ 40 – 60 นาที ได้ผลผลิตประมาณ 700 – 1,000 กิโลกรัมต่อเครื่องจักรหนึ่งชุด โดยมีหม้อไอน้ำขนาด 6 ตัน ผลิตไอน้ำป้อนเข้าสู่เครื่องจักรตลอดเวลา

นฤดล บุญ - หลง (2532) รายงานว่าสำหรับประเทศไทย กรรมวิธีการผลิตปลาป่นคือ ปลาที่ได้จะนำเข้าหม้อนึ่ง (cooker) โดยใช้สายพานผ่านเข้าหม้อนึ่ง ซึ่งตัวปลาจะไม่ถูกไอน้ำ เพราะภายในหม้อนึ่งจะมีลักษณะซ้อนกัน 2 ชั้น ระหว่างชั้นจะให้ไอน้ำผ่าน หรือภายในหม้อนึ่งจะเป็นท่อไอน้ำร้อนขดอยู่ หม้อชั้นในมีแกนหมุนได้ เพื่อให้ปลาได้รับความร้อนทั่วถึงกัน จาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หม้อนึ่งที่ปลาสุกแล้ว จะเข้าหม้ออบ ประมาณ 4 – 6 ลูก หม้อสุดท้ายมักมีตะแกรงร่อนเปลือกหอยและสิ่งเจือปนขนาดใหญ่ออกไป ปลาป่นที่ได้อาจนำขึ้นเก็บไว้บนที่เก็บ และจะนำมาบดเพื่อบรรจุกระสอบต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตปลาป่นแบบอบแห้ง

ที่มา: สมาคมผู้ผลิตปลาป่นไทย (2539)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากโรงงานประเภทแปรรูปปลา

น้ำเสียจากอุตสาหกรรมอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมที่นำปลามาแปรรูป เช่น โรงงานผลิตปลาป่น โรงงานปลากระป๋อง ซึ่งตารางที่ 1 กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2552) ได้สรุปลักษณะน้ำเสียจากโรงงานผลิตปลากระป๋อง และ Gonzalez (1996) รายงานว่าน้ำเสียจากโรงงานเหล่านี้จะมีโปรตีน และไขมันปนเปื้อนอยู่มาก นอกจากนี้ ชนิดของปลาที่นำมาเป็นวัตถุดิบ และกระบวนการผลิตที่ต่างกัน ก็จะทำให้ลักษณะของน้ำเสียมีความแตกต่างกันด้วย ดังแสดงในตารางที่ 2 P. Chowdhury et al. (2010) ได้รวบรวมข้อมูลลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานแปรรูปปลาต่างๆ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า น้ำเสียจะมี BOD อยู่ในช่วง 1,000 - 3,000 มก./ล. COD อยู่ในช่วง 1,000 - 18,000 มก./ล. ไนโตรเจน อยู่ในช่วง 80- 1,000 มก./ล. ซึ่งใกล้เคียงกับลักษณะน้ำเสียจากโรงงานผลิตปลากระป๋อง และสามารถใช้กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพบำบัดน้ำเสียจากโรงงานแปรรูปปลาได้

ตารางที่ 1 ลักษณะน้ำเสียรวมจากกระบวนการผลิตปลากระป๋อง

พารามิเตอร์	น้ำเสียรวม[1] ทูน่าและซาร์ดีน มก./ล.	น้ำเสียรวมเฉพาะ[2] ทูน่า มก./ล.	น้ำเสียรวม[3] ซาร์ดีน มก./ล.
BOD_5	4,523	7,313	3,900
COD	5,072	10,569	-
FOG	3,019	5,523	380
TKN	479	890	-
ของแข็งแขวนลอย	1,548	2,233	1,858

หมายเหตุ: 1. ข้อมูลจากจำนวนตัวอย่าง 29 ตัวอย่าง จากถัง Equalization เมื่อปริมาณน้ำเสียจากทูน่า และซาร์ดีนในอัตราส่วน 1 : 1

2. ข้อมูลจากจำนวนตัวอย่าง 7 ตัวอย่าง เก็บแบบ Composite ทุกๆ ชั่วโมง 24 ชั่วโมง

3. ข้อมูลจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตเฉพาะปลาซาร์ดีนกระป๋อง เก็บตัวอย่างทุก ๆ 2 สัปดาห์ เป็นค่าเฉลี่ยใน 1 ปี

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2552)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 ลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานแปรรูปปลา

Fish processed	pH	BOD (mg/l.)	COD (mg/l.)	TSS (mg/l.)	FOG (mg/l.)	TKN (mg/l.)	Reference
Bottom fish		192 - 1726	-	300		-	Riddle and Shikaze (1973)
Catfish processing				400	200		Carawan (1991)
Fish canning		1400	2900	1900		82	NovaTec (1994)
Fish canning	6.4	1733	3320	Total solids 5985	1002	207	Prasertan et al. (1994)
Fish cannery (Herring brine)	3.8	78000	90000	10000	4000	3000	Balslev – Olesen et al. (1990)
Fish condensate	9 - 10					Total NH_3 2000	Sandberg and Ahring (1992)
Fish freezing	6.9	814	1472	Total solids 4998	662	126	Prasertan et al. (1994)
Fish processing		3500	326-1432	918-1000		117	Del Valle and Aguilera (1990)
Fish processing						77-268	AAFC, 2003
Fish processing	5.8	11874	46955	Total solids 6259	2822	456	Prasertan et al. (1994)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 (ต่อ)

Fish processed	pH	BOD (mg/l.)	COD (mg/l.)	TSS (mg/l.)	FOG (mg/l.)	TKN (mg/l.)	Reference
Fish processing wastewater	6-7						Najafpour et al.(2206)
Fish salting		2300	5400	6000		257	NovaTec (1994)
Fish smoking		1700	-	400		77	NovaTec (1994)
Fisheries, British Columbia	5.7-7.4	128-2680	316-3640	2000-3000			Tech Report Series, FREMP(1994)
Haliibut		145-420	-	95-245		-	Riddle and Shikaze (1973)
Herring (filleting)		3200-5600	6255	1150-5310		-	Riddle and Shikaze (1973)
Herring processing		1200-6000	3000-10000	600-5000	60-800		Carawan (1991)
Mussel cooking			18500	Total solids 1400			Mendez et al.(1992)
Non-Alaskan bottom fish plant	6.89						Carawan et al. (1979)
Redfish		40-114	-	14-101		-	Riddle and Shikaze (1973)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 (ต่อ)

Fish processed	pH	BOD (mg/l.)	COD (mg/l.)	TSS (mg/l.)	FOG (mg/l.)	TKN (mg/l.)	Reference
Salmon processing		250-2600	300-5500	120-1400	20-550		Carawan (1991)
Squid processing		1000-5000					Park et al.(2001)
Salmon		397-3082	-	40-1824		-	Riddle and Shikaze (1973)
Surimi		-	6400-18000	-		740-1100	Green et al.(1984)
Surimi processing plant				1500-2000			Okumura and Uetana (1992)
Tuna		695	-	1091	500	-	Riddle and Shikaze (1973)
Tuna cooking			34500	Total solids 4000			Mendez et al.(1992)
Tuna pre-cooking process wastewater	6.4	7460	10582	Total solids 12375	2834	703	Prasertan et al. (1994)
Tuna processing		700	1600	500	250		Carawan (1991)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 (ต่อ)

Fish processed	pH	BOD (mg/l.)	COD (mg/l.)	TSS (mg/l.)	FOG (mg/l.)	TKN (mg/l.)	Reference
Tuna processing							
Washing 1	6.4	21400	34723	6100			Achour et al.(2000)
Washing 2	6.82	6700	10425	820			
Washing 3	6.9	2800	5551	200			
Cleaning	8.31	-	11361	2300			
Tuna		500-1500	1300-3250				Carawan (1991)

หมายเหตุ: " - " no information is available.

ที่มา: Chowdhury, P. et al. (2010)

2. กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ

การบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ อาศัยจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ (biodegradable organic compound) โดยจุลินทรีย์จะใช้สารอินทรีย์เป็นสารอาหาร และสาร ตั้งต้นในกระบวนการดำรงชีวิต การเจริญเติบโต และสังเคราะห์เซลล์ใหม่ และได้ผลผลิตเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และสารตกค้างซึ่งไม่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (nonbiodegradable residual) ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของกระบวนการบำบัดออกเป็นแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Process) เช่น ในกระบวนการเอเอส ระบบฟิล์มตรึง สระเติมอากาศ เป็นต้น และแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Process) เช่น ถังกรองไร้อากาศ ระบบยูเอเอสบี เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1 ประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ

2.1.1 กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ (aerobic wastewater treatment)

เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยจุลินทรีย์กลุ่มที่ต้องการออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen) หรือออกซิเจนอิสระ ในการย่อยสลายสารอินทรีย์เปลี่ยนความสกปรกให้กลายเป็น CO_2 และ H_2O ปฏิกิริยาการย่อยสลายสามารถจำแนกได้เป็น 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1: เป็นกระบวนการนำสารอินทรีย์ หรือสารอาหารเข้าไปในเซลล์ โดยจุลินทรีย์จะส่งเอนไซม์ (enzyme) ออกมาย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มาเกาะติดที่ผนังเซลล์ เพื่อเปลี่ยนให้อยู่ในรูปโมเลกุลขนาดเล็กที่จะสามารถซึมผ่านเข้าไปในเซลล์ของจุลินทรีย์ได้

ขั้นตอนที่ 2: เป็นกระบวนการทางชีวเคมีของเซลล์จุลินทรีย์เพื่อที่จะผลิตพลังงานไปใช้ในกิจกรรมต่างๆ และการสร้างเซลล์ใหม่ โดยสามารถเขียนสมการรวมได้ดังนี้

$$\text{สารอินทรีย์} + N + P \xrightarrow[\text{ออกซิเจน (จากอากาศ)}]{\text{จุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนอิสระ}} \text{เซลล์ใหม่} + CO_2 + H_2O + \text{พลังงาน}$$

เมื่อสารอินทรีย์ในน้ำเสียถูกเปลี่ยนรูปมาเป็นจุลินทรีย์เซลล์ใหม่ จะรวมตัวกันเป็นฟล็อก (biological flocculation) ก็จะมีน้ำหนักมากขึ้น และแยกออกจากน้ำเสียได้ง่าย

ชนิดของระบบบำบัดน้ำเสียตามลักษณะของจุลินทรีย์ที่อยู่ในระบบบำบัดแบบใช้อากาศ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

- ระบบบำบัดน้ำเสียที่ตะกอนจุลินทรีย์แขวนลอยอยู่ในน้ำเสีย (Suspended Growth)

เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่ตะกอนจุลินทรีย์กระจายอยู่ในน้ำเสีย หรือ แขวนลอยอยู่ในน้ำเสีย ทำหน้าที่ในการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียที่ตะกอนจุลินทรีย์แขวนลอยอยู่ในน้ำเสียยังสามารถแบ่งได้อีกหลายรูปแบบ เช่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge)

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง สามารถออกแบบได้หลายรูปแบบตามความเหมาะสม การใช้งาน รวมทั้งประเภท และชนิดของน้ำเสีย แต่ทุก ๆ รูปแบบมีหลักการในการบำบัดน้ำเสียเหมือนกัน คือ การเติมอากาศ และการตกตะกอน โดยตะกอนจุลินทรีย์ในถังปฏิกิริยา โดยเฉพาะแบคทีเรียในกลุ่ม Heterotrophic bactereria จะทำปฏิกิริยาเพื่อกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

- ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor)

หลักการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียจะเหมือนระบบ Activated Sludge แต่ไม่มีถังตกตะกอน ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและลดพื้นที่ก่อสร้าง ระบบสามารถลดการเกิดแบคทีเรียแบบเส้นใยที่เป็นสาเหตุของการไม่จมตัวของตะกอนในขั้นตอนของการตกตะกอนได้

- บ่อผึ่ง (Oxidation pond)

เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่ต้องการพื้นที่ในการสร้างระบบบำบัดค่อนข้างมาก แต่เสียค่าใช้จ่ายในการดูแลระบบค่อนข้างต่ำ และไม่ต้องลงทุนในเรื่องเครื่องจักรมาก ออกซิเจนที่ให้กับระบบ ส่วนใหญ่ได้จากบรรยากาศที่สัมผัสกับน้ำที่ผิวบ่อบำบัด และจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายที่เจริญเติบโตในบ่อบำบัดน้ำเสียดังกล่าว

- ระบบบำบัดน้ำเสียที่ตะกอนจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียยึดเกาะกับตัวกลาง (Attached Growth System)

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนจุลินทรีย์ยึดติดตัวกลางในถังเติมอากาศ มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียน้อยกว่าระบบบำบัดน้ำเสียที่ตะกอนจุลินทรีย์แขวนลอยอยู่ในน้ำเสีย โดยสามารถแบ่งระบบบำบัดน้ำเสียได้หลายประเภท เช่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- ระบบโปรยกรอง (Conventional tricking filter)

เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่จุลินทรีย์เติบโตบนตัวกลาง โดยวัสดุตัวกลางจะไม่มีการเคลื่อนที่ น้ำเสียจะถูกปล่อยให้ไหลลงมาจากด้านบนของระบบให้ผ่านวัสดุตัวกลางเพื่อให้สัมผัสกับจุลินทรีย์ที่เกาะอยู่บนวัสดุตัวกลาง

- ระบบบำบัดน้ำเสียแบบจานหมุนชีวภาพ (Rotating biological contactor)

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบจานหมุนชีวภาพ มีหลักการในการบำบัดน้ำเสียเหมือนกับระบบโปรยกรอง แต่ปรับปรุงวัสดุยึดเกาะตัวกลางให้สามารถหมุนได้ เพื่อแก้ปัญหาการอุดตันจากฟิล์มชีวะ ซึ่งวัสดุยึดตัวกลางจะประกอบด้วยแผ่นรูปทรงกลมที่ขนานกันหลายอันวางอยู่ในถังที่มีแกนหมุน เพื่อสร้างฟิล์มชีวภาพ และลดการหนาของฟิล์มไปด้วยกัน

2.1.2 กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ (anaerobic wastewater treatment)

เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียในสภาวะไร้ออกซิเจน โดยจุลินทรีย์จะใช้สารประกอบอื่นเป็นตัวรับอิเลคตรอนแทนออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen) หรือออกซิเจนอิสระ เปลี่ยนสารอินทรีย์ในน้ำให้กลายเป็น CO_2, CH_4 และ H_2S ซึ่งมีกลไกการย่อยสลายแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอน คือ

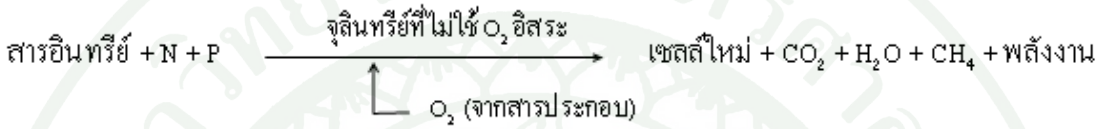
ขั้นตอนที่ 1 : เป็นกระบวนการไฮโดรไลซิส (hydrolysis) โดยอาศัยเอนไซม์ (enzyme) ที่ถูกส่งออกมานอกเซลล์ เพื่อเปลี่ยนสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ให้เป็นสารโมเลกุลเล็ก

ขั้นตอนที่ 2 : เป็นกระบวนการสร้างกรด (acidogenesis) โดยแบคทีเรียสร้างกรด ซึ่งจะเปลี่ยนผลผลิตที่ได้จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสในขั้นตอนที่ 1 ไปเป็นกรดไขมันระเหย (volatile fatty acid; VFA)

ขั้นตอนที่ 3 : เป็นกระบวนการสร้างกรดอะเซติกจากกรดไขมันระเหย (acetogenesis) โดยแบคทีเรียกลุ่มอะซีโตเจนิก (acetogenic bacteria) จะเปลี่ยนกรดไขมันระเหย ไปเป็นผลผลิตสำคัญในการสร้างก๊าซมีเทน ได้แก่ กรดอะเซติก กรดฟอร์มิก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซไฮโดรเจน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขั้นตอนที่ 4 : เป็นกระบวนการสร้างมีเทน (methanogenesis) โดยผลผลิตที่ได้จากแบคทีเรียสร้างกรดในขั้นตอนที่ 3 จะถูกเปลี่ยนไปเป็นก๊าซมีเทนโดยแบคทีเรียกลุ่มสร้างมีเทน (methanogenic bacteria) แบคทีเรียกลุ่มที่สร้างมีเทนนี้ แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ชนิดแรก คือ แบคทีเรียที่สร้างมีเทนจากคาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจน (hydrogenotrophic bacteria) โดยได้คาร์บอนมาจากคาร์บอนไดออกไซด์ และได้พลังงานจากไฮโดรเจน ชนิดที่สองคือ แบคทีเรียที่สร้างมีเทนจากกรด อะเซติก (acetotrophic bacteria) ซึ่งใช้อะเซเตดเป็นตัวรับอิเล็กตรอน และใช้ไฮโดรเจนเป็นแหล่งพลังงาน ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการโดยรวมได้ ดังนี้



จากกลไกการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้อากาศทั้ง 4 ขั้นตอน สรุปได้ว่า ในกระบวนการบำบัดแบบไม่ใช้อากาศอาศัยการทำงานของแบคทีเรีย 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่สร้างกรด และกลุ่มที่สร้างมีเทน ดังนั้น จึงจำเป็นต้องรักษาสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่องของแบคทีเรียทั้ง 2 กลุ่ม หากการทำงานของแบคทีเรียกลุ่มหนึ่งเปลี่ยนไป ก็จะมีผลต่อการทำงานแบคทีเรียอีกกลุ่มหนึ่งและประสิทธิภาพโดยรวมของระบบได้ ตัวอย่างเช่น กรณีที่ระบบได้รับสารอาหารหรือปริมาณสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นมากกว่าปกติ แบคทีเรียกลุ่มที่สร้างกรดก็จะมีอัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้น มีการสร้างกรดอินทรีย์และผลผลิตต่าง ๆ เพิ่มขึ้น ก็จะส่งผลให้แบคทีเรียกลุ่มที่สร้างมีเทน ซึ่งมีความสามารถในการเจริญเติบโตต่ำกว่า ไม่สามารถย่อยสลายกรดอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นได้ทัน ก็จะมีปริมาณกรดอินทรีย์สะสมเพิ่มขึ้น ซึ่งถ้าระบบไม่มีกำลังบัพเฟอร์เพียงพอ ค่า pH ของระบบที่ลดลงก็จะไปมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกลุ่มที่สร้างมีเทน จนอาจทำให้ประสิทธิภาพของระบบลดลง หรือการทำงานของระบบล้มเหลวได้ในที่สุด

ชนิดของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ เช่น

- บ่อแอนแอโรบิก (Anaerobic Ponds)

มีลักษณะเป็นบ่อดินขนาดใหญ่มีความลึก 3 – 4 เมตร และไม่มีฝาปิดใช้เวลากักเก็บน้ำหลายวัน สารอินทรีย์ในน้ำเสียจะถูกย่อยโดยปฏิกิริยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งอาจมีกลิ่นเหม็นรบกวนได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- ถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter)

ส่วนประกอบที่สำคัญคือถังสูงที่มีลักษณะคล้ายถังกรอง ภายในบรรจุด้วยหินขนาด 1.5 – 2 นิ้ว หรืออาจใช้ตัวกลางเป็นพลาสติกแทนได้ น้ำเสียจะไหลจากข้างล่างขึ้นข้างบนลักษณะเช่นนี้จะทำให้น้ำท่วมตัวกลางตลอดเวลา อย่างไรก็ตาม ระบบนี้ยังมีปัญหาคือต้องหาวิธีการกระจายน้ำเสียให้ไหลเข้าถังกรองให้ได้อย่างสม่ำเสมอ

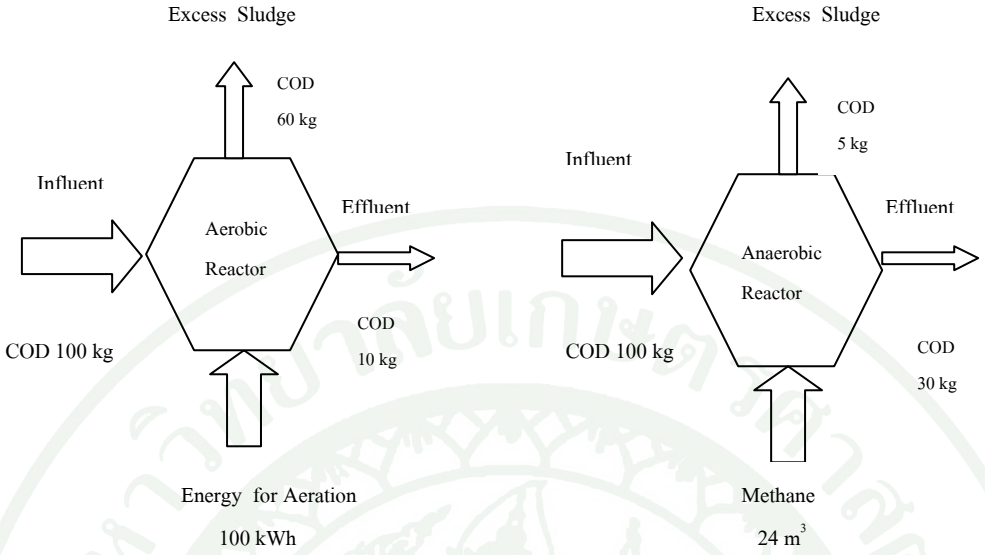
- ระบบชั้นลอยตัวไร้ออกซิเจน (Anaerobic Fluidized Bed)

ระบบนี้คล้ายกับถังกรองไร้อากาศตรงที่มีน้ำไหลจากข้างล่างขึ้นข้างบน มีสารตัวกลางขนาดเล็ก เป็นที่จับเกาะของจุลินทรีย์ อัตราการไหลของน้ำเสียต้องสูงมาก ถังปฏิกิริยาที่ใช้ในระบบจึงอาจมีขนาดเล็ก

2.2 ข้อแตกต่างระหว่างกระบวนการใช้อากาศ และไม่ใช้อากาศ

โดยทั่วไปแล้ว ข้อแตกต่างโดยรวมระหว่างกระบวนการบำบัดแบบใช้อากาศ และไม่ใช้อากาศสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2 ซึ่งแสดงสมดุลย์ COD และพลังงาน กล่าวคือ การย่อยสลายแบบใช้อากาศจะได้น้ำทิ้ง (effluent) ที่มีคุณภาพดีกว่า คือ มีสารที่ต้องการออกซิเจนเหลืออยู่ในน้ำทิ้ง ปริมาณเล็กน้อย (ประมาณ 10 % ของสารอินทรีย์ตั้งต้น) โดยสารอินทรีย์ตั้งต้นส่วนใหญ่จะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นตะกอนส่วนเกิน (excess sludge) ในรูปของมวลชีวภาพของจุลินทรีย์ (bacterial biomass) คิดเป็นปริมาณ COD ประมาณ 60 % ของ COD ที่เข้าระบบ ซึ่งจำเป็นต้องนำไปบำบัดเพิ่มเติม ส่วนการบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ จะมีปริมาณของแข็ง (residual solid) และสารที่ต้องการออกซิเจนเหลืออยู่ในน้ำทิ้งปริมาณมากกว่ากระบวนการใช้อากาศโดยทั่วไป (ประมาณ 30 % ของสารอินทรีย์ตั้งต้น) แต่จะให้ตะกอนส่วนเกินในปริมาณน้อยกว่า (คิดเป็นปริมาณ COD ประมาณ 5 % ของ COD ที่เข้าระบบ) และมีความเสถียรกว่ากระบวนการใช้อากาศ นอกจากนั้น ระบบไม่ใช้อากาศยังให้ผลผลิตสุดท้ายเป็นก๊าซมีเทน ซึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิง และแหล่งพลังงานได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 2 การเปรียบเทียบสมดุล COD และ พลังงานของกระบวนการบำบัดแบบใช้ และไม่ใช้อากาศ

ที่มา: Journey, W.K. and McNiven S. (1996)

2.3 ข้อดี – ข้อเสียของระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ และไม่ใช้อากาศ

โดยทั่วไประบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศจะเป็นระบบที่ให้ประสิทธิภาพในการบำบัดได้ดีกว่าแบบไม่ใช้อากาศ และมีปริมาณความสกปรก หรือสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพเหลืออยู่ในน้ำทิ้งในปริมาณที่น้อยกว่า แต่มีข้อจำกัดที่สำคัญ คือ เป็นระบบที่มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูงกว่า เนื่องจากต้องใช้พลังงานในการเติมอากาศ และตะกอนส่วนเกินที่มีปริมาณสารอินทรีย์ในรูปของมวลชีวภาพของจุลินทรีย์อยู่มาก ซึ่งข้อดี - ข้อเสียของระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ และไม่ใช้อากาศแสดงในตารางที่ 3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 ข้อดี ข้อเสียของระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ และไม่ใช้อากาศ

ประเด็น	ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ		ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ	
	ข้อดี	ข้อเสีย	ข้อดี	ข้อเสีย
อัตราภาระบรรทุก	ใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้อยกว่า มีผลให้ถังปฏิกิริยามีปริมาตรน้อยกว่า ซึ่งช่วยให้ประหยัดพื้นที่ในการก่อสร้าง	มีความสามารถรองรับอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ ได้ต่ำกว่าแบบไม่ใช้อากาศ	จะสามารถรองรับอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ได้สูงกว่าแบบใช้อากาศ	จุลินทรีย์มีอัตราการเจริญเติบโตช้า ทำให้ต้องใช้เวลาอยู่ในระบบนาน มีผลให้ถังปฏิกิริยามีปริมาตรมากกว่าและใช้พื้นที่ในการก่อสร้างมากกว่าแบบใช้อากาศ
การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์	อัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะเร็วกว่า และใช้เวลาในการเริ่มเดินระบบ (strat up) เร็วกว่าแบบไม่ใช้อากาศ	จุลินทรีย์ไม่ทนต่อสภาวะขาดอากาศอาจตายได้ง่ายเมื่อระบบการเติมอากาศมีปัญหา	ทนต่อภาวะ shock load และการผันแปรของอัตราการไหลได้ดีกว่าแบบใช้อากาศ	การเริ่มเดินระบบ (strat up) ค่อนข้างยุ่งยาก และใช้เวลานานกว่าจะเข้าสู่สภาวะคงที่ (steady state) เนื่องจากการเจริญเติบโตจำ - เพาะของจุลินทรีย์ค่อนข้างต่ำ
สารอาหารเสริม	ระบบบำบัดบางชนิดสามารถกำจัดสารอาหารไนโตรเจนฟอสฟอรัสได้	มีความต้องการสารอาหารเสริม เช่น ไนโตรเจน (N) และ ฟอส - ฟอรัส (P) เพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์เซลล์	เนื่องจากมีเซลล์เกิดใหม่ต่ำจึงต้องการสารอาหารอนินทรีย์ (N, P) น้อยทำให้เหมาะที่จะใช้บำบัดน้ำเสียที่มีปริมาณสารอาหารต่ำ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ประเด็น	ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ		ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ	
	ข้อดี	ข้อเสีย	ข้อดี	ข้อเสีย
ความต้องการพลังงาน	-	ต้องใช้พลังงานในการเติมอากาศทำให้มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานสูงกว่าแบบไม่ใช้อากาศ	ไม่ต้องใช้พลังงานในการเติมออกซิเจนทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการมากกว่าระบบใช้อากาศ	-
การผลิตพลังงาน	-	ไม่ได้พลังงานกลับคืนในรูปของก๊าซมีเทนมาใช้	ให้พลังงานกลับคืนในรูปของก๊าซมีเทน สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งสามารถได้ว่าก๊าซมีเทนจะเกิดขึ้น 5.62 ลบ. ฟุตต่อปอนด์ ซีโอดีที่ถูกทำลายภายใต้อุณหภูมิและความดันที่สภาวะมาตรฐาน (320 F,1 บรรยากาศ)	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ประเด็น	ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ		ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ	
	ข้อดี	ข้อเสีย	ข้อดี	ข้อเสีย
คุณภาพน้ำทิ้ง	มีประสิทธิภาพการบำบัดสูง สามารถบำบัดให้น้ำทิ้งมีค่า BODต่ำ	-	-	น้ำที่บำบัดแล้ว ยังเหลือความสกปรกสูงเกินกว่าที่จะทิ้งลงแหล่งน้ำจำเป็นต้องได้รับการบำบัด เพิ่มเติม เพื่อ ให้ ได้คุณภาพน้ำทิ้งตามมาตรฐาน
การบำรุงรักษา	-	ส่วนของเครื่องจักรต้องทำงานต่อเนื่องจำเป็นต้องได้รับการบำรุงรักษาอยู่เสมอ	มีโครงสร้างเครื่องจักรส่วนที่เคลื่อนไหว (moving part) น้อยกว่าแบบใช้อากาศ	ถังปฏิกิริยาภาชนะ ท่อต้องใช้วัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อน
ตะกอนส่วนเกิน	-	มีปริมาณตะกอนส่วนเกินในรูปของมวลชีวภาพของจุลินทรีย์มากกว่าแบบใช้อากาศ	สารอินทรีย์กลายเป็นก๊าซ CH_4, CO_2 80-90 % สร้างเป็นcell ใหม่แค่ 10 -20 % เพราะว่าเมทาบอลิซึมแบบแอนแอโรบิคให้พลังงานสำหรับการ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ประเด็น	ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ		ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ	
	ข้อดี	ข้อเสีย	ข้อดี	ข้อเสีย
			เจริญเติบโตน้อย และพลังงานส่วนใหญ่ในสารอาหารเริ่มต้นแฝงอยู่กับก๊าซที่ผลิตขึ้น จึงมีตะกอนส่วนเกินในรูปของมวลจุลินทรีย์น้อยกว่าแบบใช้อากาศ	
ปัญหากลิ่นรบกวน	การย่อยสลายแบบใช้อากาศให้ผลผลิตสุดท้ายที่ไม่มีกลิ่น และมีความเสถียรมากกว่าแบบไม่ใช้อากาศ	-	-	มีปัญหากลิ่นเหม็นจากก๊าซ H_2S มักเกิดจากการควบคุมไม่ดีพอ เช่น pH ต่ำกว่า 6.0 หรือรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงเกินกว่า0.4 กก.บีโอดีต่อลบ.ม.ต่อวัน

ที่มา: สิริรัตน์ สุวณิชย์เจริญ และ ปราโมทย์ เชี่ยวชาญ (2548)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ความสำคัญของจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสีย

จุลินทรีย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบคทีเรียจะมีความสำคัญอย่างมากในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ไม่ว่าจะเป็นน้ำเสียชุมชน หรือน้ำเสียอุตสาหกรรม หลักการที่สำคัญคือแบคทีเรียกลุ่ม Heterotrophic จะทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยใช้สารอินทรีย์เป็นอาหารในการสร้างเซลล์ใหม่ ส่วนแบคทีเรียกลุ่ม Autothophic จะทำหน้าที่ย่อยสลายสารอนินทรีย์ เพื่อนำคาร์บอนมาสร้างเซลล์ใหม่ และเจริญเติบโต

3.1 ชนิดและสมบัติของจุลินทรีย์ในธรรมชาติ

ในธรรมชาติมีจุลินทรีย์อยู่มากมายหลายชนิด ทั้งชนิดที่เป็นประโยชน์ และเป็นโทษ ซึ่งปริมาณและชนิดของจุลินทรีย์จะมีความแตกต่างกันตามแหล่งที่พบ โดยสามารถแบ่งชนิดของจุลินทรีย์ออกเป็นกลุ่มตามขนาด รูปร่าง และคุณสมบัติอื่นได้ 5 ชนิด ดังนี้

1. แบคทีเรีย เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อน โดยแบคทีเรียในระบบบำบัดน้ำเสียจะมีบทบาทที่สำคัญคือการย่อยสลายสารอินทรีย์ และอนินทรีย์ในน้ำเสีย ซึ่งสามารถแบ่งแบคทีเรียได้เป็น 2 ประเภท ขึ้นกับแหล่งคาร์บอนที่แบคทีเรียนำมาใช้ในการสร้างเซลล์ใหม่คือ กลุ่ม Heterotroph และ Autotroph

2. สาหร่าย (Algae) เป็นพืชน้ำขนาดเล็ก ที่สามารถสังเคราะห์แสงได้ โดยได้ผลผลิตเป็นออกซิเจน และสารอินทรีย์ ซึ่งจัดเป็นพวก Autotroph ที่ใช้คาร์บอนไดออกไซด์ หรือสารประกอบคาร์บอเนตเป็นแหล่งคาร์บอน ใช้สารอาหารอนินทรีย์พวกฟอสฟอรัส ไนโตรเจนจากแอมโมเนีย และไนเตรต

3. รา (Fungi) ประกอบด้วยเซลล์หลายเซลล์ เรียงตัวกันเป็นเส้นใย แต่จะมีบางชนิดที่จะมีลักษณะเป็นเซลล์โดดๆ ในกลุ่มของยีสต์ ซึ่งปัจจุบันมีการใช้เชื้อราเป็นตัวชี้วัดถึงสภาวะ หรือประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย กล่าวคือหากมีเชื้อราเกิดขึ้นในระบบบำบัดน้ำเสีย หรือถังปฏิกิริยา ปัญหาที่จะตามมาคือ ตะกอนจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสีย หรือในถังปฏิกิริยามักจะจมตัวไม่ดีนัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4 . โปรโตซัว จัดเป็นสัตว์ชั้นต่ำ บทบาทที่เด่นชัดของโปรโตซัวคือ เป็นตัวช่วยในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วให้มีคุณภาพดีขึ้น หรือใสขึ้น โดยโปรโตซัวจะทำหน้าที่กินแบคทีเรียที่แขวนลอยอยู่ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดเป็นอาหาร สามารถพบได้ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบ AS, oxidation pond และแหล่งน้ำธรรมชาติด้วย

5. ไวรัส เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีการเพิ่มจำนวนภายในเซลล์สิ่งมีชีวิตเท่านั้น โดยไวรัสที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางน้ำเป็นชนิดที่พบภายในลำไส้มนุษย์ ซึ่งมีการถ่ายเทเชื้อไวรัสจากบุคคลหนึ่งไปยังอีกบุคคลหนึ่งผ่านกระบวนการรับประทานอาหาร และน้ำดื่มที่มีการปนเปื้อนไวรัส และไวรัสภายในระบบบำบัดน้ำเสียยังสามารถแพร่กระจายสู่แหล่งน้ำผิวดินด้วย

แบคทีเรียในน้ำจะมีบทบาทตามคุณสมบัติของจุลินทรีย์แต่ละชนิด และสภาวะของแหล่งน้ำนั้นๆ ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ชนิดและหน้าที่ของแบคทีเรียที่นิยมใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย

แบคทีเรีย	หน้าที่ในการทำงาน
Aeromonas aerogenes	ภายใต้สภาวะที่มีอากาศ จะออกซิไดซ์คาร์โบไฮเดรตและกรดอินทรีย์สายสั้นๆ ให้เป็นสารประกอบอินทรีย์คาร์โบไฮเดรตและน้ำแทน
Bacillus subtilis	สามารถออกซิไดซ์คาร์โบไฮเดรต กรดอินทรีย์ และสารประกอบอื่นๆ เช่น ไขมัน น้ำมัน โปรตีน และแป้ง โดยสามารถทำงานได้ดีในการย่อยสลายตะกอน เนื่องจากสามารถหลั่งเอนไซม์ออกมานอกเซลล์เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ให้เป็นโมเลกุลเล็ก อีกทั้งยังสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่ก้นบ่อได้ในขณะที่กำลังเจริญเติบโต
Cellulomonas biazolea	เปลี่ยนเซลลูโลสให้เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 (ต่อ)

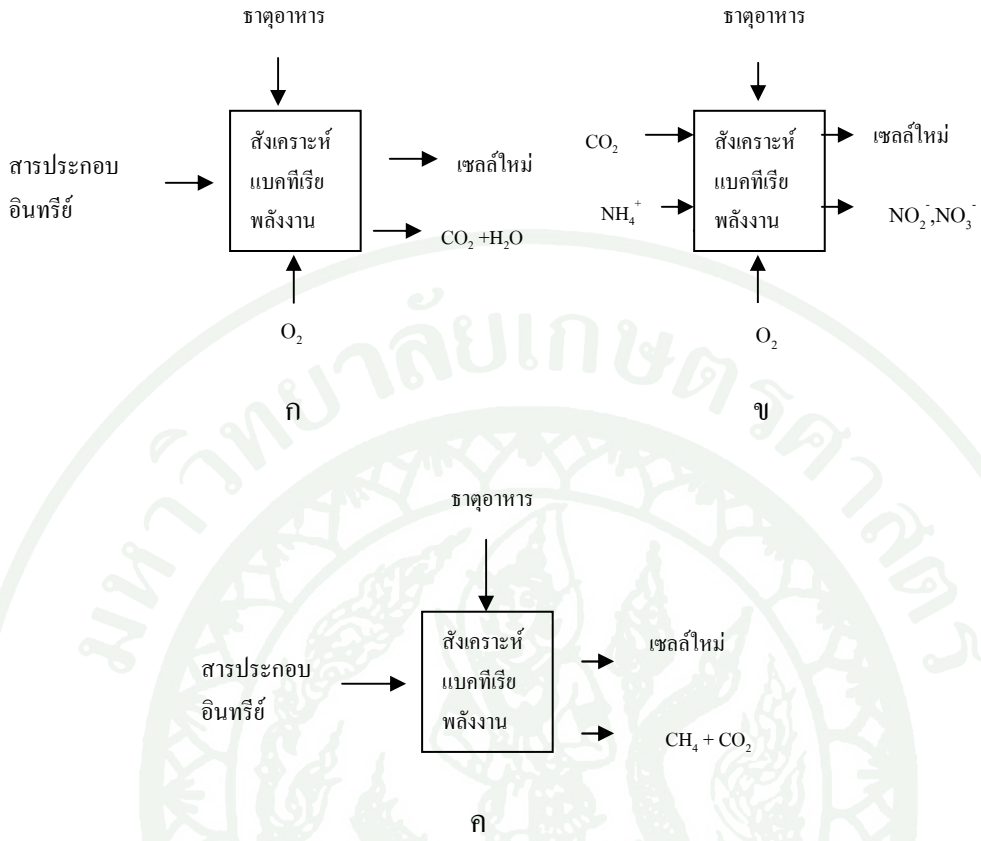
แบคทีเรีย	หน้าที่ในการทำงาน
Enterobacter sp.	เจริญเติบโตได้ดีทั้งที่ไม่มีออกซิเจนและสภาพที่มีอากาศ โดยภายใต้สภาพที่มีออกซิเจนจะออกซิไดซ์สารประกอบคาร์โบ-ไฮ เดรตที่มีองค์ประกอบง่ายๆ ให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ กลายเป็นแหล่งคาร์บอนไดออกไซด์ของพืชน้ำ แต่ในสภาพที่มีออกซิเจนต่ำๆจะเกิดการหมักของสารประกอบคาร์บอนทำให้เกิดกรดอินทรีย์
Nitrosamines sp.	ออกซิไดซ์แอมโมเนีย–ไนโตรเจนให้เป็นไนไทรต์–ไนโตรเจน ซึ่งต้องการออกซิเจนในปริมาณที่เพียงพอ การเจริญเติบโตยังต้องอาศัยสารประกอบอินทรีย์ของคาร์บอนที่ละลายน้ำ แต่กระบวนการทำงานจะถูกจำกัดเมื่อมีสารประกอบอินทรีย์มากกว่า 20 ppm
Nitrobacter winogradskyi	ออกซิไดซ์ไนไทรต์–ไนโตรเจน ให้เป็นไนเทรต โดยขบวนการทำงานจะถูกยับยั้งโดยปริมาณแอมโมเนีย
Pseudomonas denitrificans	ลดระดับไนไทรต์–ไนโตรเจน ในสภาพที่ไม่มีอากาศ หน้าที่หลักคือ ออกซิไดซ์สารประกอบอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้

ที่มา: ดนุวัต เพ็งอ้น และคณะ (2552)

3.2 กระบวนการกำจัดสารอินทรีย์ของแบคทีเรียในระบบบำบัดน้ำเสีย

แบคทีเรียกลุ่ม Heterotroph เป็นพวกใช้คาร์บอนในสารประกอบอินทรีย์เป็นแหล่งคาร์บอนในการสร้างเซลล์ สามารถแบ่งย่อยได้อีก 3 กลุ่มตามความต้องการออกซิเจนอิสระคือ Aerobic bacteria คือต้องการใช้ออกซิเจนอิสระในการย่อยสลายสารอินทรีย์เพื่อให้ได้พลังงานสำหรับการเติบโต สำหรับกลุ่ม Anaerobic bacteria สามารถออกซิไดส์สารอินทรีย์ได้โดยไม่ต้องใช้ออกซิเจนอิสระ แต่ใช้ออกซิเจนจากสารประกอบอื่นๆ เช่นไนเตรต และซัลเฟต และกลุ่ม Facultative bacteria ในสภาวะแวดล้อมที่มีออกซิเจนอิสระละลายน้ำจะดำรงชีพแบบ Aerobic และหากไม่มีออกซิเจนอิสระจะดำรงชีพแบบ Anaerobic ซึ่งภาพที่ 3 แสดงตัวอย่างกระบวนการเมแทบอลิซึมที่แตกต่างกันของกลุ่มแบคทีเรียทั้ง 3 แบบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 3 กระบวนการเมแทบอลิซึ่ม ก) Aerobic Heterotrophic ข) Aerobic Autotrophic ค) Anaerobic Heterotrophic

ที่มา: สุเทพ สิริวิทยาปกรณ์ (2549)

สำหรับแบคทีเรียกลุ่ม Autotrophic ใช้คาร์บอนจากสารอนินทรีย์ เช่นคาร์บอนไดออกไซด์ และสารประกอบกลุ่มคาร์บอเนต เป็นแหล่งคาร์บอนในการสร้างเซลล์ โดยได้มีเทนเป็นผลจากการย่อยสลายสารอนินทรีย์

พลังงานที่ได้จากการออกซิไดส์สารต่างๆ ของแบคทีเรียจะถูกนำไปใช้เพื่อสร้างเซลล์ใหม่ ซึ่งอัตราการเติบโต และปริมาณมวลชีวภาพที่ได้ขึ้นกับพลังงาน ซึ่งเป็นผลมาจากแหล่งออกซิเจนที่ใช้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3 การใช้จุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ร่วมกันในการบำบัดน้ำเสีย

ในระบบบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางชีววิทยา มีจุลินทรีย์หลากหลายชนิดที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน แต่ทำหน้าที่ร่วมกัน จัดเป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบจุลินทรีย์ผสม (mixed culture) ที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์หลัก 5 กลุ่ม คือ

1.จุลินทรีย์กลุ่มสังเคราะห์แสง (photosynthesis bacteria) เป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ชอบอากาศ

2. จุลินทรีย์กลุ่มแลคโตบาซิลลัส ทำหน้าที่ผลิตกรดแลคติค เพื่อต่อต้านจุลินทรีย์ที่เป็นพิษ

3. จุลินทรีย์กลุ่มรา ที่ใช้ผลิตเหล้า เช่น Aspergillus ซึ่งเป็นลักษณะของจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่หมักแอลกอฮอล์เป็นส่วนใหญ่

4. ยีสต์ พวก saccharomyces cerevisiae พวกที่สามารถดำรงชีพอยู่ได้ทั้งสภาวะที่มีอากาศ และไม่มีอากาศ

5. จุลินทรีย์กลุ่มแอคติโนมัยซิส (Actinomyces) เป็นกลุ่มที่ทำลายจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่มีประโยชน์ให้ลดจำนวนลง

เนื่องจากความสามารถที่แตกต่างกันของจุลินทรีย์ต่างสายพันธุ์ จึงมีความคิดในการนำจุลินทรีย์สายพันธุ์บริสุทธิ์ (pure culture) มาใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่มีลักษณะเฉพาะ เช่น มีไขมันสูง เช่น อรพิน ภูมิภมร และ เกรียงไกร พัทยากร (2545) เลือกใช้เชื้อ Pseudomonas sp. ในการบำบัดน้ำเสียที่มีไขมันสูง โดยมี COD เริ่มต้นที่ 4,000 มก/ล. ย่อยสลายไขมัน และซีโอดีได้สูงสุดที่ 88.46 % และ 95.81 % Bhumibhamon, O. et al. (2002) ได้ศึกษาทดลองการใช้จุลินทรีย์สายพันธุ์เดียว และจุลินทรีย์ผสม 4 ไอโซเลท ของ KUL 8 ,KUL 12, KUL 17, KUL 39 ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตเบเกอรี่ พบว่า KUL 8, KUL 39 สามารถบำบัดน้ำเสียผลิตเอนไซม์อะไมเลส และเอนไซม์โปรติเอสได้ดีกว่าไอโซเลทอื่น และสามารถลดค่า FOG และ COD ได้ 73 – 88 % และ 81 – 99 % ตามลำดับ ในระยะเวลา 7 วัน ในขณะที่จุลินทรีย์ผสม สามารถลดค่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

FOG และ COD ได้ 32 – 74 % และ 56 – 95 % ตามลำดับ ซึ่ง KUL 8 คือ Acinetrobacter sp. และ KUL 39 คือ Bacillus sp.

นอกจากนี้ยังมีการคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์ที่มีการสายพันธุ์ที่มีความแข็งแรง ทนทาน สามารถบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจัดเป็นจุลินทรีย์ทางการค้าที่ใช้เติมลงในระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย หรือใช้เป็นจุลินทรีย์ตั้งต้นสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียที่เริ่มใช้งาน โดย Christiansen and Spraker (1983) ทดลองเติมแบคทีเรียทางการค้าลงในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานประเภทปิโตรเลียม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ในการบำบัดสารประเภทไฮโดรคาร์บอน ศุภรัตน์ และคณะ (2546) ได้ทดลองคัดเลือกสายพันธุ์แบคทีเรียกลุ่ม Bacillus sp. ที่สามารถผลิตเอนไซม์ย่อยสลายโปรตีนที่มีประสิทธิภาพจากผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด และสายพันธุ์แบคทีเรียที่สามารถผลิตเอนไซม์ย่อยสลายไขมันและแป้งที่มีประสิทธิภาพจากผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด และแบคทีเรียกลุ่ม Lactic acid Bacteria 4 สายพันธุ์จากศูนย์วิจัย วท. และให้อากาศตลอดเวลา แบ่งการทดลองออกเป็น 6 ชุด โดยพบว่าการใช้จุลินทรีย์กลุ่ม Bacillus sp.ในรูปแบบใส่น้ำโดยตรงที่ความเข้มข้น 107 cfu/ml. หรือในรูปแบบผสมในอาหารกุ้งที่ความเข้มข้น 107 cfu/กรัมอาหาร ให้ผลการย่อยสลายสารอินทรีย์ไม่แตกต่างจากชุดควบคุมที่ไม่ใช้จุลินทรีย์ ส่วนกลุ่ม Lactic acid Bacteria ไม่เหมาะต่อการนำมาใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ มณเฑียร ส่งเสริม และ มณจันทร์ เมฆธน (2539) ได้คัดเลือกสายพันธุ์แบคทีเรียที่มีความสามารถในการย่อยสลายไขมันจากน้ำทิ้งของโรงอาหารในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้สายพันธุ์ที่ดีที่สุดคือ Bacillus sp. AP-80 ซึ่งมาทดสอบประสิทธิภาพเปรียบเทียบกับแบคทีเรียที่เป็นผลิตภัณฑ์ทางการคือ Aquaprox TM OL 5100 และ Aquaprox TM PL 5110 พบว่าแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดมีศักยภาพในการย่อยสลายไขมันใกล้เคียงกัน

3.4 สภาวะแวดล้อมสำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

การเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะขึ้นอยู่กับลักษณะของสภาพแวดล้อม และอาหาร ดังนี้

1. ความเป็นกรด - ด่าง (pH) แบคทีเรียแต่ละชนิดมีความต้องการสภาวะแวดล้อมที่เป็นกรด – ด่าง แตกต่างกันออกไป กล่าวคือ บางชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ดีในที่มีสภาวะเป็นกลาง บางชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ดีในที่มีสภาวะเป็นกรด นอกจากนี้บางชนิดแม้ไม่ชอบสภาพที่เป็นกรดก็ยังสามารถทนต่อสภาวะเป็นกรดดังกล่าวได้ (Resistant) อย่างไรก็ตาม pH ที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เหมาะสมสำหรับแบคทีเรียโดยทั่วไปจะมีค่าอยู่ระหว่าง 5 – 9 และที่เหมาะสมที่สุดคือ 6.8 – 7.2 ซึ่งจะเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่ใช้ควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา โดยเฉพาะระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศทั่วไป

2. อุณหภูมิ อัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะแปรผันตามอุณหภูมิ และความต้องการของแบคทีเรียชนิดนั้น โดยปกติแล้วอัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะสูงขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้นจนถึงจุด ๆ หนึ่งที่จุลินทรีย์ชนิดใดชนิดหนึ่ง ต้องการหรือเหมาะสม สำหรับจุลินทรีย์ชนิดใดชนิดหนึ่งก็จะลดลง และในที่สุดถ้าอุณหภูมิสูงเกินจนแบคทีเรียทนไม่ได้ก็จะตาย ดังนั้น การแบ่งชนิดแบคทีเรียตามอุณหภูมิอาจจะแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดตามอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตคือ Phychophilic , Mesophilic และ Thermophilic โดยแต่ละชนิดต้องการสภาวะของจุลินทรีย์ในการเจริญเติบโตหรือดำรงชีวิตที่แตกต่างกัน

3. ออกซิเจน (Oxygen) ความสำคัญของออกซิเจนนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของแบคทีเรีย โดยแบ่งแบคทีเรียเป็นชนิดที่ใช้ออกซิเจนอิสระในการดำรงชีวิต และแบคทีเรียชนิดที่ใช้ออกซิเจนในรูปสารประกอบไม่ว่าจะเป็นสารประกอบอินทรีย์ (Organic oxygen compound) หรือสารอนินทรีย์ (Inorganic oxygen compound) ดังนั้นหากควบคุมสภาวะแวดล้อมในน้ำหรือน้ำเสียให้ไม่มีออกซิเจนแบคทีเรียในกลุ่ม Aerobic bacteria ก็จะตายหมด ส่วนแบคทีเรียในกลุ่ม Anaerobic bacteria จะเจริญเติบโตได้ดี

4. อาหาร (Food) อาหารของแบคทีเรียแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คืออาหารเพื่อใช้เป็นพลังงาน และใช้เพื่อสร้างเซลล์ใหม่ อาหารส่วนใหญ่ได้แก่สารอินทรีย์ที่ประกอบด้วยคาร์บอนเป็นส่วนใหญ่ อาหารอีกชนิดหนึ่งเรียกว่า อาหารเสริมสร้าง (Nutrients) ซึ่งมีความจำเป็นในการดำรงชีวิตของแบคทีเรียได้แก่สารประกอบไนโตรเจน ฟอสฟอรัสที่มีความจำเป็นอย่างมากต่อจุลินทรีย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งในน้ำเสีย หากขาดไนโตรเจน และฟอสฟอรัส การใช้กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาในการบำบัดสิ่งสกปรกซึ่งคือสารอินทรีย์ (บีโอดี) จะเป็นไปได้ยาก จะต้องมีการเติมสารทั้งสองลงในน้ำเสียเพื่อให้การบำบัดได้ประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนี้แล้วยังมีสารประกอบแร่ธาตุต่างๆ ที่มีความจำเป็นสำหรับแบคทีเรียในการเจริญเติบโตเช่น โพแทสเซียม แคลเซียม เหล็ก แมงกานีส แมกนีเซียม เป็นต้น

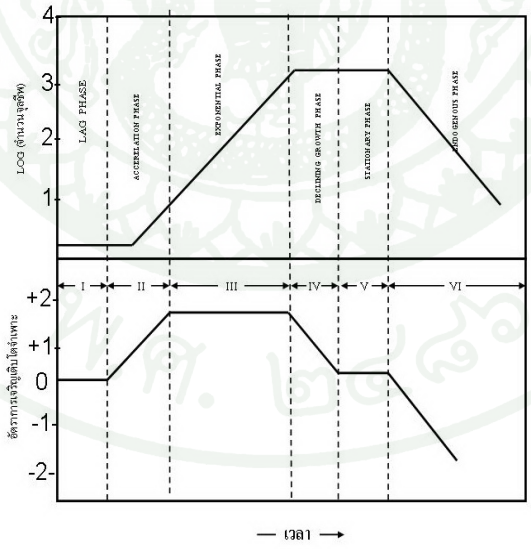
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. อัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ถ้าสภาพแวดล้อมต่างๆ ทั้งทางกายภาพ ทางเคมีไม่ขัดต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแล้ว อัตราการเร่งในการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะขึ้นอยู่กับปริมาณสารอาหารเท่านั้น ทั้งนี้อาหารเสริมสร้าง (Nutrients) จะต้องเพียงพอด้วย อาจจะกล่าวได้ว่าการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะแปรผันโดยตรงกับปริมาณอาหาร

3.5 การเจริญเติบโตของตัวจุลชีพ

ในระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีววิทยา จะมีพวกจุลชีพต่างๆ ซึ่งจะช่วยทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างๆ ในน้ำเสียไปเป็นก๊าซ และผลปฏิกิริยาสุดท้ายต่างๆ โดยอาจอยู่ในสภาวะแอโรบิค หรือแอนาโรบิค หรือ แฟคัลเททีฟ โดยทั่วไปแล้วระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีววิทยาจะมีจุลชีพหลายชนิดปะปนอยู่ในระบบบำบัดน้ำเสีย การเจริญเติบโตในแต่ละชนิดของตัวจุลชีพจะมีไม่เหมือนกัน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยด้วยกันได้แก่ ประเภทของน้ำเสีย อุณหภูมิ ค่าพีเอช และสภาวะมีหรือไม่มีออกซิเจน

ลักษณะการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ในระบบบำบัดน้ำเสีย ดังแสดงไว้ในภาพที่ 4 ซึ่งได้แสดงทั้งจำนวนจุลินทรีย์ที่มีระบบ และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะอีกด้วย



ภาพที่ 4 การเจริญเติบโต และจำนวนจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสีย

ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ (2545)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ซึ่งได้แบ่งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ออกเป็น 6 ช่วงเวลา

ช่วงที่ 1 Lag phase ช่วงแรกนี้จะเป็นช่วงที่จุลินทรีย์เริ่มเข้าสู่สภาวะแวดล้อมใหม่ กำลังเริ่มปรับตัวให้เข้ากับสภาวะแวดล้อม จึงทำให้จุลินทรีย์ในระบบยังไม่มีการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวน ซึ่งในการดำเนินงานของระบบบำบัดน้ำเสียในช่วงเริ่มต้น อาจมีช่วงเวลาของ Lag phase สั้นหรือยาว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการได้นำจุลินทรีย์จากถังบำบัดน้ำเสียที่อยู่ ตัวแล้วมาเติมลงไปในถังบำบัดน้ำเสียใหม่นี้มากน้อยเพียงใด

ช่วงที่ 2 Acceleration phase ช่วงเวลาที่สองนี้จะมีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จากภาพที่ 4 จะเห็นได้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงของค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะที่เพิ่มขึ้นอย่างมาก

ช่วงที่ 3 Exponential phase ช่วงที่สามนี้จะมีการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์อย่างมาก แต่จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ คือมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะที่คงที่ ช่วงที่สามนี้จะมีอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์หรือพวก Substrate ในน้ำเสียสูงสุด โดยทั่วไปนิยมเรียกช่วงที่สามนี้ว่าช่วงสภาวะคงที่ (steady state) คือจะมีค่าความหนาแน่นของเซลล์คงที่หรือค่าความเข้มข้นของตะกอนคงที่ และจะมีค่าอัตราส่วนเหล่านี้คงที่ได้แก่ DNA/จำนวนเซลล์ , RNA/จำนวนเซลล์ และโปรตีน/จำนวนเซลล์ ช่วงที่ 3 นี้จะเป็นช่วงที่มีความสำคัญอย่างมากในการดำเนินงานของระบบบำบัดน้ำเสีย เพราะเป็นช่วงที่มีการบำบัดน้ำเสียสูงสุดในถังบำบัดน้ำเสียนี้

ช่วงที่ 4 Declining growth phase ช่วงที่สี่นี้จะมีจำนวนจุลินทรีย์คงที่ โดยมีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะค่อยๆ ลดลง เนื่องจากปริมาณลดลงของสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่เข้ามาและหรือเกิดการสะสมของสารพิษตัวจุลินทรีย์ด้วย

ช่วงที่ 5 Stationary phase ช่วงที่ห้านี้จะมีจำนวนจุลินทรีย์คงที่ โดยมีค่าอัตราการเจริญเติบโตเท่าอัตราการตายของจุลินทรีย์

ช่วงที่ 6 Endogenous phase ช่วงที่หกนี้มีอัตราการตายของจุลินทรีย์อย่างมาก จากภาพที่ 4 จะเห็นได้ว่าค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะมีค่าติดลบ คือจำนวนจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในระบบค่อยๆ ลดลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.6 อัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดแบบไม่ต่อเนื่อง (Batch system)

Metcalf & Eddy (1991) เสนอสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แบบ batch และความเข้มข้นของจุลินทรีย์ ดังนี้

$$rg = \mu X \tag{1}$$

เมื่อ rg คือ อัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (มวล/หน่วยปริมาตร-เวลา)

μ คือ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (ต่อเวลา)

X คือ ความเข้มข้นของจุลินทรีย์ (มวล/หน่วยปริมาตร)

เนื่องจากสภาพแวดล้อมในระบบบำบัดที่เลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์เป็น batch จึงได้สมการ

$$\frac{dX}{dt} = rg \tag{2}$$

ซึ่งจากสมการที่ 1 ทำให้ได้ความสัมพันธ์ คือ

$$\frac{dX}{dt} = \mu X \tag{3}$$

3.7 อัตราการใช้สารอาหารในระบบบำบัดแบบไม่ต่อเนื่อง (Batch system)

จากสภาวะที่เป็นแบบ Batch การใช้สารอาหารมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต จึงมีผลทำให้สารอาหารเป็นตัวหนึ่งซึ่งจำกัดอัตราการเติบโต โดย Monod ได้แสดงสมการ 4

$$\mu = \mu_m \frac{S}{K_s + S} \tag{4}$$

เมื่อ μ คือ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (ต่อเวลา)

μm คือ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุด (ต่อเวลา)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

S คือ ความเข้มข้นของสารอาหารในสารละลาย (มวล/ปริมาตร)

K_s คือ อัตราความเข้มข้นจำเพาะที่อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเป็นครึ่งหนึ่งของอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุด

4. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธนภัทร จิตตสัจจ (2539) ได้ศึกษาคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่เข้าระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งพบว่า มีค่า พีเอชเท่ากับ 6.87 ค่าซีโอดีเท่ากับ 776.04 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 0.0068 % ฟอสเฟตเท่ากับ 1.384 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเมื่อน้ำเสียผ่านกระบวนการบำบัดด้วยระบบเลี้ยงตะกอนเร่ง ระบบบ่อให้อากาศ และระบบบ่อธรรมชาติ พบว่าน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าต่างๆ ดังนี้พีเอชเท่ากับ 6.43 ค่าซีโอดีเท่ากับ 44.37 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนโตรเจนทั้งหมดและของแข็งที่ตกตะกอนได้มีค่าเท่ากับ 0 ฟอสเฟตเท่ากับ 1.18 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อประเมินประสิทธิภาพการบำบัดของระบบ โดยคำนวณจากค่าซีโอดีที่ลดลง พบว่าระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานมีประสิทธิภาพร้อยละ 94

วิบูลย์ลักษณ์ พึ่งรัศมี (2550) ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของจุลินทรีย์ 2 ชนิด คือ จุลินทรีย์สำเร็จรูป และจุลินทรีย์จากโรงบำบัดน้ำเสีย โดยพิจารณาจากขีดความสามารถในการลดค่า ซีโอดีของน้ำเสียจนถึงระยะที่ระบบอยู่ในสภาวะที่คงตัว ตัวอย่างน้ำเสียที่ใช้ทดสอบมี 2 ประเภท ได้แก่น้ำเสียจากโรงอาหารซึ่งเป็นตัวแทนน้ำทิ้งจากครัวเรือน และน้ำเสียจากโรงบำบัดน้ำเสียเป็นตัวแทนของน้ำทิ้งชุมชน ผลการทดลองพบว่า จุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิดมีเปอร์เซ็นต์การกำจัดสารอินทรีย์จากน้ำเสียโรงอาหารใกล้เคียงกันคือ 93.4 และ 93.3 % ในขวดการทดลองเชื้อจุลินทรีย์สำเร็จรูป และเชื้อจุลินทรีย์จากโรงบำบัด ตามลำดับ ส่วนน้ำทิ้งชุมชนเชื้อจุลินทรีย์สำเร็จรูป และเชื้อจุลินทรีย์จากโรงบำบัดมีเปอร์เซ็นต์การกำจัดสารอินทรีย์ในรูปซีโอดีเท่ากับ 76, 79 % ตามลำดับ

บริษัทเอ็มเทค แมเนจเม้นท์ จำกัด (เอกสารเผยแพร่) ได้ทำการศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากร้านเบเกอรี่ขนาดใหญ่ในประเทศอเมริกา โดยใช้ผลิตภัณฑ์ EmTec FM ในการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย สามารถลดค่า BOD ในน้ำเสียได้จาก 6,600 มก./ล. เป็น 4,400 มก./ล. และ ลดค่า FOG จาก 3,500 มก./ล. เป็น 353 มก./ล.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บริษัทเอ็มเทค แมเนจเม้นท์ จำกัด (เอกสารเผยแพร่) ได้ทำการศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตอาหาร (Food Manufacturing and Serving Facilities) ในประเทศอเมริกา โดยใช้ผลิตภัณฑ์ EmTec FM ในการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย สามารถลดค่า BOD ในน้ำเสียได้จาก 2,012 มก./ล. เป็น 413 มก./ล. และ ลดค่า FOG จาก มากกว่า 100 มก./ล.เป็น 55 มก./ล.

พิสิฐ ศรีสุริยจันทร์ (2540) ได้มีการศึกษาการใช้แบคทีเรียแลคติคสายพันธุ์เดียวเพื่อใช้เป็นสารตกตะกอนโปรตีนในน้ำทิ้งโรงนม เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ พบว่า สามารถลดค่า COD โปรตีน น้ำตาล จาก 5,000 มก./ล., 10-20 มก./ล., 700 – 900 มก./ล. ตามลำดับ เป็น 1,000 – 1,300 มก./ล., 0.1 - 1 มก./ล. , 600 – 700 มก./ล.

วัชรี จิตตรง (2540) ศึกษาทดลองการใช้เชื้อ Pseudomonas fluorescens , Acinetobacter calcoaceticus เพื่อใช้กำจัดโลหะหนักในน้ำเสีย ซึ่ง Pseudomonas fluorescens ปริมาณเชื้อตั้งต้น 1 % (v/v) สามารถลดปริมาณสังกะสีและเหล็กได้ 80.98 %, 87.83 % ตามลำดับ Acinetobacter calcoaceticus ปริมาณเชื้อตั้งต้น 5 % (v/v) สามารถลดปริมาณโครเมียมได้ 81.25 %

อัจฉรา คอประเสริฐศักดิ์ (2542) ได้ศึกษาแบคทีเรียในตัวอย่างน้ำเสีย และดินจากแหล่งผลิตอาหาร และนม ที่มีความสามารถในการย่อยไขมันได้สูง จากการศึกษาพบว่าแบคทีเรีย Acinetobacter sp., Bacillus sp. มีความสามารถในการย่อยไขมันได้ 88.81% และ 98.99 % ตามลำดับ

มนัส และคณะ (2539) ได้ทดลองใช้จุลินทรีย์ EM เพื่อบำบัดของเสียจากฟาร์มสุกร โดยการขยายแบบกึ่งต่อเนื่อง แล้วฉีดพ่นไปบนของเสีย ซึ่งก่อนการบำบัดได้วิเคราะห์ค่าความสกปรกในเทอมของ BOD และ COD มีค่า 206, 343 มก./ล. และหลังการฉีดพ่นแล้วเป็นเวลา 7 วัน พบว่าค่า BOD และCOD มีค่า 113, 223 มก./ล. ส่วนการตรวจวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนีย ซึ่งเป็นก๊าซที่สำคัญที่ก่อให้เกิดปัญหาในฟาร์มสุกร พบว่าก่อนการฉีดพ่น EM มีค่า 0.65 ppm และหลังจากฉีดพ่นแล้วเป็นเวลา 7 วัน ลดลงเหลือ 0.05 ppm

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นิติยา จันทร์อำภากุล (2548) ศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ SBR ในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ และน้ำเสียจากโรงงานปลากระป๋อง โดยใช้ยีสต์ Candidus utilis และตะกอนจุลินทรีย์ – แบคทีเรีย โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ระบบ ได้แก่ระบบ SBR ที่ใช้ยีสต์ (SBR- Y) , ระบบ SBR ที่ใช้ยีสต์ร่วมกับตะกอนจุลินทรีย์ – แบคทีเรีย (SBR – Y + B) และระบบ SBR ที่ใช้ตะกอนจุลินทรีย์ – แบคทีเรีย (SBR – B) โดยแปรผันระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียเป็น 1.5, 3,5 วัน และแปรผันอัตราส่วน BOD_5/TKN เป็น 100/40, 100/60 และ 100/80 จากการทดลองพบว่าสำหรับน้ำเสียสังเคราะห์ SBR- Y ที่ระยะเวลากักเก็บ 1.5 วัน มีประสิทธิภาพสูงที่สุด สามารถกำจัด COD, BOD_5, TKN ได้ 97.6+0.9 %, 98.8+0.1 %, 98.9+0.1 % ตามลำดับ ขณะที่ SBR – Y + B และ SBR – B ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน มีประสิทธิภาพสูงที่สุด โดย SBR – Y + B สามารถกำจัด COD, BOD_5, TKN ได้ 97.1+0.6 %, 98.2 + 0.1 %, 98.4 +0.3 %ตามลำดับ ส่วน SBR – B มีประสิทธิภาพ สามารถกำจัด COD, BOD_5, TKN ได้ 96.5+0.9 %, 98.2+0.1 %, 97.4+0.2 % ตามลำดับ

ธีรยุทธ บุญคง (2552) ศึกษาการใช้ประโยชน์น้ำทิ้งจากโรงงานปลาป่น เพื่อเพาะเลี้ยงคลอเรลลาสำหรับผลิตไรแดง โดยน้ำทิ้งจากโรงงานปลาป่นมีความเป็นกรด – ด่าง ค่าซีโอดี การนำไฟฟ้า ความเค็ม ของแข็งทั้งหมด และของแข็งที่ระเหยได้อยู่ในช่วง 6.94 – 8.09, 2464 – 84480 มก/ล., 0.05 – 35.57 ไมโครซีเมนต่อลูกบาศก์เซนติเมตร, 1.3 – 18.7 ส่วนในพันล้านส่วน, 0.0135 – 2.1646 , 0.0153 – 2.3020 และ 0.0020 – 1.4382 ร้อยละโดยน้ำหนัก ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่าอัตราการเจือจางน้ำทิ้งจากโรงงานปลาป่นที่ซีโอดี 600 มก/ล. เป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของคลอเรลลา และเมื่อนำเซลล์คลอเรลลามาเพาะเลี้ยงและเก็บเกี่ยวครั้งเดียวในถังพลาสติกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.64 กรัมต่อลิตร (น้ำหนักเปียก) ซึ่งประสิทธิภาพการลดลงของซีโอดี และไนโตรเจนลดลงร้อยละ 60 และ 29.68 ตามลำดับ

ดนุวัติ และคณะ (2552) ได้ศึกษาทดลองบำบัดน้ำเสียของโรงแรม และโรงงานแปรรูปสุกร โดยใช้เชื้อเดี่ยวไอโซเลท PB014 ที่ผลิตแบบไม่เติมอากาศ สามารถลดค่า BOD ได้สูงที่สุด โดยสามารถลดได้ 65.21 % และ 64.00 % ตามลำดับ เปรียบเทียบกับการบำบัดโดยใช้เชื้อผสม MJUTO26, MJUTO76, MJUTO122 และ PB014 ที่ผลิตแบบเติมอากาศ สามารถลดค่า BOD ได้ 25.00 % และ 62.35 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. แบบจำลองถังปฏิกิริยา เป็นถังสี่เหลี่ยมทำจากกระจกขนาดกว้าง 25 ซม. ยาว 25 ซม. ลึก 35 ซม. จำนวน 3 ใบ ดังแสดงในภาพที่ 5

2. เครื่องพ่นอากาศขนาดเล็ก (Air pump) ชนิดที่ใช้กับตู้เลี้ยงปลาพร้อมหัวจ่าย เพื่อเติมอากาศให้ระบบบำบัดน้ำเสียจำลองที่ใช้ในการทดลอง รายละเอียดของระบบบำบัดน้ำเสียแสดงในภาพที่ 6

3. เครื่องวัดค่าออกซิเจนละลาย (DO) รุ่น multi 350 I จาก บริษัท WTW

4. เทอร์โมมิเตอร์

5. เครื่องวัดค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH meter) รุ่น multi 350 I จาก บริษัท WTW

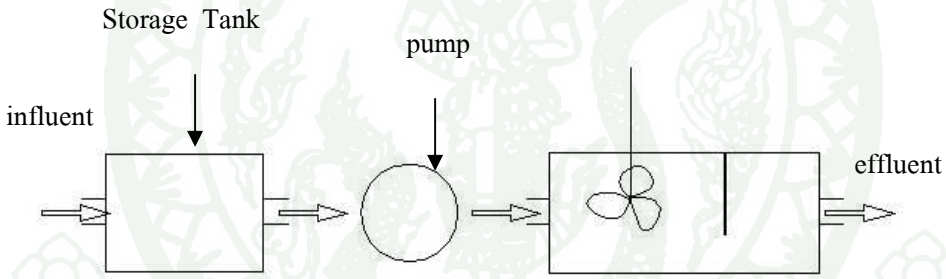
6. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่า Biochemical oxygen demand (BOD), Chemical oxygen demand (COD), Suspended Solid (SS), pH, Total Kjeldahl nitrogen (TKN) , Total Phosphorus (TP)

7. ตะกอนจุลินทรีย์จากบ่อเติมอากาศของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำพริกเผา

8. จุลินทรีย์ทางการค้าชนิด EMTEC FM จากบริษัทเอ็มเทค แมเนจเม้นท์ จำกัด ที่ประกอบด้วยเชื้อจุลินทรีย์ Bacillus subtilis, Bacillus licheniformus, Bacillus megaterium Arthrobacter sp., Acinetobacter paraffineus , Corynebacterium sp.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 5 แบบจำลองถังปฏิกิริยาในห้องปฏิบัติการ



ภาพที่ 6 องค์ประกอบของระบบบำบัดจำลองแบบเติมอากาศ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

1. การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำเข้า – ออก จากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานปลาป่น

เก็บตัวอย่างน้ำเสียจากบ่อรวบรวมน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสียจำนวน 4 ครั้ง และที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานมาวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ทำการตรวจวัดเพื่อวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำเสียโรงงานปลาป่น

พารามิเตอร์	หน่วย	วิธีทดลอง
1. BOD	มิลลิกรัมต่อลิตร	5210-B
2. COD	มิลลิกรัมต่อลิตร	5220-D
3. TKN	มิลลิกรัมต่อลิตร	4500-N_{org}
4. TP	มิลลิกรัมต่อลิตร	4500-P
5. SS	มิลลิกรัมต่อลิตร	2540-D
6.pH	-	4500-H^+

2. การประเมินประสิทธิภาพของจุลินทรีย์แต่ละชนิดในการบำบัดน้ำเสียโรงงานปลาป่น

2.1 การปรับสภาพของเชื้อให้คุ้นเคยกับน้ำเสีย (Acclimatization)

- เป็นการเตรียมตะกอนจุลินทรีย์เพื่อให้มีความคุ้นเคยกับน้ำเสีย และมีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์อยู่ในช่วง 3,000 – 4,000 มก./ล. โดยที่เติมน้ำเสียจากโรงงานปลาป่นลงในถังปฏิกิริยาทั้ง 3 ใบ โดยที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- ถังปฏิกิริยาใบที่ 1 (Natural Seed : NS) เติมจุลินทรีย์จากบ่อเติมอากาศของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำพริกเผา ซึ่งเป็นตัวแทนของจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียที่เป็นชนิดเดียวกับโรงงานปลาป่น โดยจะเติมเมื่อเวลาเริ่มต้นเท่านั้น

- ถังปฏิกิริยาใบที่ 2 (Commercial Seed : CS) เติมจุลินทรีย์ทางการค้าชนิด EMTEC FM ของบริษัท เอ็มเทค แมเนจเม้นท์ จำกัด โดยจะเติมทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนน้ำเสีย

- ถังปฏิกิริยาใบที่ 3 (Natural Seed + Commercial Seed : NS + CS) เติม จุลินทรีย์จากบ่อเติมอากาศของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำพริกเผาเมื่อเวลาเริ่มต้นครั้งเดียว และเติมจุลินทรีย์ทางการค้าชนิด EMTEC FM ของบริษัท เอ็มเทค แมเนจเม้นท์ จำกัด ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนน้ำเสีย

- เปิดเครื่องเติมอากาศเป็นเวลาประมาณ 23 ชั่วโมง

- หยุดเติมอากาศให้ตะกอนจุลินทรีย์ตกตะกอน

- นำน้ำใสที่ได้ในแต่ละวันมาวิเคราะห์ค่า COD และ SS

- เปลี่ยนน้ำเสียทุกวันตามขั้นตอนข้างต้น จนได้ประสิทธิภาพการกำจัด COD คงที่ และปริมาณตะกอนจุลินทรีย์อยู่ในช่วง 3,000 – 4,000 มก./ล.

2.2 การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพการกำจัด BOD ของจุลินทรีย์ในสภาวะสมดุล (Steady state)

- ปรับค่า BOD ของน้ำเสียจากโรงงานปลาป่นแล้วเติมลงในถังปฏิกิริยา NS, CS , NS + CS

- เปิดเครื่องเป่าอากาศลงในถังปฏิกิริยาทั้ง 3 ใบ โดยควบคุมค่าออกซิเจนละลายในถังปฏิกิริยาทั้ง 3 ใบ ให้อยู่ในช่วง 1 – 2 มก./ล. มีอุณหภูมิคงที่ และระบบอยู่ในสภาวะสมดุลตลอดช่วงเวลาการทดลอง แล้วเริ่มต้นจับเวลาการทดลอง โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากถังปฏิกิริยาในเวลาต่างๆ กันดังนี้ 0, 0.5, 1.5, 3, 6, 8, 24 ชั่วโมง มาวิเคราะห์ค่า BOD และ SS

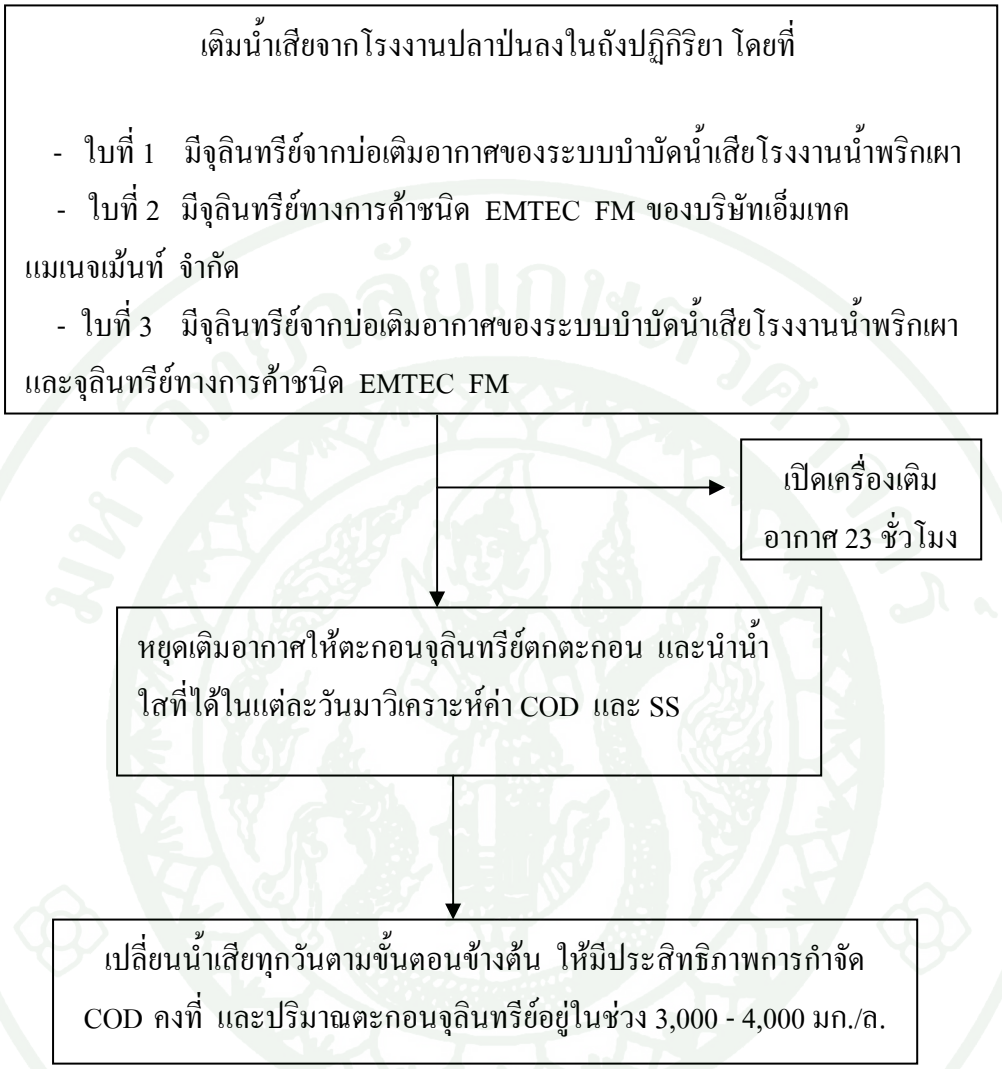
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- ทำการทดลองซ้ำอีก 3 ครั้ง

- นำผลการทดลองที่ได้มาหาประสิทธิภาพการกำจัด BOD ของระบบ

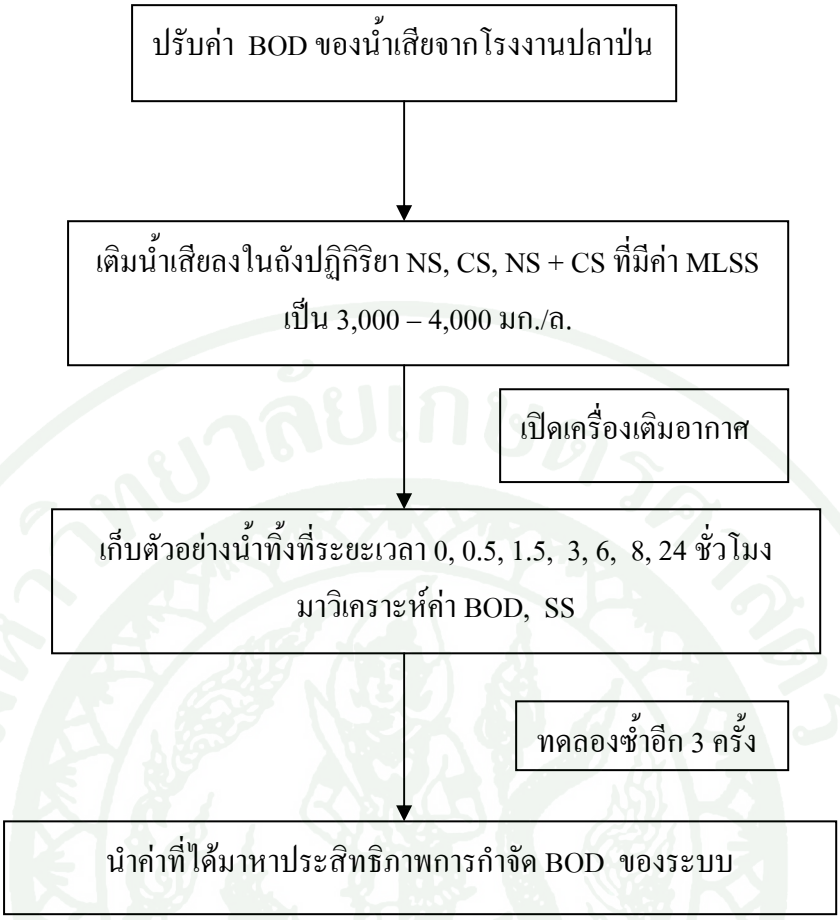
3. การหาระยะเวลาเติมอากาศที่เหมาะสมสำหรับน้ำเสียโรงงานปลาป่น โดยแปรผัน BOD ของน้ำเสียที่เข้าระบบ และติดตามผลการกำจัด BOD ที่ระยะเวลาเติมอากาศเป็น 12, 14, 16, 20 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



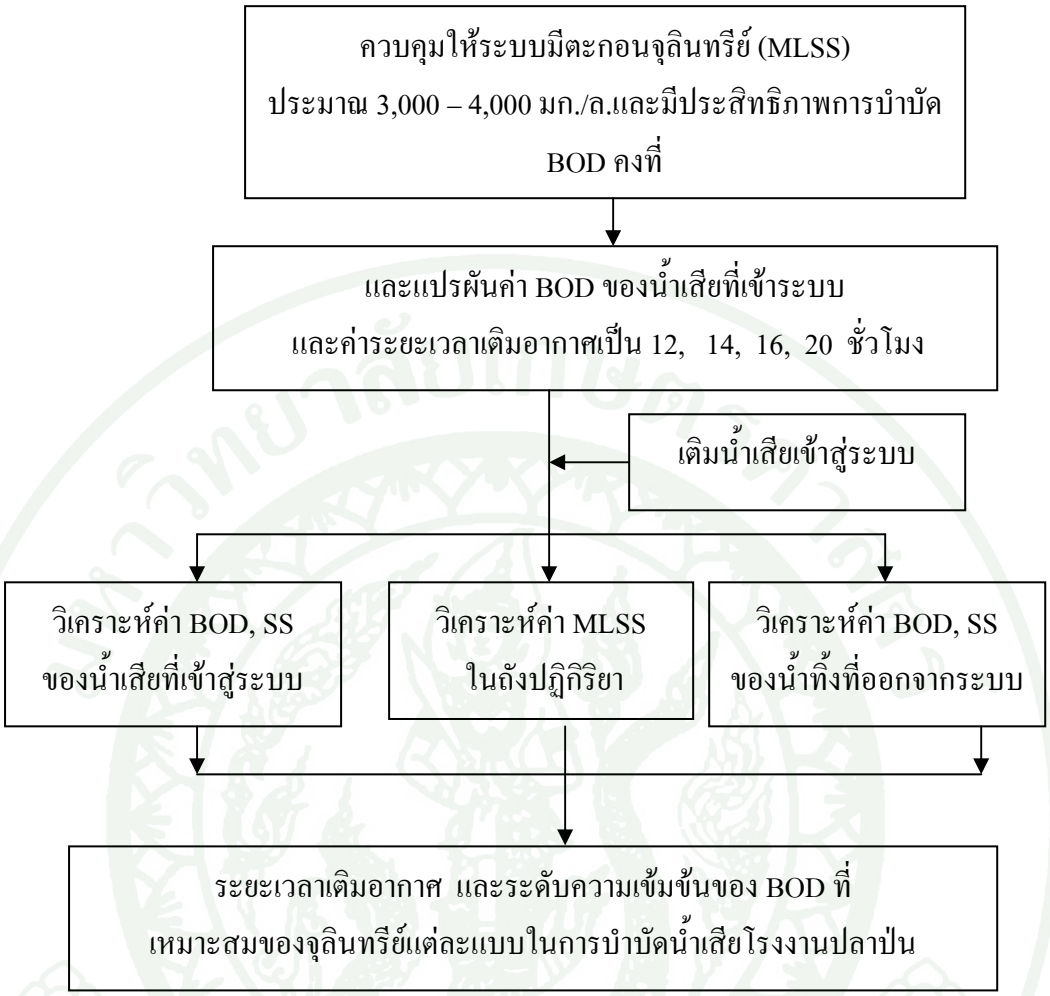
ภาพที่ 7 วิธีการปรับสภาพของเชื้อให้คุ้นเคยกับน้ำเสีย (Acclimatization)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 8 วิธีการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพการกำจัด BOD ในสภาวะสมดุล (Steady state)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 9 วิธีการทดลองเพื่อหาระยะเวลาเติมอากาศ และระดับความเข้มข้นของ BOD ในน้ำเสียที่เหมาะสมของจุลินทรีย์แต่ละชนิดในการบำบัดน้ำเสียโรงงานปลาป่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระยะเวลาที่ใช้ในการทำการทดลอง

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองในห้องปฏิบัติการตั้งแต่มกราคม 2551 – ธันวาคม 2552

การปฏิบัติงาน

การศึกษาทดลองที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ทางการค้าในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานปลาป่น โดยการปรับเชื้อจุลินทรีย์ให้มีความคุ้นเคยกับน้ำเสียจากโรงงานปลาป่นที่มีการปนเปื้อนสารอินทรีย์สูง มีปริมาณตะกอนคงที่อยู่ในช่วง 3,000 – 4,000 มก./ล. แล้วจึงปรับระยะเวลาเติมอากาศตามที่กำหนดเป็น 12, 14, 16, 20 ชั่วโมง และค่า BOD ที่ศึกษาใช้จากค่า BOD จริงในน้ำเสียที่เข้าระบบ เพื่อประเมินระยะเวลาเติมอากาศ และประสิทธิภาพของจุลินทรีย์แต่ละชนิดในการบำบัดน้ำเสีย

1. ลักษณะสมบัติของน้ำเข้า – ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานปลาป่น

น้ำตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำเสียจากโรงงานปลาป่นที่เกิดจากกระบวนการผลิต การล้าง การทำความสะอาดเครื่องมือ และอุปกรณ์ โดยเก็บตัวอย่างน้ำที่บ่อรวบรวมน้ำเสียก่อนเข้ากระบวนการบำบัดน้ำเสีย และหลังผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพของโรงงาน ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียด้วยวิธีแบบ grab หลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์ค่า BOD, COD, SS, pH, TKN, TP ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางผนวกที่ 1 และสามารถสรุปลักษณะสมบัติของน้ำเสียได้ดังตารางที่ 6 ซึ่งน้ำเข้ามีค่า BOD แปรผันในช่วงกว้างคิดเป็นค่าเฉลี่ยเป็น 7,166.25 มก./ล. และค่า COD เฉลี่ยเป็น 10,965.62 มก./ล. ซึ่งสอดคล้องกับรายงานจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2552) เรื่องลักษณะน้ำเสียรวมจากกระบวนการผลิตปลากระป๋อง ที่มีค่า BOD เป็น 7,313 มก./ล. และ COD เป็น 10,569 มก./ล. และน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานแล้วยังคงมีค่าเกินมาตรฐานทุกค่าพารามิเตอร์ เนื่องจากลักษณะของกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่ใช้อยู่ของโรงงานไม่เหมาะสม มีระยะเวลาเติมอากาศไม่เพียงพอ ไม่มีการตกตะกอนของน้ำที่ผ่านการเติมอากาศแล้ว และจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในระบบบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอ โดยสภาพของบ่อบำบัดน้ำเสียมีข้อจำกัดในด้านการปรับปรุง ดังนั้นจึงต้องใช้จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพดีมาช่วยในการบำบัดน้ำเสียของโรงงาน

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่า BOD : COD ของน้ำเสียจากโรงงานปลาป่นพบว่ามีอัตราส่วนเฉลี่ยประมาณ 0.65 แสดงว่าสามารถใช้วิธีการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพในการบำบัดน้ำเสียได้ และมีค่าอัตราส่วนของน้ำเสียจากโรงงานปลาป่น BOD : N : P เป็น 100 : 7.23 : 0.1 ซึ่งเสริมพล รัตตสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์ (2518) กล่าวว่า ปกติความต้องการอาหารเสริมของจุลินทรีย์ในน้ำเสียแบบใช้อากาศจะมีค่าเป็น 100 : 5 : 1 ดังนั้นในการบำบัดน้ำเสียจึงอาจต้องเติม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารอาหารให้กับจุลินทรีย์เพื่อการเจริญเติบโต แต่การบำบัดน้ำเสียแบบ Batch ไม่มีการระบายตะกอนทิ้ง จึงมีความต้องการไนโตรเจน และฟอสฟอรัสต่ำกว่าการบำบัดโดยใช้อากาศทั่วไป

ตารางที่ 6 สรุปลักษณะสมบัติของน้ำเข้า - ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานปลาป่น

Parameter		Influent			Effluent**	Standard for effluent ***
		Renge	Average*	SD		
BOD	มก./ลิตร	4,000 – 16,000	7,166.25	-	2720	20
COD	มก./ลิตร	4,000 – 27,000	10,965.62	-	3500	120
TKN	มก./ลิตร	200 – 1,000	518.175	331.425	-	100
TP	มก./ลิตร	5 – 11	7.45	2.12	-	-
pH		6-8	6.37	0.338	8.08	5.5 - 9
SS	มก./ลิตร	1,500 – 2,200	2,128	793.164	810	50

หมายเหตุ: * เป็นค่าเฉลี่ยของผลการตรวจวิเคราะห์น้ำเสียโรงงานผลิตปลาป่นจำนวน 4 ครั้ง ในวันที่ 5, 11, 18, 26 กันยายน 2550

** ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งโรงงานปลาป่นจำนวน 1 ครั้ง

*** มาตรฐานน้ำทิ้งตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2539 เรื่อง กำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ลงวันที่ 14 มิถุนายน 2552

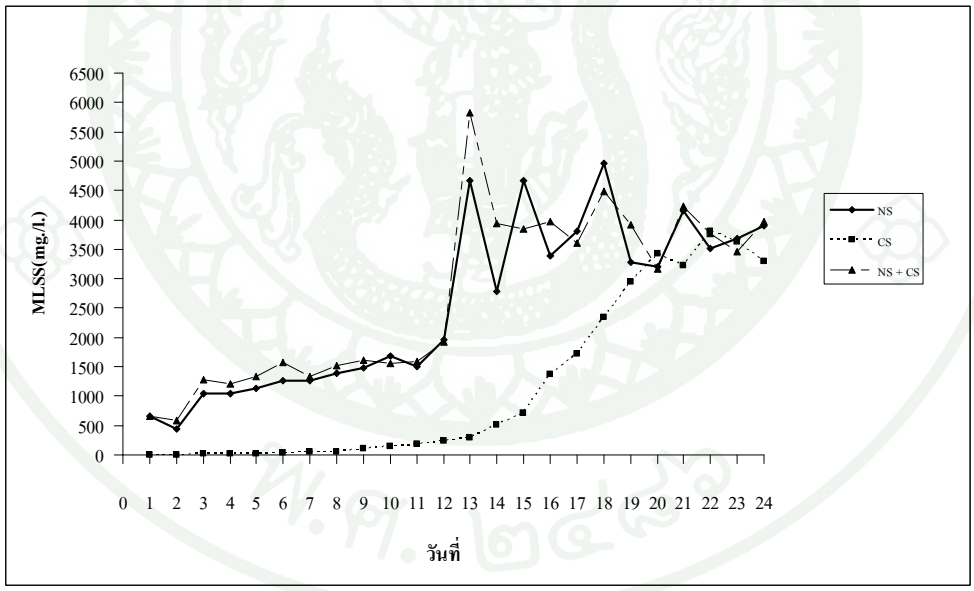
2. การเจริญเติบโตและประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียโรงงานปลาป่น

2.1 การเจริญของจุลินทรีย์ในช่วงการปรับสภาพเชื้อให้คุ้นเคยกับน้ำเสีย (Acclimatization)

ทำการเตรียมเชื้อจุลินทรีย์ที่ได้จากบ่อเติมอากาศของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำพริกเผา (Natural seed : NS) ที่เป็นระบบบำบัดน้ำเสียชนิดเติมอากาศแบบเอเอสเหมือนกับโรงงานปลาป่น และมีความแข็งแรง มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียสูง และเตรียมเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า (Commercial seed : CS) ชนิด EMTEC FM ของบริษัทเอ็มเทค แมเนจเม้นท์ จำกัด และจุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิดรวมกัน (Natural + Commercial seed : NS +CS) แล้วเติมลงในถังปฏิกิริยาจำนวน 3 ถัง ที่มีน้ำเสียจริงจากโรงงานปลาป่น ที่มีค่า COD เริ่มต้นอยู่ในช่วง 3,000 – 3,200 มก./ล. โดยเปลี่ยนถ่ายน้ำทิ้งจากถังปฏิกิริยา เติมน้ำเสียจากโรงงานปลาป่นลงในถังปฏิกิริยาทุก 24 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

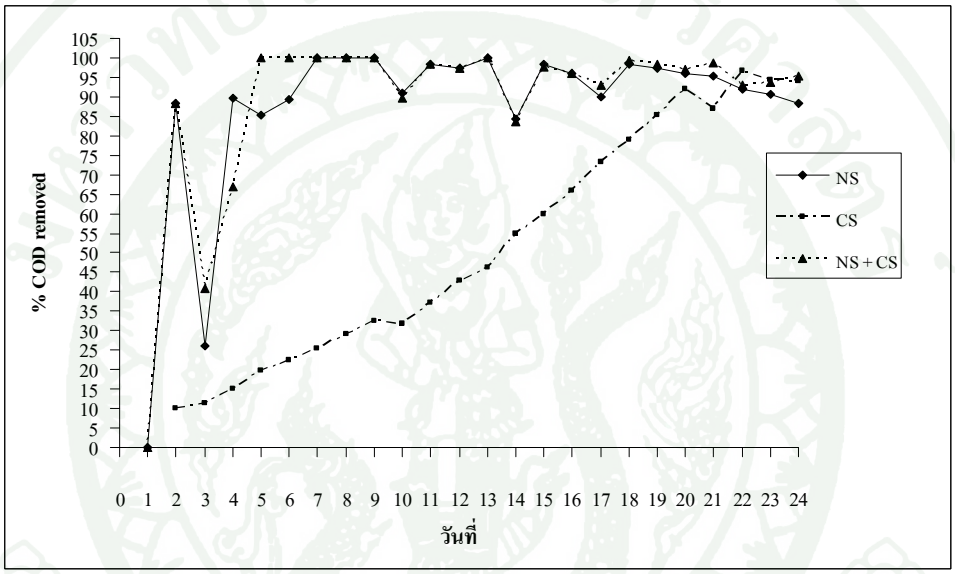
และเติมอากาศให้กับระบบเป็นเวลา 24 วัน วิเคราะห์ค่า COD ในน้ำทิ้งที่ถ่ายออก และวิเคราะห์ค่า MLSS ในถังปฏิกิริยาทุกวัน เพื่อให้ระบบเข้าสู่สภาวะสมดุล (Steady state) จุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 3,000 – 4,000 มก./ล. และมีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์คงที่ จากภาพที่ 10 จะเห็นได้ว่าจุลินทรีย์ NS และ NS + CS มี MLSS เริ่มต้นที่ 662 มก./ล. เหมือนกัน ในขณะที่จุลินทรีย์ CS มี MLSS เริ่มต้นที่น้อยกว่า ซึ่งในช่วงแรกจุลินทรีย์ทั้ง 3 แบบ มีการเพิ่มจำนวนประชากรน้อยมากเหมือนกัน โดยจุลินทรีย์ NS และ NS + CS มีช่วงของเวลาการปรับตัว (Acclimatization) ประมาณ 12 วัน และเข้าสู่สภาวะ steady state ในวันที่ 16 และ 14 ตามลำดับ สำหรับจุลินทรีย์ CS มีช่วงการปรับตัว (Acclimatization) นานกว่าเล็กน้อย คือประมาณ 13 วัน และเข้าสู่สภาวะ steady state ช้ากว่าคือในวันที่ 22 ซึ่งใกล้เคียงกับ วรนุช (2536) ที่เลี้ยงตะกอนจุลินทรีย์จาก septic tank แล้วเข้าสู่ steady state ในวันที่ 25 โดยถังปฏิกิริยา NS , NS + CS มีช่วงที่จุลินทรีย์มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด ในช่วงวันที่ 12 - 18 ซึ่งถังปฏิกิริยา CS อยู่ในช่วงวันที่ 16 - 21 และจุลินทรีย์ NS, CS, NS +CS มีอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ใกล้เคียงกันเป็น 907 390 และ 428 มก./ล.วัน$^{-1}$ ตามลำดับ



ภาพที่ 10 การเพิ่มปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ (MLSS) ในถังปฏิกิริยา NS, CS และ NS + CS

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อพิจารณาการกำจัดสารอินทรีย์จากค่า COD ในภาพที่ 11 จะเห็นได้ว่าในระยะเริ่มต้น จุลินทรีย์ CS สามารถกำจัดสารอินทรีย์ในรูป COD ได้น้อยกว่าจุลินทรีย์ NS, NS + CS เนื่องจากมีจำนวนประชากรในถังปฏิกิริยาต่ำกว่า แต่เมื่อเข้าสู่สมดุลแล้วทั้ง 3 ถังปฏิกิริยามีจำนวนประชากรใกล้เคียงกัน และมีความสามารถกำจัด COD ได้ใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 88 – 99 % ซึ่งเปรียบเทียบระบบที่มีอยู่เดิมจะเห็นได้ว่าการเติมจุลินทรีย์ทางการค้าช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ให้สูงขึ้น โดยที่จุลินทรีย์ทางการค้าที่ใช้ให้ผลใกล้เคียงกับจุลินทรีย์จากบ่อเติมอากาศของระบบบำบัดน้ำเสียอื่น



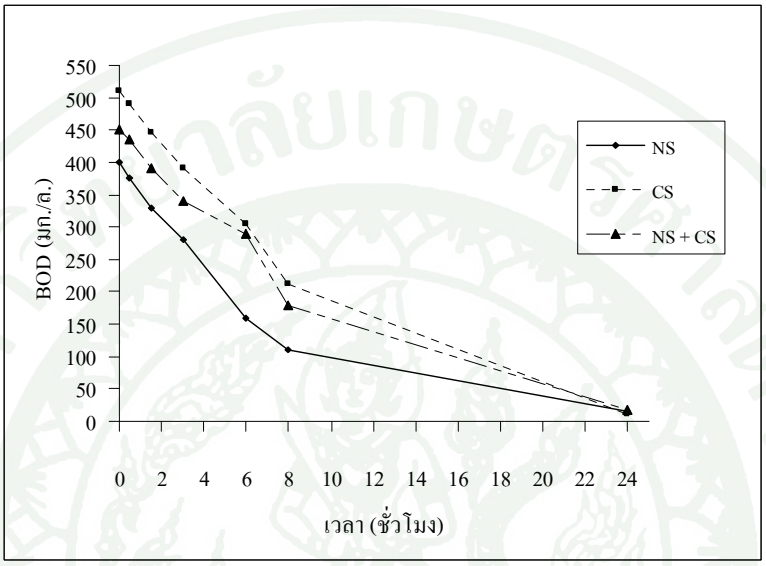
ภาพที่ 11 ประสิทธิภาพในการลด COD ของถังปฏิกิริยา NS, CS และ NS + CS

2.2 การกำจัด BOD ของจุลินทรีย์ในถังปฏิกิริยาในสภาวะสมดุล (Steady state)

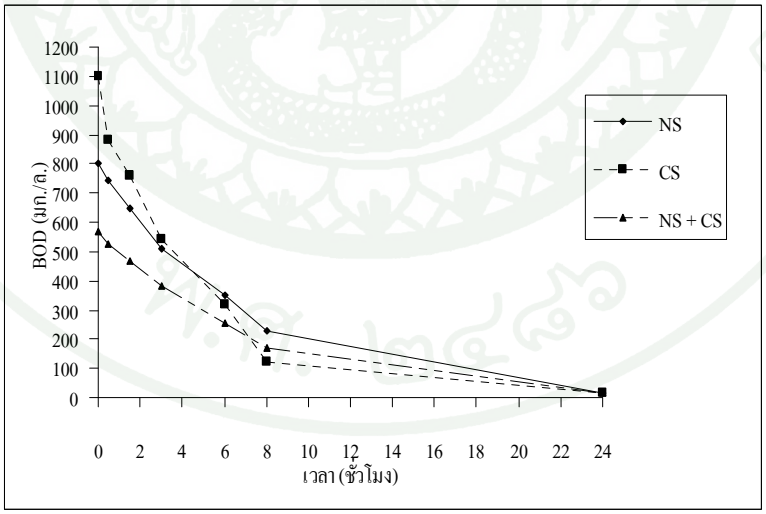
เมื่อระบบอยู่ในสภาวะสมดุล (steady state) แล้ว ทำการเติมน้ำเสียจากโรงงานปลาป่นลงในถังปฏิกิริยา NS, CS, NS + CS โดยเจือจาง BOD ของน้ำเสียในช่วง 400 – 12,690 มก./ล. แล้วเติมอากาศเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยเก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านการบำบัดที่ระยะเวลา 0, 0.5, 1.5, 3, 6, 8, 24 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์ค่า BOD ดังแสดงผลการทดลองในตารางผนวกที่ 5 จากภาพที่ 12 – 15 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า BOD ที่ได้จากการทดลองในเวลาใดๆ กับเวลา จะเห็นได้ว่าจุลินทรีย์ทั้ง 3 ชนิด สามารถลดค่า BOD ได้ โดยที่ค่า BOD จะเหลือน้อยลงเมื่อเวลาผ่านไป เพราะสารอินทรีย์จะถูกใช้ไปในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และในช่วงระยะเวลาเติมอากาศที่ 8 ชั่วโมงแรกของระยะเวลาเติมอากาศ จุลินทรีย์ทั้ง 3 ชนิดมีอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์สูง แต่น้ำเสียยังคงมีค่า BOD ยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง ซึ่งเมื่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พิจารณาที่ระยะเวลาเติมอากาศ 24 ชั่วโมง น้ำเสียที่มี BOD ตั้งต้นน้อยกว่า 2,105 มก./ล. หลังการบำบัดแล้วมีค่า BOD ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (20 มก./ล.) ในขณะที่น้ำเสีย BOD 12,690 มก./ล. หลังการบำบัดยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ทั้งนี้น้ำที่ผ่านการบำบัดในถังปฏิกิริยา CS มี BOD ต่ำสุด 220 มก./ล. ในขณะที่ NS และ NS + CS มี BOD 579 และ 372 มก./ล. ตามลำดับ

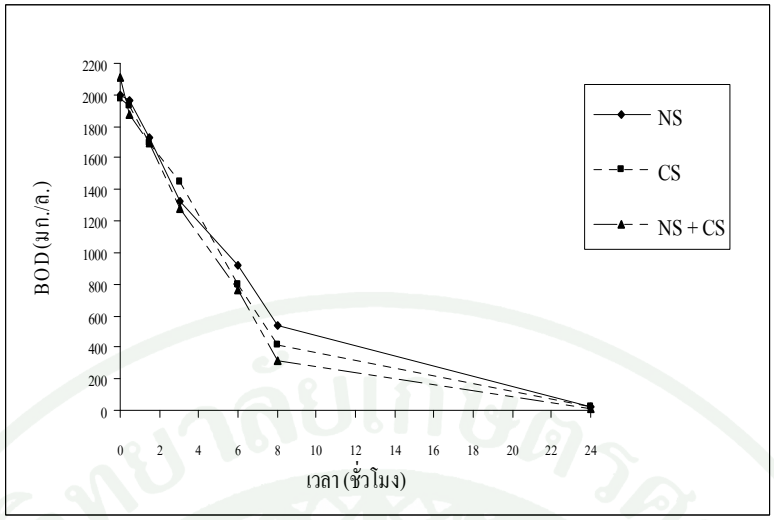


ภาพที่ 12 การลดลงของค่า BOD ต่อเวลาที่ BOD ไม่เกิน 510 มก./ล.

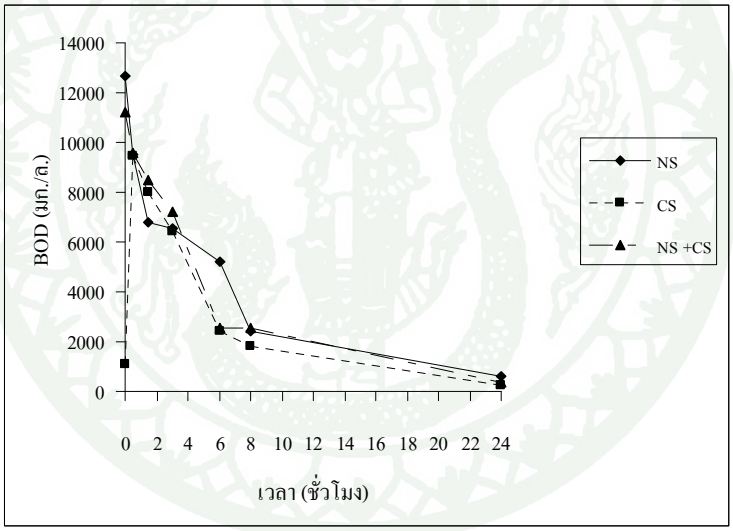


ภาพที่ 13 การลดลงของค่า BOD ต่อเวลาที่ BOD ไม่เกิน 1100 มก./ล.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 14 การลดลงของค่า BOD ต่อเวลาที่ BOD ไม่เกิน 2105 มก./ล.

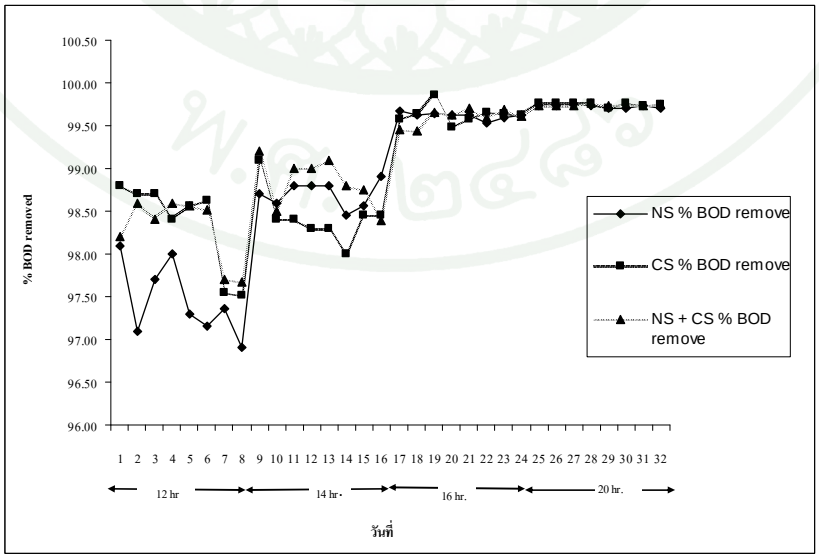


ภาพที่ 15 การลดลงของค่า BOD ต่อเวลาที่ BOD ไม่เกิน 12690 มก./ล.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

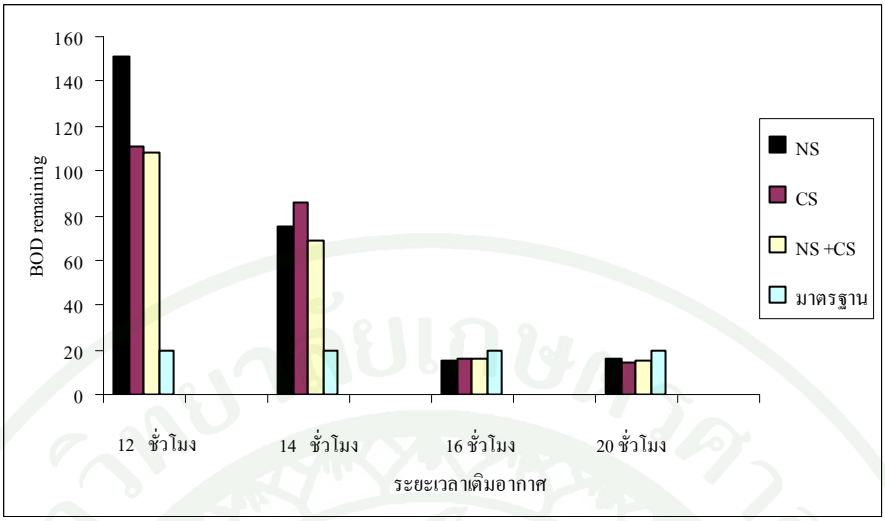
3. ผลของระยะเวลาเติมอากาศต่อประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสีย และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสีย

การทดลองนี้ ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Batch และแปรผันระยะเวลาเติมอากาศเป็น 12 , 14 , 16, 20 ชั่วโมง ซึ่งในแต่ละช่วงระยะเวลาเติมอากาศจะป้อนน้ำเสียจากโรงงานปลาป่นที่มีการแปรผันค่า BOD ให้ใกล้เคียงกับลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากโรงงานปลาป่น ดังนี้ 4,300 – 7,108 มก./ล. 3,900 - 7,300 มก./ล. 3,100 – 4,900 มก./ล. และ 4,900 - 6,800 มก./ล. ตามลำดับ จากภาพที่ 16 จะเห็นได้ว่า จุลินทรีย์ทั้ง 3 ชนิด มีประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียมากขึ้นตามระยะเวลาเติมอากาศที่เพิ่มขึ้น และที่ระยะเวลาเติมอากาศ 16 และ 20 ชั่วโมง ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสูงใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 99.44 – 99.76 % ดังแสดงในตารางผนวกที่ 7 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของวิบูลย์ลักษณ์ (2550) ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์สำเร็จรูป และจุลินทรีย์จากโรงบำบัดน้ำเสียพบว่า มีประสิทธิภาพในการกำจัด COD ใกล้เคียงกันที่ 93.4 % และ 93.3 % ตามลำดับ ซึ่งจุลินทรีย์ทั้ง 3 ชนิด ถึงแม้จะมีประสิทธิภาพสูง แต่ที่ระยะเวลาเติมอากาศ 12 และ 14 ชั่วโมง น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วยังคงมีค่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง (20 มก./ล.) และเมื่อเพิ่มระยะเวลาเติมอากาศให้มากขึ้น ที่ 16 และ 20 ชั่วโมง น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจึงผ่านมาตรฐาน ดังแสดงในภาพที่ 17 และที่ระยะเวลาเติมอากาศ 20 ชั่วโมงสามารถรองรับน้ำเสียที่ BOD เริ่มต้นสูงสุดไม่เกิน 7,000 มก./ล. ซึ่งสูงกว่าที่ระยะเวลาเติมอากาศ 16 ชั่วโมง แสดงได้ว่าที่ระยะเวลาเติมอากาศ 20 ชั่วโมง เหมาะในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานปลาป่นที่มีค่า BOD เริ่มต้นในน้ำเสียไม่เกิน 7,000 มก./ล.

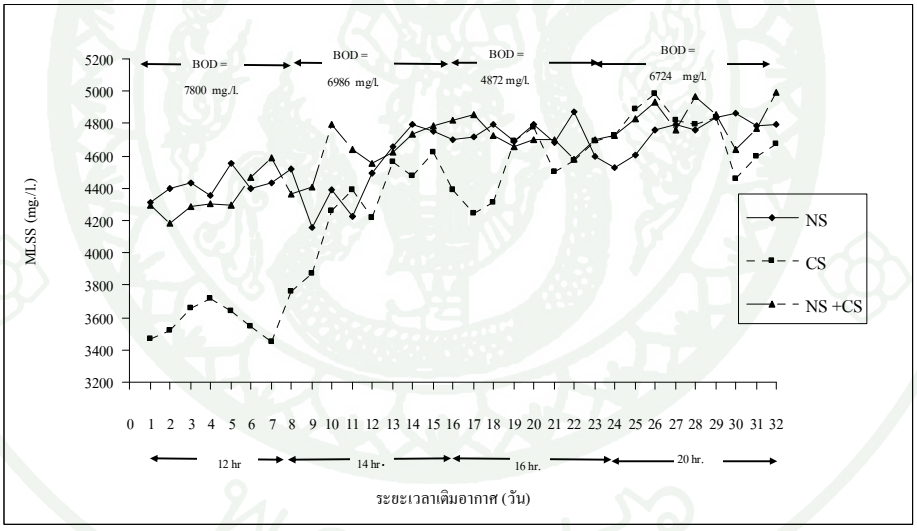


ภาพที่ 16 ประสิทธิภาพการลดค่า BOD ที่ระยะเวลาเติมอากาศต่างๆ ของจุลินทรีย์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 17 ค่า BOD ที่คงเหลือที่ระยะเวลาเติมอากาศต่างๆ ของจุลินทรีย์



ภาพที่ 18 การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ระยะเวลาเติมอากาศต่างๆ

เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 18 ค่า MLSS ของจุลินทรีย์ NS และ NS + CS มีประชากรจุลินทรีย์ไม่แตกต่างกันมากในแต่ละช่วงระยะเวลาเติมอากาศ แต่จุลินทรีย์ CS ในขณะที่ระยะเวลาเติมอากาศ 14 ชั่วโมง มีการเจริญเติบโตสูงที่สุด ซึ่งที่ระยะเวลาเติมอากาศ 20 ชั่วโมง จุลินทรีย์ทั้ง 3 ชนิดมีค่า MLSS ในถังปฏิกิริยาสูงที่สุดในช่วง 5,340 – 5,434 มก./ล.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดังนั้น ระยะเวลาเติมอากาศมีผลต่อประสิทธิภาพการลดค่า BOD และการเพิ่มจำนวนประชากรจุลินทรีย์ (MLSS) เนื่องจากเมื่อระยะเวลาเติมอากาศน้อยจะส่งผลให้จุลินทรีย์มีออกซิเจนไม่เพียงพอในการทำปฏิกิริยาย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ประสิทธิภาพในการกำจัดค่า BOD จะน้อยลง และที่ระยะเวลาเติมอากาศ 20 ชั่วโมง จุลินทรีย์ในถังปฏิกิริยาทั้ง 3 ใบ มีประสิทธิภาพในการกำจัด BOD สูงที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. น้ำเสียจากโรงงานปลาป่นมีสารอินทรีย์ปนเปื้อนสูง มีค่า BOD อยู่ในช่วง 4,000 – 16,000 มก./ล. น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน ยังคงมีค่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง ซึ่งจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในระบบบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอในการบำบัดน้ำเสีย

2. การปรับสภาพของเชื้อจุลินทรีย์จากบ่อเติมอากาศของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำพริกเผา (NS), จุลินทรีย์ทางการค้าชนิด EMTEC FM (CS) และจุลินทรีย์ทั้งสองแบบรวมกัน (NS + CS) ให้คุ้นเคยกับน้ำเสียโรงงานปลาป่นพบว่าจุลินทรีย์ CS มีระยะเวลาการปรับตัวนานกว่า NS และ NS + CS

3. เมื่อระบบเข้าสู่สมดุลแล้ว จุลินทรีย์ NS, CS, NS + CS สามารถกำจัด COD ได้ ใกล้เคียงกันโดยมีประสิทธิภาพอยู่ในช่วง 97 – 98 % มีอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ (k) ไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จุลินทรีย์ทั้งสามแบบสามารถกำจัดสารอินทรีย์ได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน

4. ระยะเวลาเติมอากาศ 16 ชั่วโมง จุลินทรีย์ทั้ง 3 ชนิด สามารถกำจัด BOD ในน้ำเสียจากโรงงานปลาป่นที่มีค่า BOD เริ่มต้นอยู่ในช่วง 3,100 -4,900 มก./ล. และเมื่อทดลองเพิ่มระยะเวลาเติมอากาศเป็น 20 ชั่วโมง สามารถกำจัด BOD ในน้ำเสียจากโรงงานปลาป่นที่มีค่า BOD เริ่มต้นสูงขึ้นอยู่ในช่วง 4,907 - 6,785 มก./ล. ได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (20 มก./ล.)

5. การเติมจุลินทรีย์ทางการค้าชนิด EMTEC FM ลงในระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานปลาป่นให้ผลการบำบัดเทียบเคียงกับการใช้จุลินทรีย์จากบ่อเติมอากาศของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำพริกเผา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

1. ทดลองใช้เชื้อจุลินทรีย์ทางการค้าชนิด EMTEC FM กับน้ำเสียประเภทอื่นๆ

2. ทดลองการใช้เชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานปลาป่นเปรียบเทียบกับการใช้จุลินทรีย์ทางการค้า

3. ศึกษาเพิ่มเติมในด้านประสิทธิภาพการลดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำเสียจากโรงงานปลาป่นที่ไม่สามารถบำบัดได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน

4. เปรียบเทียบราคา การลงทุน และความเป็นไปได้ในการนำจุลินทรีย์ทางการค้ามาใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียจริง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2539. **เรื่องกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน.** (online). http:// www. diw.go.th, 3 กุมภาพันธ์ 2552

_____. ม.ป.ป. **การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานปลากระป๋อง.** (online). http : // www.diw.go.th, 3 กุมภาพันธ์ 2552

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2545. **วิศวกรรมการกำจัดน้ำเสีย.** เล่ม 3. นนทบุรี: ม.ป.ท.

ดนุวัต เพ็งอ้น, อนันต์ ปินตารักษ์, พัฒน์ กสิกรรมยืนยง, และ สุชัญญา อรุณรุ่งโรจน์. 2552. **การผลิตเชื้อจุลินทรีย์สำหรับย่อยสลายสารในขยะ และน้ำเสียในเชิงพาณิชย์.** รายงานผลการวิจัยเสนอมหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ธนภัทร จิตตสัจจ. 2539. **การเพิ่มปริมาณมวลชีวภาพของสาหร่ายขนาดเล็กที่เลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ธีรยุทธ บุญคง. 2552. การใช้ประโยชน์น้ำทิ้งจากโรงงานปลาป่นเพาะเลี้ยงคลอเรลลาเป็นอาหารในการเพาะเลี้ยงไรแดง. **รายงานการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 33.** มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

นิติยา จันทร์อำภากุล. 2548. **ประสิทธิภาพของระบบเอสบีอาร์ซึ่งใช้เชื้อแคนดิด้า ยูทิลลิส**. คณะพลังงานและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

นฤดล บุญ - หลง. 2532. **รายงานสถานการณ์อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลาผลิตภัณฑ์ทะเล.** รายงานเสนอกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บริษัทเอ็มเทค แมเนจเม้นท์ จำกัด. ม.ป.ป. **กรณีศึกษา.** (online). http : // www.emtec.co.th, 3 กุมภาพันธ์ 2552

พิสิฐ ศรีสุริยจันทร์. 2540. **การบำบัดน้ำเสียโรงนมโดยใช้แบคทีเรียแลคติค.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มนัส เกษมทรัพย์, กฤษณา ทิพย์คง, ดิลก ตู้จินดา, และ นิยม สุขุมเจริญ. 2519. “การสำรวจประสิทธิภาพการผลิตของโรงงานปลาป่นในประเทศไทย.” **วารสารการประมง** 29 (2) : 139 – 150

มนัส คงศักดิ์, สัมพันธ์ จันทร์ดำ, และ อัศวิน กิ่งแก้ว. 2539. **การใช้จุลินทรีย์อีเอ็มบำบัดของเสียจากฟาร์มสุกร.** รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 13. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง.

มณเฑียร ส่งเสริม และ มณจันทร์ เมฆธน. 2539. การคัดเลือกสายพันธุ์ และทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรียในการย่อยสลายเศษไขมันจากน้ำทิ้งโรงอาหารในมหาวิทยาลัย. เอกสารการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 34 : 279-283

เริงวรรณ วรวรรณ . 2529. “ ความเป็นมาของอุตสาหกรรมปลาป่นในประเทศไทย.” **ปลาป่นสาร** (1): 11 – 15

วรนุช จึงชาญศาสตร์. 2536. **การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงนม โดยระบบแอคติเวดเตดสลัดจ์แบบไม่มี และมีตัวกลาง.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิบูลย์ลักษณ์ พึ่งรัศมี. 2550. **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของจุลินทรีย์สำเร็จรูปและจุลินทรีย์จากโรงบำบัด**. รายงานการวิจัยเสนอจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัชรี จิตตรง. 2540. **การบำบัดน้ำเสียโดยใช้ Acinetobacter sp. และ Pseudomonas sp.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ศุภรัตน์ ฉัตรจริยเวศน์, กิ่งกาญจน์ วงศ์สุทธิโชติ, สุริยา สาสนรักกิจ, และ มะลิ บุณยรัตผลิน. 2546. **การคัดเลือกสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูงเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ.** หนังสือบดคัดย่อการสัมมนาวิชาการประมงประจำปี 2546, กรมประมง: 101 - 102

สมาคมผู้ผลิตปลาป่นไทย. 2539. **อุตสาหกรรมปลาป่นไทย**. สมาคมผู้ผลิตปลาป่นไทย. ม.ป.ท.

เสริมพล รัตตสุข และไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์. 2518 . **การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน**. สถาบันวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ. 317 น.

สิริรัตน์ สุวณิชย์เจริญ และ ปราโมทย์ เชี่ยวชาญ. 2548. “ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ” [สื่ออิเลคทรอนิคส์]. **จุลสารสาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ**

สุนันทา จันทร์สมวงษ์. 2525. **รายงานสถานการณ์ทั่วไปของปลาเป็ด และปลาป่นในปี 2524.** เอกสารฉบับที่ 6/2525. กรมประมง.กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 53 น.

สุเทพ สิริวิทยาปกรณ์. 2549. **เทคโนโลยีน้ำเสีย.** คณะวิศวกรรมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ

อรพิน ภูมิภมร และ เกรียงไกร พัทยากร. 2546. **การใช้จุลินทรีย์ที่ผลิตเอนไซม์ไลเปสบำบัดน้ำเสียครัวเรือนชุมชน.** รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์เสนอมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

อัจฉรา คอประเสริฐศักดิ์. 2542. **การศึกษาแบคทีเรียผลิตเอนไซม์ไลเปสที่มีผลต่อการย่อยสลายน้ำมัน และน้ำเสียประเภทไขมันสูง.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Agriculture and Agri – Food Canada (AAFC). 2003. **Available Source: http://ats - sea.agr.gc/seafood/industry- e.htm**, May 20, 2008.

Achour, M., O. Khelifi, I.Bouazizi and M. Hamdi. 2000. **Design of an Integrated Bioprocess for the Treatment of Tuna Processing Liquid Effluents, Process Biochem.** 35, 1013-1017

Balslev – Olesen, P., A. Lynggaard-Jensen and C. Nackelsen. 1990. **Pilot - scale Experiments on Anaerobic Treatment of Wastewater From a Fish Processing Plant.** Water Sci. Technol. 22 (1-2), 463-474.

Bhumibhamon, O., A. Koprasertsak and S. Funthong. 2002. **Biotreatment of High Fat and Oil Wastewater by Lipase Producing Mocroorganisms.** Kasetsart J. (Nat. Sci.) 36 : 267

Carawan, R.E. 1991. **Processing Plant Waste Management Guidelines for Aquatic Fishery Products Food and the Environment.** Available Source : http://www.p2pays.org/ref/02/01796.pdf, May 20, 2008.

Christiansen, J. and P.Spraker. 1983. ค้นจาก Gabrial Bitton. 1994. **Wastewater Microbiology. Department of Environmental Engineering Sciences.** University of Florida : 295

Chowdhury, P. , T. Viraraghavan and A. Srinivasan. 2010. **Biological Treatment Processes for Fish Processing Wastewater.** ค้นเมื่อ 27 มีนาคม 2553. จาก www. elsevier.com/locate/biortech.

Del Valle, J.M. and J.M. Aguilera. 1990. **Recovery of Liquid by - Products from Fish Meal Factories: a review.** Process Biochem. Int. 25 (4), 122-131

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

FAO. 1975. **The production of Fish Meal and Oil**. Fish. Tech.Pap.No.142 . 54 p.

Gonzalez , J.F. 1996. **Wastewater Treatment in the Fishery Industry.** FAO Fisheries Technical Paper (FAO), No.355/FAO, Rome (Italy), Fisheries Dept.

Green, D. , L. Tzou, A.C. Chao and T.C. Lanier. 1984. **Strategies for Handling Soluble Waste Generated During Minced Fish (surimi) Production.** In: Proceedings of the 39th Industrial waste conference, May 8-10, 1984, Purdue University, West LAfayett,Indiana, pp. 565-572

Greenberg, A. E., L. S. Clesceri and A.D. Eaton. 1998. **Standard Methods for the Examination of Water And Wastewater.** 20th Edition, America Public Health Association, Washington D.C.

Journey, W. K. and Mcnivan. 1996. **Anaerobic Enhanced Treatment of Wastewater and Options for Further Treatment.** สืบค้นจาก www. Wau. Boku. ac. At /fileadmin /_/ H810asser/811/811_Skripten_2004/811356_O4C2.pdf.

Mendez, R., Omil, F. , Soto, M. , and Lema, J. M. 1992. **Pilot Plant Studies on the Anaerobic Treatment of Different Wastewater From a Fish-Canning Factory.** Water environ.Res. 67, 33-45

Najafpour, G.D., Zinatizadeh, A.A.L, Lee, L.K. 2006. **Performance of a Three - Stage Aerobic RBC Reactor in Food Canning Wastewater Treatment.** Biochem. Eng. J. 30, 297-302

Okumura, A. and K. Uetana. 1992. **Treatment of Fish Processing Waste in Japan**. **Industry Environ**. 15 (1-2), 34-39

Park, E., R. Enander , M.S. Barnett and C. Lee. 2001. **Pollution Prevention and Biochemical Oxygen Demand Reduction in a Squid Processing Facility**. J. Cleaner Product. 9, 341 – 349

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Prasertan, P., S. Jung and K.A. Buckle. 1994. **Anaerobic Filter Treatment of Fishery Wastewater.** World L. Microbiol. Biotechnol. 10, 11-13

Riddle, M.J. and K. Shikaze. 1973. **Characterization and T of Fish Processing Plant Effluents in Canada.** Food Processing Waste Management : Syracuse, New York. Ithaca. New York, Cornell Universiry. Pp. 274 -305

Sandberg, M. and B.K. Ahring. 1992. **Anaerobic Treatment of Fish Meal Process Waste-water in a UASB Reactor at High pH**. Appl. Microbaol. Biotechnol. 36, 800-804

Tchobanoglous,G. , F.L. Burton and H.D. Stensel. 1991. **Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse**. Metcalf and Eddy. Inc. 3r ed., Singapore.

Technical Report Series FREMP WQWM-93-10, DOE FRAP 1993-39. 1994. **Wastewater Characterization of Fish Processing Plant Effluents. Fraser River Estuary Management Program**. New West Minister, B.C.

Vassos, T.D., M. Vogel, Z. Knezevic, M. H. Murdoch and P. Kennedy. 1994. **Wastewater Characterization of Fish Processing Plant Effluents_ A report to water Quality/ Waste Management Committee.** Fraser River Estuary Management Program. NovaTec Consultants Inc. and EVS Environmental Consultants Available Source: http://www.rem.sfu.ca/FRAP/9339.pdf, May 20, 2008.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 ลักษณะสมบัติของน้ำเข้า - ออก จากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานปลาป่น

ครั้งที่	BOD	COD	TKN	TP	SS	VSS	DS	pH	FOG
น้ำเข้า									
1	4704	7615	274.2	10.53	1626	644	5584	6.51	97.6
2	4059	4935	628.1	7.22	1509	1286	1444	7.1	116
3	4098	4875	232.4	6.14	3247	1792	1383	6.9	134
4	15804	26438	938	5.94	2130	1851	12810	6.37	100
น้ำออก									
1	2720	3500	-	-	810	-	4450	8.08	67

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ค่า COD ในน้ำเข้า – ออกจากถังปฏิกิริยา ของจุลินทรีย์แต่ละแบบในช่วงการปรับสภาพเชื้อจุลินทรีย์

วันที่	ค่า COD (มก./ล.)					
	NS		CS		NS + CS	
	In	Out	In	Out	In	Out
1	-	-	-	-	-	-
2	3010	350.5	3190	2871	3200	372.5
3	3470	2565.7	3232	2860.3	3375	1996.65
4	3789	388	3650	3102.5	3948	1308
5	3540	518	3421	2747	4183	0
6	3877	410.9	3746	2903.8	4306	0.3
7	3911	0.5	4080	3037.15	4422	0.5
8	4307	0	4297	3045.3	4400	0
9	4110	0	4271	2887.2	3614	0.7
10	4259	378.62	4300	2928.3	3803	394.7
11	4281	82.45	4450	2803.5	3910	70.38
12	4406	123.36	4396	2520	4006.1	112.17
13	4473	0	4523	2442.4	4029	0
14	4377	695	4700	2120	3700	611.9
15	4871	77.94	4964	1985.6	4296	103.1
16	4725	196.56	5082	1727.8	4055.5	168.7
17	4590	468.18	4980	1330	3960	282.7
18	4087	73.56	4602	971	3745	29.96
19	3541	95.6	4210	618.87	3826	69
20	2988	119.5	3844	307.5	3260	97.8
21	3244	149	3216	418.08	3695	51.6
22	3056	250.6	2985	101.49	2920	204
23	2800	266	2749.5	159.47	2796	181.7
24	2891	338	2936	176.16	2844	133.6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ประสิทธิภาพการลดค่า COD (%) ของจุลินทรีย์แต่ละแบบในช่วงการปรับสภาพเชื้อจุลินทรีย์

วันที่ทดลอง	ประสิทธิภาพการลดค่า COD (%)		
	NS	CS	NS + CS
1	-	-	-
2	88.36	10	88.36
3	26.06	11.5	40.84
4	89.76	15	66.87
5	85.37	19.7	100
6	89.40	22.48	100
7	100	25.56	100
8	100	29.13	100
9	100	32.4	100
10	91.11	31.9	89.62
11	98.20	37	98.20
12	97.20	42.67	97.20
13	100	46	100
14	84.12	54.89	83.46
15	98.40	60	97.60
16	95.84	66	95.84
17	89.80	73.3	92.86
18	98.20	78.9	99.20
19	97.30	85.3	98.20
20	96.00	92	97.00
21	95.40	87	98.60

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

วันที่ทดลอง	ประสิทธิภาพการลดค่า COD (%)		
	NS	CS	NS + CS
22	91.80	96.6	93.00
23	90.50	94.2	93.50
24	88.30	94	95.30

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 ค่า MLSS ของจุลินทรีย์แต่ละชนิดในช่วงการปรับสภาพเชื้อจุลินทรีย์

วัน	MLSS (มก./ล.)		
	NS	CS	NS +CS
1	662	3	662
2	440	7	592
3	1035	12	1285
4	1043	19	1204
5	1135	26	1335
6	1258	35	1575
7	1264	49	1336
8	1398	61	1521
9	1484	112	1620
10	1678	143	1551
11	1507	185	1586
12	1952	233	1918
13	4674	284	5815
14	2780	516	3928
15	4674	720	3839
16	3380	1378	3970
17	3810	1722	3610
18	4954	2341	4490
19	3278	2954	3915
20	3196	3417	3162
21	4154	3228	4222
22	3520	3800	3778
23	3678	3623	3456
24	3899	3300	3970

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 ประสิทธิภาพการกำจัด BOD และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ในสภาวะสมดุลของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ

เวลา (ชม.)	NS		CS		NS + CS	
	BOD (มก./ล.)	MLSS (มก./ล.)	BOD (มก./ล.)	MLSS (มก./ล.)	BOD (มก./ล.)	MLSS (มก./ล.)
0	400	3352	510	3500	450	3490
0.5	375	3573	490	3520	435	3512
1.5	330	3804	447	3705	390	3733
3	280	3915	390	3910	340	4100
6	160	4216	305	4300	290	4502
8	110	4671	212	4450	180	4710
24	15	5564	12	4900	18	6450
F/M ratio	0.07		0.1		0.08	
0	800	3218	1100	3300	566	3573
0.5	745	3380	879	3375	528	3610
1.5	650	3599	760	3491	465	3884
3	510	3974	542	3700	380	4152
6	350	4321	318	4216	253	4520
8	227	4526	121	4888	170	5112
24	18	4988	14	5300	15	6840
F/M ratio	0.15		0.22		0.09	

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

เวลา (ชม.)	NS		CS		NS + CS	
	BOD (มก./ล.)	MLSS (มก./ล.)	BOD (มก./ล.)	MLSS (มก./ล.)	BOD (มก./ล.)	MLSS (มก./ล.)
0	2000	3780	1975	3610	2105	3893
0.5	1960	4100	1932	3920	1873	4075
1.5	1724	4427	1691	4298	1700	4481
3	1322	4706	1450	4500	1280	4837
6	917	5315	800	5280	762	5020
8	540	5900	420	6035	310	6115
24	20	7054	17	6850	14	6900
F/M ratio	0.33		0.32		0.33	
0	12690	7450	10880	9412	11220	9320
0.5	9500	8325	9430	9980	9570	9987
1.5	6810	9590	8010	11000	8490	10295
3	6570	9680	6422	11200	7230	11030
6	5183	10540	2400	13500	2550	12610
8	2430	11300	1815	13985	2535	13150
24	579	12600	220	15526	372	14420
F/M ratio	0.99		0.76		0.76	

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 ผลการวิเคราะห์ค่า BOD ในน้ำเข้า – ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ระยะเวลาเติมอากาศต่างๆ

วันที่	ระยะเวลาเติมอากาศ	NS		CS		NS + CS	
		BOD (มก./ล.)		BOD (มก./ล.)		BOD (มก./ล.)	
		in	out	in	out	in	out
	12 ชั่วโมง						
1		6353	122	5600	68	7040	127
2		4520	130	6212	181	6900	94
3		7800	183	5850	75	6710	106.3
4		5015	98	4300	70	5330	72
5		5211	141	6423	92.2	6124	88
6		5420	154	5780	79	5500	81.8
7		5942	157	6100	150	5980	137
8		7108	220	6950	173	6788	157.9
	14 ชั่วโมง						
1		5432	73	6150	55	5711.5	47
2		6670	93.2	4203	67.2	6430.2	96
3		5900	69	3982	62.5	5922	58
4		4780	56	5046	83.5	5469	56.2
5		5225	60.5	5370	91	4542	40
6		6986	108	7245	145	6153	74
7		6135	87.6	5860	91	5409	67.8
8		5120	56	5784	89.5	6789.5	109.6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

วันที่	ระยะเวลาเติมอากาศ	NS		CS		NS + CS	
		BOD (มก./ล.)		BOD (มก./ล.)		BOD (มก./ล.)	
		in	out	in	out	in	out
	16 ชั่วโมง						
1		3728	12	3688	15.4	3109	17
2		3900	14.5	3920	14	3550	19.6
3		4231	15	4390	16	4796	16
4		3650	13.3	3412	17.5	3814	14.3
5		4612	16	4561	19	4018	12
6		3589	17	3766	13	4502	18
7		4523	17.9	4657	16.6	4221	13
8		4872	18.5	4900	18.4	3900	15.4
	20 ชั่วโมง						
1		5902	16	6348	15.3	5322	14
2		6100	16.2	5460	13	5550	14.2
3		5768	14.5	5700	13.6	6239	16.7
4		6234	15.9	4907	12	6785	16
5		6370	18.6	5230	15	6311	17.1
6		5600	17	5894	14.4	5962	15
7		6724	18	6197	16	5860	15.8
8		5580	16	6412	16.3	6203	15.6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 ประสิทธิภาพการกำจัด BOD ที่ระยะเวลาเติมอากาศต่างๆ ของจุลินทรีย์แต่ละชนิด

วันที่	ระยะเวลาเติมอากาศ	NS % BOD remove	CS % BOD remove	NS + CS % BOD remove
	12 ชั่วโมง			
1		98.10	98.80	98.20
2		97.10	98.70	98.60
3		97.70	98.70	98.40
4		98.00	98.40	98.60
5		97.30	98.56	98.56
6		97.16	98.63	98.51
7		97.36	97.54	97.71
8		96.90	97.51	97.67
	14 ชั่วโมง			
1		98.70	99.10	99.20
2		98.60	98.40	98.50
3		98.80	98.40	99.00
4		98.80	98.30	99.00
5		98.80	98.30	99.10
6		98.45	98.00	98.80
7		98.57	98.45	98.75
8		98.91	98.45	98.39

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

วันที่	ระยะเวลาเติมอากาศ	NS % BOD remove	CS % BOD remove	NS + CS % BOD remove
	16 ชั่วโมง			
1		99.67	99.58	99.45
2		99.62	99.64	99.44
3		99.64	99.86	99.66
4		99.63	99.48	99.62
5		99.62	99.58	99.70
6		99.53	99.65	99.60
7		99.60	99.64	99.69
8		99.62	99.62	99.61
	20 ชั่วโมง			
1		99.73	99.76	99.74
2		99.73	99.76	99.74
3		99.75	99.76	99.74
4		99.74	99.76	99.76
5		99.71	99.71	99.73
6		99.70	99.76	99.75
7		99.73	99.74	99.73
8		99.71	99.75	99.75

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 ผลการวิเคราะห์ค่า MLSS ในระบบบำบัดน้ำเสีย ที่ระยะเวลาเติมอากาศต่างๆ

วันที่	ระยะเวลาเติมอากาศ	NS	CS	NS + CS
		MLSS (มก./ล.)	MLSS (มก./ล.)	MLSS (มก./ล.)
	12 ชั่วโมง			
1		4309	3470	4294
2		4402	3518	4179
3		4429	3654	4285
4		4351	3717	4302
5		4556	3642	4292
6		4400	3548	4465
7		4431	3452	4590
8		4517	3761	4365
	14 ชั่วโมง			
1		4155	3874	4411
2		4387	4257	4795
3		4223	4389	4640
4		4496	4220	4551
5		4658	4566	4622
6		4792	4478	4735
7		4756	4625	4789
8		4699	4388	4824

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 (ต่อ)

วันที่	ระยะเวลาเติมอากาศ	NS	CS	NS + CS
		MLSS (มก./ล.)	MLSS (มก./ล.)	MLSS (มก./ล.)
	16 ชั่วโมง			
1		4720	4239	4855
2		4792	4316	4730
3		4690	4689	4658
4		4793	4781	4703
5		4680	4503	4697
6		4871	4568	4577
7		4600	4690	4699
8		4527	4724	4729
	20 ชั่วโมง			
1		4603	4887	4829
2		4761	4985	4932
3		4795	4823	4763
4		4763	4795	4965
5		4836	4841	4854
6		4864	4460	4638
7		4785	4596	4772
8		4793	4677	4990

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวพรชนก วงศ์ผดุงเกียรติ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 15 พฤษภาคม 2524
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักวิชาการสุขาภิบาล
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	เทศบาลเมืองสำโรงใต้
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์