

การใช้เครื่องรอกแบบแอนเอโรบิก เพื่อกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานทำฝักคองบรจุกระป๋อง



นายบุญส่ง ไช้เกษ

001407

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

แผนกวิศวกรรมสาขาวิชา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2519

I 16043A06

PICKLES WASTE TREATMENT BY ANAEROBIC FILTER

Mr. Boonsong Kaigate

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirments

for the Degree of Master of Engineering

Department of Sanitary Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1976

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต



.....
(ศาสตราจารย์ ดร.วิศิษฐ์ ประจวบเหมาะ)

คณบดี

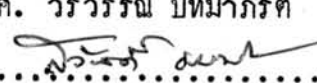
คณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์

 ประธานกรรมการ

(รศ. ดร. สุรินทร์ เศรษฐมานิต)

 กรรมการ

(ผศ. วีรพรรณ ปัทมาภักดิ์)

 กรรมการ

(รศ. สวัสดิ์ ธรรมภักดิ์)

อาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัย : อาจารย์ไพพรรณ พรประภา และ อาจารย์สุพล สายพานิช

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์เรื่อง การใช้เครื่องกรองแบบแอนแอโรบิก เพื่อกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานทำ

ผักตบขรรจุกระป๋อง

โดย นายบุญส่ง ไชเกษ

แผนกวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การใช้เครื่องกรองแบบแอนแอโรบิก เพื่อกำจัดน้ำทิ้งจาก
 โรงงานทำผักดองบรรจุกระป๋อง

ชื่อ นายบุญส่ง ไช้เกษ แผนกวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล

ปีการศึกษา 2519

บทคัดย่อ

น้ำทิ้งจากโรงงานทำผักดองบรรจุกระป๋องมีค่า BOD และความเข้มข้นของ
 เกลือสูง น้ำทิ้งที่ปล่อยออกมาจากโรงงานกระทำเป็นช่วง ๆ มีเวลาการทำงานไม่สม่ำเสมอ ทำให้เกิดปัญหาในการสร้างระบบกำจัดน้ำทิ้ง จึงได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิก ในการกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานทำผักดองบรรจุกระป๋อง นอกจากนี้ได้ทำการเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิกซึ่งภายในบรรจุหินขนาดต่างกัน และอิทธิพลต่าง ๆ ที่มีผลต่อการทำงานของเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิก โดยเฉพาะอิทธิพลของเกลือทะเล (Sea salt)

ผลของการทดลองและวิจัยโดยใช้เครื่องกรองแบบแอนแอโรบิก เพื่อกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานทำผักดองบรรจุกระป๋อง ซึ่งใช้ระยะเวลาการศึกษาทดลองทั้งสิ้น 150 วัน พบว่าเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิก มีประสิทธิภาพในการกำจัด COD ร้อยละ 84-92 โดยสามารถรับ Organic loading ได้ 0.56-2.25 กก.COD/ม³/วัน (35.0-140.63 ปอนด์ COD /1,000 ฟ³/วัน) และมีประสิทธิภาพการกำจัด BOD₅ ร้อยละ 87-96 สำหรับ Organic loading ตั้งแต่ 0.40-3.10 กก.BOD₅ /ม³/วัน (25.0-193.78 ปอนด์ BOD₅/1,000 ฟ³/วัน) ภายในระยะเวลาการเก็บกักน้ำทิ้ง (HRT) 24 ชั่วโมง

จากผลของการทดลองแสดงว่า เครื่องกรองแบบแอนแอโรบิกทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถึงแมวน้ำน้ำทิ้งจะมี Na^+ อยู่ถึง 12,500 มก./ล. และความเข้มข้นของเกลือทะเล (Sea salt) เท่ากับ 85,000 มก./ล. (มี Na^+ เท่ากับ 34,000 มก./ล.) จะยับยั้งการทำงานของแบคทีเรียในเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิกในการย่อยสลายสารอินทรีย์

นอกจากนี้แล้วเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิก ซึ่งภายในบรรจุหินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง $1-1\frac{1}{4}$ นิ้ว มีประสิทธิภาพในการกำจัด COD & BOD₅ มากกว่าเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิก ซึ่งภายในบรรจุหินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง $1\frac{3}{4} - 2\frac{1}{4}$ นิ้ว โดยเครื่องกรองที่ใช้หินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง $1-1\frac{1}{4}$ นิ้ว มีระยะเวลาการเก็บกักตะกอน (SRT) ประมาณ 424 วัน ซึ่งสูงกว่าระบบกำจัดน้ำทิ้งทั่วไป ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัด COD สูง และยังสามารถทนต่อสารเป็นพิษและรับการเปลี่ยนแปลง Organic loading ตลอดจน pH ได้เป็นอย่างดี

จากการทดลองครั้งนี้พบว่าที่ระดับความสูงของเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิก 15 เซนติเมตร จากตอนกลางของเครื่องกรองมีประสิทธิภาพในการกำจัด COD ได้สูงสุด ประมาณร้อยละ 87 ดังนั้นในการที่จะออกแบบสร้างเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิกสำหรับใช้งานจริง ๆ ค่าความสูงของเครื่องกรองที่เหมาะสมคือ 1.20-1.50 เมตร

3

The anaerobic filter, successfully, removed COD & BOD₅ with concentration of Na⁺ up to 12,500 mg/l. If the concentration of sea salt increased to 85,000 mg/l with Na⁺ 34,000 mg/l the capability of anaerobic bacteria in digesting organic matter would be strongly inhibited.

The efficiency of anaerobic filter was determined by using the different size of the crushed stones showed that the stones at $1-1\frac{1}{4}$ inches in diameter provided better efficiency than the stones at $1\frac{3}{4} - 2\frac{1}{4}$ inches in diameter for the removal of COD & BOD₅. The anaerobic filter using $1-1\frac{1}{4}$ inches in diameter stones has solids retention time (SRT) about 424 days which is longer than the other treatment plants. This indicates the high efficiency in COD removal. It is also stable to the toxic materials, the changes of organic loading and pH.

The study also showed that within 15 centimeters from the bottom of the column the maximum efficiency of COD removal yielded 87 percent. It is, therefore, recommended that in designing a full-scale anaerobic filter the appropriate height of the filter column should be 1.20-1.50 meters.



กิติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์ ไพพรรณ พรประภา และอาจารย์ สุรพล สายพานิช
ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัย ในการวิจัยครั้งนี้ ท่านได้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือ
ทางด้านวิชาการเป็นอย่างดี จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

อนึ่ง ผู้ที่มีส่วนช่วยเหลือให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ คือ

อาจารย์ คร.บุญเยี่ยม เกียรติวุฒิ

อาจารย์ คร.สมชาย คุรงค์เดช

อาจารย์วิชา พงพาพงษ์

อาจารย์ ปกรณ์ สุเมธานุรักษ์กุล

คุณศานิต ชัชวาลย์

คุณสนั่น สันติเวช

ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ครั้งนี้ ไว้ในนี้ด้วย



สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย	หน้า
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ข
รายการตารางประกอบ	จ
รายการรูปประกอบ	ฉ
บทที่	๑

1	บทนำ	
1.1.	กล่าวโดยทั่วไป	1
1.2.	จุดประสงค์ของการวิจัย	2
1.3.	ขอบเขตการวิจัย	2
2	กรรมวิธีการผลิต จุดลายนํ้าทิ้ง และคุณลักษณะของนํ้าทิ้ง จากโรงงานทำผักคองบรรรจุกระป๋อง	4
2.1.	กรรมวิธีการผลิตผักคองบรรรจุกระป๋อง	4
2.2.	คุณลักษณะของนํ้าทิ้งจากโรงงานทำผักคองบรรรจุกระป๋อง	6
3	ทฤษฎีการทำงานของเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิก	7
3.1.	ความเป็นมาและวิวัฒนาการของเครื่องกรองแบบ แอนแอโรบิก	7
3.2.	ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ กับการย่อยสลายสารอินทรีย์	14
3.3.	สภาพทางชีววิทยาและชีวเคมีของเครื่องกรอง แบบแอนแอโรบิก	20

3.3.1.	ชนิดของจุลินทรีย์ (Microorganisms) ในเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิค	22
3.3.2.	การเกิดกรด (Production of Volatile acids)	23
3.3.3.	การเกิดแก๊สมีเทน (Methane Fermentation)	30
3.3.4.	อัตราการเกิดปฏิกิริยา (Rate of Readtion)	35
3.3.5.	การเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์	36
3.4.	สภาพทางกายภาพของเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิค	39
3.4.1.	ลักษณะการไหลของน้ำทิ้งในเครื่องกรอง แบบแอนแอโรบิค	40
3.4.2.	การเคลื่อนไหวของตะกอนจุลินทรีย์ในเครื่อง กรองแบบแอนแอโรบิค	40
3.5.	สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับเครื่องกรองแบบ แอนแอโรบิค	41
3.5.1.	สารอาหารที่จำเป็นสำหรับแบคทีเรียใน ระบบเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิค	41
3.5.2.	สภาพความเป็นกรดเป็นด่าง (Acidity alkalinity)	42
3.5.3.	อุณหภูมิ (Temperature)	46
3.5.4.	สารเป็นพิษ (Toxic materials)	47
13.5.4.1.	พิษของ Volatile acids	50
3.5.4.2.	พิษของเกลืออนินทรีย์ (Inorganic salts Toxicity)	50

3.5.4.3.	พิษของโลหะหนัก (Heavy Metals Toxicity)	52
3.5.4.4.	พิษของแก๊สบางชนิด	55
3.5.4.5.	พิษของสารอินทรีย์ (Toxic Organic Materials)	57
4	วิธีการทดลองและวิจัย	58
4.1.	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	58
4.2.	น้ำทิ้งที่ใช้ในการวิจัย	62
4.3.	แผนการทดลอง (Experimental program)	63
4.4.	การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่าง (Sampling and Analysis)	67
5	ผลของการวิจัย	68
5.1.	คุณลักษณะของน้ำทิ้งจากโรงงานบำบัดของบรจุกระป่อง	68
5.2.	การเริ่มเลี้ยงแบคทีเรีย (Start-up)	70
5.3.	ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานบำบัดของ บรจุกระป่องโดยเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิก	73
5.4.	อิทธิพลต่าง ๆ ที่มีผลต่อการทำงานของเครื่อง กรองแบบแอนแอโรบิกภายใต้สภาวะการทำงานที่คงที่ (Steady-state)	76
5.4.1.	อิทธิพลของ Organic loading	76
5.4.1.1.	ต่อการกำจัด CO ₂	76
5.4.1.2.	ต่อการเกิดแก๊ส	77
5.4.1.3.	ต่อสภาพการเป็นกรดเป็นด่าง	81
5.4.1.4.	ต่อตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้ง	83

5.4.2. อิทธิพลของความสูงของเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิก	86
5.5. การปรับสภาพให้อยู่ในสภาวะสมดุลเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง Organic loading	91
5.5.1. การกำจัด COD	91
5.5.2. Volatile acids	93
5.5.3. การเกิดแก๊ส	94
5.5.4. ตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้ง	94
5.6. การสร้างและการสะสมตะกอนจุลินทรีย์	94
5.7. ความเป็นอยู่ของตะกอนจุลินทรีย์ในเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิก	99
5.8. ชนิดของจุลินทรีย์ในเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิก	101
5.9. อิทธิพลของขนาดหินที่อยู่ในเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิก ต่อประสิทธิภาพการทำงาน	101
5.10. อิทธิพลของเกลือทะเล (Sea salt) ต่อการทำงานของเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิก	103
6 สรุปผลวิจัยและขอเสนอแนะ	106
6.1. ความสำคัญทางด้านวิศวกรรม	106
6.2. ข้อดีของระบบเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิก	107
6.3. ข้อเสียของเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิก	108
6.4. การออกแบบเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิก	108
6.5. สรุปผลการทดลอง	109
6.6. ขอเสนอแนะสำหรับการทำการวิจัยที่หน้าจะทำต่อไป	110
บรรณานุกรม	112
ภาคผนวก	118
ประวัติการศึกษา	158

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
1	คุณลักษณะของน้ำทิ้งจากโรงงานทำผักคองบรรจุกระป๋อง	6
2	ประสิทธิภาพของเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิคในการกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม	12
3	ค่าต่ำสุดของ SRT ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ให้เกิดแก๊สมีเทน	20
4	การย่อยสลายกลูโคส	29
5	Growth Rate of Methane Organisms	36
6	Growth Yield and Decay Coefficient of Various Substrate	37
7	ปริมาณของ Cations ที่มีอิทธิพลต่อการทำงานของแบคทีเรียชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic bacteria)	51
8	ผลของ Ammonia-nitrogen ต่อระบบการกำจัดน้ำทิ้งแบบไม่ใช้ออกซิเจน	56
9	การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของน้ำทิ้งระยะเวลาการกักน้ำทิ้ง (HRT) และ Organic loading ที่เข้าสู่ระบบเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิค ขณะทำการวิจัย	64
10	ส่วนประกอบของน้ำทิ้งเทียม (Synthetic waste)	66
11	ส่วนประกอบของเกลือทะเล (Sea salt)	66
12	คุณลักษณะของน้ำทิ้งจากโรงงานทำผักคองบรรจุกระป๋อง	69
13	ลักษณะของน้ำทิ้งและประสิทธิภาพของเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิค ในการกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานทำผักคองบรรจุกระป๋อง	75

รายการตารางประกอบ (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
14	ความสัมพันธ์ของปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นกับปริมาณของ COD ในน้ำทิ้งจากโรงงานทำผัก คองบรรรจุระปอง	82
15	สรุปผลการกำจัด COD ที่ระดับความสูงต่าง ๆ ภายใต้สภาวะโรงงาน	88
16	ปริมาณตะกอนแขวนลอย (Suspended Solids) ที่ระดับความสูงของเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิคในขณะที่มีการทำงานอย่างคงที่	96
17	ตะกอนจุลินทรีย์ (Biological Solids) ในเครื่องแบบแอนแอโรบิค	97

รายการรูปประกอบ

รูปที่	หน้า
1. แผนผังแสดงกรรมวิธีการผลิตผักคองบรจรูกระป๋อง และจุดปล่อยน้ำทิ้ง	5
2. เครื่องกรองแบบแอนแอโรบิค	8
3. Rate of wast utilization per unit mass of microorganisms versus concentration of a limiting nutrient	16
4. ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการเก็บกักตะกอนจุลินทรีย์ (SRT) กับความเข้มข้นของน้ำทิ้ง (Effluent Concentration) และประสิทธิภาพของการกำจัดน้ำทิ้งด้วยวิธีทางชีววิทยาแบบไมโซออกซิเจน	19
5. การย่อยสลายสารอินทรีย์ต่าง ๆ ภายในสภาวะที่ไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ (Anaerobic Digestion)	21
6. การย่อยสลายโปรตีน, ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตโดยแบคทีเรียชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ (Anaerobic Bacteria)	24
7. การย่อยสลายของ Pyruvate ไปเป็นสารอินทรีย์ต่าง ๆ	26
8. การย่อยสลายกรดอินทรีย์ที่มีโมเลกุลใหญ่ (Long chain Fatty acids) ให้เป็นกรดอินทรีย์ที่มีโมเลกุลเล็ก	32
9. การเพิ่มปริมาณของตะกอนจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียชนิดไมโซออกซิเจน	38
10. แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง pH กับความเข้มข้นของ Bicarbonate Alkalinity ที่อุณหภูมิ 95 °F	45

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
11.	แสดงความสัมพันธ์ของออกซิเจนกับระยะเวลาการกักตะกอน จุลินทรีย์ (SRT) ในการย่อยสลายสารอินทรีย์และประสิทธิภาพ การกำจัดน้ำทิ้งควยวิธีทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน	48
12.	อิทธิพลของเกลือต่อปฏิกิริยาการทำงานของแบคทีเรียชนิด ไม่ใช้ออกซิเจน	49
13.	แสดงความสัมพันธ์ของ Cations 2 ชนิดคือ A และ B ซึ่งเมื่ออยู่ด้วยกันแล้วอาจจะ ANTAGONISM หรือ SYNERGISM ได้	53
14.	ปฏิกิริยาการทำลายพิษของโลหะหนัก (Heavy metals) โดยซัลไฟด์ (S^{2-}) ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน	54
15.	ลักษณะของเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic Filter) ที่ใช้ในการทดลองและวิจัย	59
16.	แสดง SCHEMATIC DIAGRAM ของเครื่องกรองแบบ แอนแอโรบิก	60
17.	หินบด (Crushed stone) ที่ใช้เป็นตัวกรองสำหรับ เครื่องกรองแบบแอนแอโรบิก	61
18.	ขนาดของหินที่ใช้เป็นตัวกรองสำหรับเครื่องกรองที่ 1 และเครื่องกรองที่ 2	61
19.	แสดงการเปลี่ยนแปลงสภาวะต่าง ๆ ขณะเริ่มทำการเลี้ยง แบคทีเรีย (start-up) ของเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิก	72
20.	การบันทึกการทำงานของเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิกทั้ง 2 เครื่อง (Filter 1 และ Filter 2) ในการกำจัดน้ำทิ้ง จากโรงงานทำผักดองบรรจุกระป๋อง	74

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
21. อิทธิพลของ Organic loading (ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลง HRT) ต่อประสิทธิภาพการกำจัด COD	78
22. แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สและเปอร์เซ็นต์แก๊สมีเทนของเครื่องกรองที่ 1 และเครื่องกรองที่ 2 ขณะที่ใช้ในการทดลองกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานทำผักคองบรรจุกระป๋อง	79
23. แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นกับเปอร์เซ็นต์แก๊สมีเทนของเครื่องกรองที่ 1 และเครื่องกรองที่ 2	80
24. แสดงอิทธิพลของ Organic loading ต่อสภาพของ Alkalinity, NH ₃ -N, pH และ Volatile acids ของเครื่องกรองที่ 1	84
25. แสดงอิทธิพลของ Organic loading ต่อสภาพของ Alkalinity, NH ₃ -N, pH และ Volatile acids ของเครื่องกรองที่ 2	85
26. แสดงปริมาณของตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งที่ออกจากเครื่องกรองที่ 1 และเครื่องกรองที่ 2	87
27. แสดงสภาวะต่าง ๆ ของเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิกขณะที่มีการทำงานอย่างคงที่	90
28. เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของการกำจัด COD และ Volatile acids เมื่อมีการเปลี่ยน Organic loading	92
29. แสดงการเกาะของตะกอนบนผิวของหินที่ใช้เป็นตัวกรอง	100
30. การเกาะของตะกอนของผิวของหินที่ใช้เป็นตัวกรอง	100

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่

หน้า

- | | | |
|-----|--|-----|
| 31. | ลักษณะของ Bacillus ที่พบในเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิก | 102 |
| 32. | ลักษณะของ Coccus, Cocco-bacillus ที่พบในเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิก | 102 |
| 33. | ลักษณะของ Coccus, Cocco-bacillus และ Spirillum ที่พบในเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิก | 102 |
| 34. | แสดงอิทธิพลของเกลือทะเล (Sea Salt) ต่อการทำงานของเครื่องกรองแบบแอนแอโรบิก | 105 |