บทที่ 4

วัสดุและวิธีการ

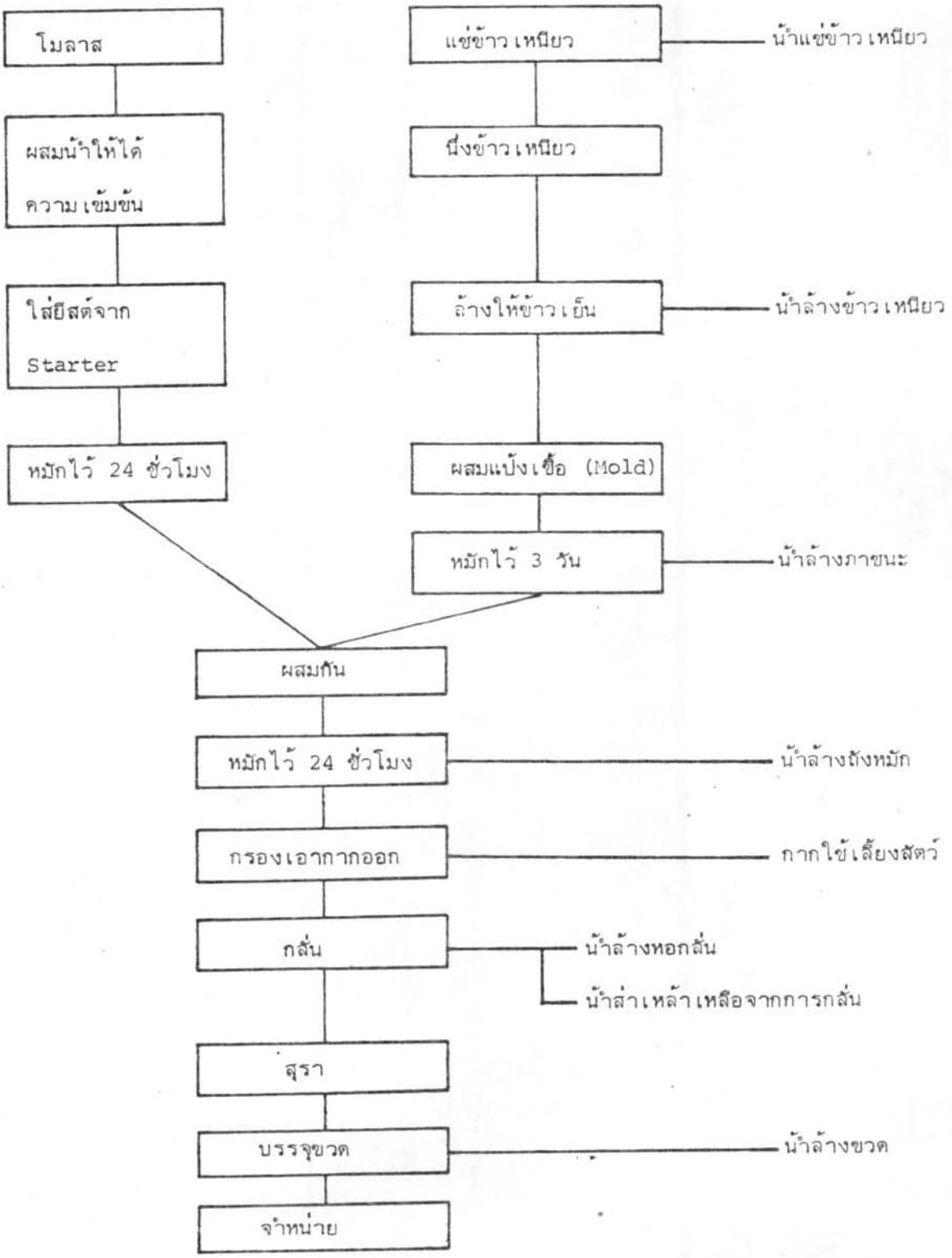
4.1 น้ำทิ้งที่นำมาทดลอง

น้ำทิ้งที่มีสารอินทรีย์สูงมากที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นน้ำส่าร้อน (Stillage) ซึ่งทิ้งจากหอกลั่นสุรา (Fractionating Tower) ของโรงงานสุราบางยี่ขัน เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร น้ำส่านี้มีค่า $B.O.D._5$ เฉลี่ยประมาณ 33,950 ก./ม.^{3} และ C.O.D. เฉลี่ยประมาณ 85,070 ก./ม.^{3} คุณสมบัติของน้ำทิ้งแสดงไว้ในตารางที่ 4.2 คุณสมบัติของน้ำทิ้งนี้ขึ้นอยู่กับขบวนการผลิตและวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต

4.1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสุรา มี 2 ชนิด คือ สุราที่ผลิตจากเมล็ดพืช (Grain Distilleries) ได้แก่สุราประเภทสก๊อชวิสกี้ (Scotch Whiskey) สุราเหล่านี้ทำจากเมล็ดพืช เช่น ข้าวบาเลย์, ข้าวโพด, ข้าวเจ้า เป็นต้น และสุราที่ผลิตจากกากน้ำตาล (Molasses Distilleries) ได้แก่โรงงานสุราที่ผลิตเหล้ารัม โรงงานเกือบทุกแห่งในประเทศไทยรวมทั้งโรงงานสุราบางยี่ขันก็ใช้กากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบในการผลิต

4.1.2 กรรมวิธีผลิตสุราและจุดปล่อยน้ำทิ้ง โรงงานสุราบางยี่ขันมีกรรมวิธีการผลิตสุราตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 4.1 กรรมวิธีการผลิตแบ่งออกได้เป็น 5 ขั้น ในแต่ละขั้นตอนมีการทิ้งน้ำตามรูปที่ 4.1 ดังนี้

ก. การทำส่าขาว โดยการนำข้าวเหนียวมาแช่น้ำให้อ่อนตัวแล้วนึ่งให้สุก นำข้าวที่สุกมาลาดน้ำให้เย็น เทลงผสมกับแป้งเชื้อ (Mold) คลุกเคล้าให้ข้าวกับแป้งเชื้อสัมผัสกันมากที่สุดนำไปหมักไว้เป็นเวลา 3 วัน น้ำทิ้งที่ทิ้งออกจากขบวนการผลิตส่วนนี้ได้แก่ น้ำแช่ข้าวเหนียว, น้ำล้างข้าวเหนียวและน้ำล้างภาชนะหมัก



รูปที่ 4.1 แผนผังแสดงกรรมวิธีผลิตสุราและจุดปล่อยน้ำทิ้งของโรงงานผลิตสุรา

ข. <u>การเตรียมกากน้ำตาล</u> โดยการนำกากน้ำตาลผสมกับน้ำสะอาดให้มีความเข้มข้นเหมาะสมแล้วผสมเชื้อ (Yeast) ลงไปหมักทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง การผลิตส่วนนี้ไม่มีน้ำทิ้ง

ค. <u>การหมักส่าขาวกับกากน้ำตาล</u> น้ำส่าขาวกับกากน้ำตาลที่หมักไว้นำมาผสมกันแล้วหมักต่อไปอีก 24 ชั่วโมง น้ำทิ้งที่ทิ้งจากขบวนการผลิตส่วนนี้ ได้แก่ น้ำล้างถังหมัก

ง. <u>การกลั่นสุรา</u> นำน้ำส่าเหล้าที่หมักไว้ในข้อ ค. มากรองเอากากออกบางส่วน นำส่วนที่ผ่านตะแกรงกรองมากลั่นที่หอกลั่นแยกส่วน (Fractionating Tower) ส่วนที่กลั่นได้คือสุราที่มีลักษณะใสเหมือนน้ำ (สุราลักษณะอื่นต้องนำไปปรุงอีกครั้งหนึ่ง) น้ำทิ้งที่ทิ้งจากขบวนการผลิตในส่วนนี้ได้แก่ น้ำล้างหอกลั่นและน้ำส่าร้อนที่เหลือจากการกลั่นซึ่งเป็นน้ำทิ้งที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้

จ. <u>การบรรจุขวด</u> สุราที่กลั่นได้ก็นำไปบรรจุขวดเพื่อจำหน่ายต่อไป น้ำทิ้งที่เกิดขึ้นในส่วนนี้เป็นน้ำล้างขวด

4.1.3 <u>คุณสมบัติของน้ำทิ้งจากหอกลั่นโรงงานสุรา</u> น้ำทิ้งที่เก็บจากหอกลั่นโรงงานสุรานำมาวิเคราะห์หาคุณสมบัติต่าง ๆ ที่มีผลต่อการใช้เครื่องกรองแอนแอโรบิคกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำทิ้ง คือ อุณหภูมิ, พีเอช, สภาพความเป็นด่างและกรดโวลาไทล์, ปริมาณของแข็ง, ปริมาณสารอินทรีย์, ปริมาณสารอาหารที่จำเป็นและสารพิษ ดังตารางที่ 4.1

ก. <u>อุณหภูมิ</u> น้ำทิ้งมีอุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส ขณะที่เก็บจากหอกลั่นแต่การทดลองครั้งนี้ได้ปล่อยให้น้ำทิ้งดังกล่าวเย็นลงเท่าอุณหภูมิห้อง

ข. <u>พีเอช</u> น้ำทิ้งมีพีเอชอยู่ระหว่าง 4.2 ถึง 5.0 และมีค่าเฉลี่ย 4.6 ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำการปรับพีเอชให้ได้ 7 จะต้องใช้ $NaHCO_3$ ประมาณ 20 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของน้ำทิ้ง

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติของน้ำทิ้งจากหอกลั่นโรงงานสุราบางยี่ขัน

คุณสมบัติที่ทำการวิเคราะห์	หน่วย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย
Temperature	องศาเซลเซียส	100	100	100
pH	-	4.2	5.0	4.6
Alkalinity	ก./ลบ.ม.คิดในรูปของ $CaCO_3$	4,180	6,750	4,720
Volatile Acids	ก./ลบ.ม.คิดในรูปของ CH_3COOH	9,680	11,400	10,380
TS	ก./ลบ.ม.	79,330	91,250	84,100
TVS	"	56,170	66,770	61,430
SS	"	3,120	5,540	4,190
VSS	"	2,740	4,880	3,715
C.O.D.	"	77,430	110,000	85,070
$B.O.D._5$	"	30,960	40,000	33,950
Total-N	"	420	1,245	875
NH_3-N	"	85	156	114
Organic-N	"	335	1,146	740
P	"	112	155	138
Ca	"	2,445	2,886	2,645
Mg	"	888	1,144	988
K	"	8,600	12,000	10,800
Na	"	120	750	314
$SO_4^=$	"	2,160	4,500	2,915

ค. <u>สภาพความเป็นด่างและกรดโวลาไทล์</u> เนื่องจากน้ำทิ้งผ่านระบบการหมักมาก่อน เมื่อนำน้ำทิ้งมาวิเคราะห์ พบว่า มีสภาพความเป็นด่างเฉลี่ย 4,720 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อคิดในรูปของ $CaCO_3$ และมีกรดโวลาไทล์เฉลี่ย 10,380 กรัมต่อลูกบาศก์เมตรเมื่อคิดในรูปของ CH_3COOH

ง. <u>ปริมาณของแข็ง</u> (Solids) น้ำทิ้งมีของแข็งทั้งหมด (TS) เฉลี่ย 84,100 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีของแข็งระเหยทั้งหมด (TVS) เฉลี่ย 61,430 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) เฉลี่ย 4,190 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีของแข็งแขวนลอยระเหย (VSS) เฉลี่ย 3,715 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะเห็นว่าน้ำทิ้งมีของแข็งส่วนใหญ่เป็นของแข็งละลายน้ำ คือเฉลี่ย 79,900 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร

จ. <u>ปริมาณสารอินทรีย์</u> น้ำทิ้งมี C.O.D. เฉลี่ย 85,070 กรัมต่อลูกบาศก์เมตรและมีค่า $B.O.D._5$ เฉลี่ย 33,950 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะเห็นได้ว่าน้ำทิ้งมีปริมาณสารอินทรีย์สูงมากอาจกล่าวได้ว่าเป็นน้ำทิ้งที่มีสารอินทรีย์สูงมากชนิดหนึ่งในบรรดาน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมด้วยกัน น้ำทิ้งมีค่า $B.O.D._5$ เป็นร้อยละ 40 ของค่า C.O.D.

ฉ. <u>ปริมาณสารอาหารที่จำเป็น</u> (Nutrient) สารอาหารที่จำเป็นที่สำคัญคือ ไนโตรเจน (N) และฟอสฟอรัส (P) น้ำทิ้งมี Total-Nitrogen เฉลี่ย 875 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร ประกอบด้วย NH_3-Nitrogen เฉลี่ย 114 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ Organic-Nitrogen เฉลี่ย 740 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนฟอสฟอรัส (Total-P) มีเฉลี่ย 138 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อเปรียบเทียบระหว่างปริมาณสารอินทรีย์กับปริมาณสารอาหารที่จำเป็นจะได้ C.O.D.:N:P เท่ากับ 100:1.03:0.16 หรือ $B.O.D._5$: N:P เท่ากับ 100:2.54:0.41 จะเห็นได้ว่า น้ำทิ้งมีปริมาณสารอาหารที่จำเป็นเพียงพอต่อการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งแบบไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ แต่ไม่เพียงพอต่อการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งแบบใช้ออกซิเจนอิสระ

ช. ปริมาณสารพิษ (Toxic Material) น้ำทิ้งมีปริมาณสารที่เป็นอันตรายต่อจุลชีพชนิดไม่ใช้ออกซิเจนอิสระที่สำคัญคือ แคลเซี่ยม (Ca) มีปริมาณเฉลี่ย 2,645 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร, แมกนีเซี่ยม (Mg) มีปริมาณเฉลี่ย 988 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร, โปตัสเซี่ยม (K) มีปริมาณเฉลี่ย 10,800 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร, โซเดี่ยม (Na) มีปริมาณเฉลี่ย 314 กรัมต่อลูกบาศก์เมตรและซัลเฟต ($SO_4^=$) มีปริมาณเฉลี่ย 2,915 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะเห็นได้ว่า ปริมาณสารพิษแต่ละชนิดอยู่ในขั้นยับยั้งหรือเป็นพิษอย่างมากต่อจุลชีพชนิดไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ ถ้าไม่คิด Antagonism หรือ Synergism ดังนั้นการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งอาจต้องเจือจางน้ำทิ้ง

4.2 สารเคมีที่ใช้ในการควบคุมระบบเครื่องกรองแอนแอโรบิค

สารเคมีที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องกรองแอนแอโรบิค คือ โซเดี่ยมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) ชนิด Commercial Grade ใช้ในการควบคุมพีเอชของน้ำทิ้งที่เข้าเครื่องกรองแอนแอโรบิค โดยการนำ $NaHCO_3$ ชนิดผง 20 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของน้ำทิ้งดิบที่เก็บจากโรงงานผสมกับน้ำทิ้งปริมาณพอเหมาะให้ละลายหมดแล้วจึงผสมกับน้ำทิ้งที่จะใช้ จะได้พีเอชประมาณ 7 สารเคมีนี้ใช้เฉพาะการเริ่มเลี้ยงจุลชีพ (Start Up)

4.3 แบบทดลอง

แบบทดลองเครื่องกรองแอนแอโรบิคที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย ถังเครื่องกรองแอนแอโรบิค, ถังใส่น้ำทิ้ง, ถังเก็บแกสและเครื่องสูบน้ำ ดังรูปที่ 4.3

4.3.1 ถังเครื่องกรองแอนแอโรบิค ถังเครื่องกรองแอนแอโรบิคที่ใช้ในการทดลองมี 2 ถังใช้ประกอบกันเป็นอนุกรม ถังมีลักษณะดังนี้

ก. เครื่องกรองแอนแอโรบิคถังที่ 1 มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.30 เมตร มีความสูง 4.40 เมตร มีตัวกรองเป็นหินบดขนาด 2.5 - 5.0 เซ็นติเมตร สูง 3.90 เมตร มีปริมาตรตัวกรอง 0.276 ลูกบาศก์เมตรและมีช่องว่างระหว่างตัวกรองวัดโดยใช้น้ำแทนที่ 0.113 ลูกบาศก์

เมตร มีอัตราส่วนระหว่างช่องว่างกับปริมาตรตัวกรองเท่ากับ 0.41 ที่รองรับตัวกรองทำด้วยเหล็กวิลาศเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.00 เซ็นติเมตร ห่างกัน 2.5 เซ็นติเมตรวางอยู่สูงจากก้นถัง 10 เซ็นติเมตร ทุก ๆ ระยะความสูง 0.30 เมตรของเครื่องกรองแอนแอโรบิคมีท่อเก็บตัวอย่างน้ำจากจุดศูนย์กลางของถัง เป็นเหล็กวิลาศขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.25 เซ็นติเมตร (ตารางที่ 4.2)

ข. เครื่องกรองแอนแอโรบิคถังที่ 2 มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.291 เมตร สูง 1.24 เมตร มีตัวกรองเป็นหินบดขนาด 2.5 - 3.13 เซ็นติเมตร สูง 1.20 เมตร มีปริมาตรตัวกรอง 0.08 ลูกบาศก์เมตรและมีช่องว่างระหว่างตัวกรองวัดโดยใช้น้ำแทนที่ 0.033 ลูกบาศก์เมตร มีอัตราส่วนระหว่างช่องว่างกับปริมาตรตัวกรองเท่ากับ 0.412 ที่รองรับตัวกรองทำด้วยเหล็กวิลาศเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.00 เซ็นติเมตร ห่างกัน 2.5 เซ็นติเมตร อยู่สูงจากก้นถัง 4 เซ็นติเมตร (ตารางที่ 4.2)

4.3.2 <u>ถังใส่น้ำทิ้ง</u> เป็นถัง PVC มีขนาด 0.66 x 0.66 เมตร สูง 0.65 เมตร มีความจุ 0.280 ลูกบาศก์เมตร ภายในมีขีดแบ่งปริมาตรของถังทุกระยะ 0.010 ลูกบาศก์เมตร

4.3.3 <u>ถังเก็บแกส</u> ทำด้วยถังน้ำมัน 0.20 ลูกบาศก์เมตร มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.58 เมตร สูง 0.88 เมตร มีปริมาตร 0.210 ลูกบาศก์เมตร มีท่อสำหรับอ่านระดับน้ำภายในถังแบ่งตามปริมาตรทุก ๆ 0.005 ลูกบาศก์เมตร

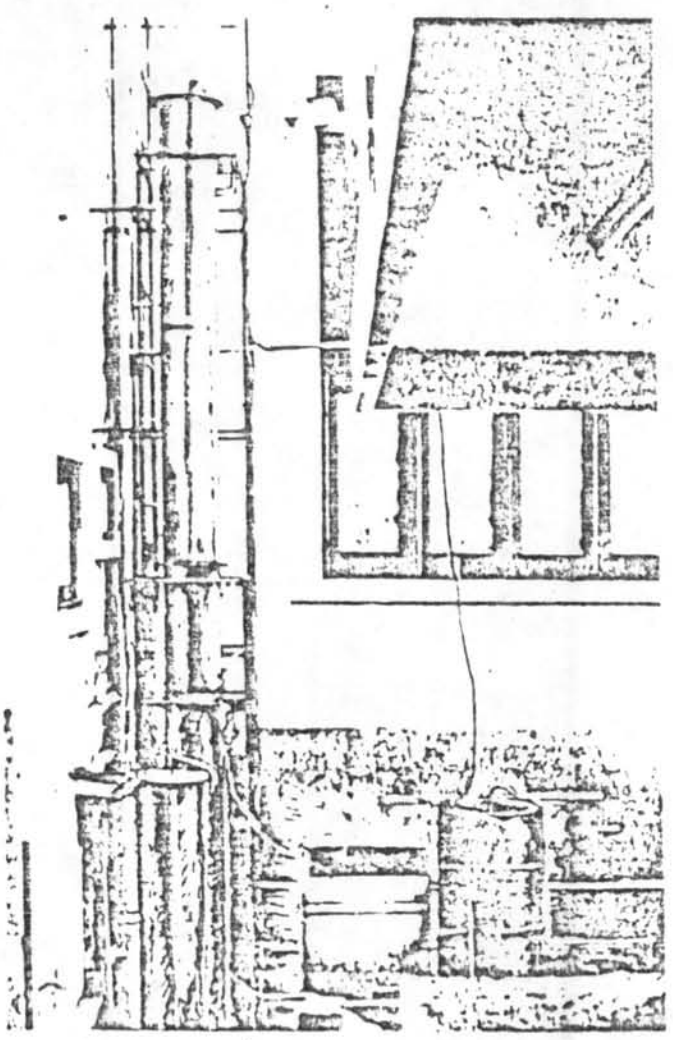
4.3.4 <u>เครื่องสูบน้ำ</u> เครื่องสูบน้ำทิ้งเข้าเครื่องกรองแอนแอโรบิคเป็น Diaphragm Pump แบบ C-660 ของบริษัท Blue-White Industries

4.4 <u>องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการทำงานของเครื่องกรองแอนแอโรบิค</u>

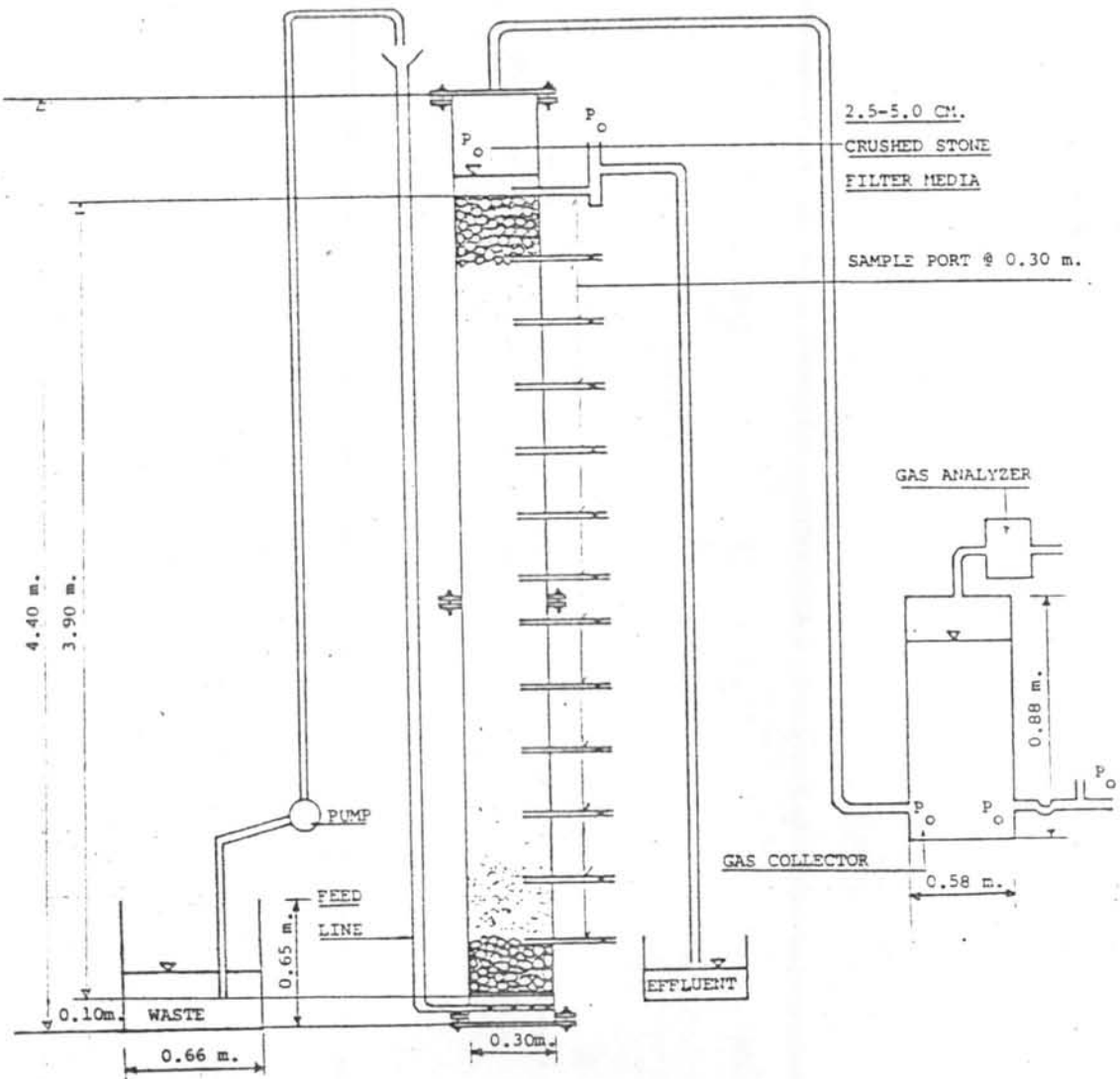
องค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการทำงานของเครื่องกรองแอนแอโรบิค ได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 4.3 เนื่องจากองค์ประกอบเหล่านี้มีมาก ดังนั้น ในการทดลองจึงให้ตัวแปรบางตัวคงที่

ตารางที่ 4.2 ลักษณะของเครื่องกรองแอนแอโรบิค

	ถังที่ 1	ถังที่ 2
เส้นผ่าศูนย์กลาง	0.30 ม.	0.291 ม.
ความสูง	4.40 ม.	1.24 ม.
ความสูงตัวกรอง	3.90 ม.	1.20 ม.
ตัวกรองเป็นหินบดขนาด	2.5 - 5.0 ซม.	2.5 - 3.13 ซม.
ปริมาตรตัวกรอง	0.276 ลบ.ม.	0.08 ลบ.ม.
ปริมาตรช่องว่างระหว่างตัวกรอง	0.113 ลบ.ม.	0.033 ลบ.ม.
อัตราส่วนระหว่างช่องว่างกับปริมาตรตัวกรอง	0.41	0.412
ที่รองรับตัวกรองมีรูขนาด	1.00 ห่าง 2.50 ซม.	1.00 ห่าง 2.50 ซม.
ระดับจากก้นถัง	10 ซม.	4 ซม.
ท่อเก็บตัวอย่างน้ำจากกลางถังขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง	1.25 ซม.	-



รูปที่ 4.2 ลักษณะเครื่องกรองแอนแอโรบิค (Anaerobic filter) ที่ใช้ในการวิจัยถังที่ 1 และถังที่ 2 ต่อกันอย่างอนุกรม (Series)



รูปที่ 4.3 แผนภาพการทดลองของเครื่องกรองแอนแอโรบิค

ตารางที่ 4.3 ตัวแปรต่าง ๆ ในการทดลอง

1. ตัวแปรอิสระ

1.1	ขนาดตัวกรอง (Filter Media) 2.5 - 5.0 ซม.	คงที่
1.2	ระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง (HRT)	เปลี่ยนแปลง
1.3	อัตราการรับสารอินทรีย์ (Organic Loading)	เปลี่ยนแปลง
1.4	ความเร็วของน้ำในช่องว่างระหว่างตัวกรอง	เปลี่ยนแปลง
1.5	ความสูงชั้นตัวกรองของเครื่องกรองแอนแอโรบิค	เปลี่ยนแปลง
1.6	ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งวัดเป็น C.O.D.	เปลี่ยนแปลง
1.7	อุณหภูมิ	อุณหภูมิบรรยากาศ
1.8	สารอาหารต่าง ๆ (Nutrients)	ขึ้นอยู่กับขบวนการผลิต
1.9	สารพิษต่าง ๆ (Toxic Material)	ขึ้นอยู่กับขบวนการผลิต

2. ตัวแปรตาม

2.1 ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งที่ออกจากเครื่องกรองแอนแอโรบิค

2.2 ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์

2.3 ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งที่ถูกกำจัด

2.4 ปริมาณแกสทั้งหมดที่เกิดขึ้น

2.5 ตะกอนแขวนลอยในระบบกำจัด

2.6 ตะกอนแขวนลอยที่ออกจากระบบกำจัด

2.7 สภาพความเป็นด่าง, กรดโวลาไทล์และพีเอช (pH)

2.8 จุลชีพที่เกาะติดอยู่กับตัวกรอง

4.4.1 ขนาดตัวกรอง การทดลองที่ผ่านมามีการใช้ตัวกรองขนาดต่าง ๆ ตั้งแต่ 0.5 ถึง 5 เซ็นติเมตร แต่ส่วนใหญ่ใช้ตัวกรองเป็นหินบดขนาด 2.5 ถึง 5 เซ็นติเมตร ในการทดลองครั้งนี้เลือกใช้ขนาดของตัวกรองคงที่ขนาด 2.5ถึง 5 เซ็นติเมตร

4.4.2 ระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง การทดลองที่ผ่านมาใช้ระยะเวลาการเก็บกักน้ำทิ้งตั้งแต่ 4.5 ถึง 83 ชั่วโมง ในการทดลองครั้งนี้เลือกใช้ระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้งเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 24 ถึง 47 ชั่วโมง

4.4.3 อัตราการรับสารอินทรีย์ การทดลองที่ผ่านมาใช้อัตราการรับสารอินทรีย์ตั้งแต่ 0.22 ถึง 14.7 กก. C.O.D. ต่อ ลบ.ม. ต่อวัน ในการทดลองครั้งนี้เลือกใช้อัตราการรับสารอินทรีย์ตั้งแต่ 2.91 ถึง 12.80 กก. C.O.D. ต่อ ลบ.ม. ต่อวัน

4.4.4 ความเร็วของน้ำในช่องว่างระหว่างตัวกรอง การทดลองที่ผ่านมาใช้ความเร็วของน้ำในช่องว่างระหว่างตัวกรองตั้งแต่ 0.6 ถึง 9.6 เมตรต่อวัน ในการทดลองครั้งนี้เลือกใช้ความเร็วของน้ำในช่องว่างระหว่างตัวกรองตั้งแต่ 1.277 ถึง 3.80 เมตรต่อวัน

4.4.5 ความสูงชั้นตัวกรอง การทดลองที่ผ่านมาใช้ความลึกชั้นตัวกรองตั้งแต่ 0.90 ถึง 6.00 เมตร (K. Suwanarat et.al., 1978 และ Taylor., 1971) ในการทดลองครั้งนี้เลือกใช้ความสูงชั้นตัวกรองตั้งแต่ 1.80 ถึง 3.90 เมตร

4.4.6 ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำทิ้ง การทดลองที่ผ่านมาใช้ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งวัดเป็น C.O.D. ตั้งแต่ 546 ถึง 16,000 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Plummer et.al., 1969 และ Jennett et.al., 1975) ในการทดลองครั้งนี้ใช้ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งวัดเป็น C.O.D. ตั้งแต่ 10,000 ถึง 44,000 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร

4.4.7 อุณหภูมิ การทดลองที่ผ่านมาถ้าการทดลองทำในประเทศในเขตหนาวมีการปรับอุณหภูมิแต่สำหรับการทดลองในประเทศไทยใช้อุณหภูมิบรรยากาศ การทดลองครั้งนี้จึงใช้อุณหภูมิบรรยากาศ

4.4.8 สารอาหารต่าง ๆ จากการทดลองพบว่า น้ำทิ้งมี C.O.D.:N:P เท่ากับ 100:1.03:0.16 ซึ่งเพียงพอต่อการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งแบบไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ จึงไม่มีการควบคุม

4.4.9 สารพิษต่าง ๆ จากการทดลองพบว่า น้ำทิ้งมีสารพิษแต่ละชนิดอยู่ในขั้นยับยั้งหรือเป็นพิษอย่างมากต่อจุลชีพชนิดไม่ใช้ออกซิเจนอิสระควบคุมโดยการเจือจางน้ำทิ้ง

4.5 แผนการทดลอง

การทดลองเครื่องกรองแอนแอโรบิคแบ่งออกเป็น 3 ตอนตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.4 คือ

4.5.1 แปรความเข้มข้นของน้ำทิ้งที่เข้าเครื่องกรองแอนแอโรบิค ใช้เครื่องกรองแอนแอโรบิคมีความสูงตัวกรอง 1.80 เมตร กำจัดสารอินทรีย์ในน้ำทิ้ง ใช้ระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง 33.75 ชั่วโมงคงที่ แล้วเพิ่มความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งที่เข้าระบบกำจัดวัดเป็น C.O.D. จาก 10,000 เป็น 18,000, 22,000, 23,000, และ 44,000 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทำให้ตัวแปรอิสระเปลี่ยนแปรและคงที่ ตามตารางที่ 4.4 ลำดับที่ 1 ถึง 5

4.5.2 แปรความสูงของตัวกรอง ใช้ความเข้มข้นของน้ำทิ้งเข้าระบบกำจัดวัดเป็น C.O.D. เท่ากับ 20,000 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร ใช้อัตราที่น้ำทิ้งไหลเข้าเครื่องกรองแอนแอโรบิค 0.0576 ลูกบาศก์เมตรต่อวันคงที่ แล้วเปลี่ยนแปรความสูงตัวกรองเป็น 3.90, 3.00 และ 2.70 เมตร ทำให้ตัวแปรอิสระเปลี่ยนแปรและคงที่ตามตารางที่ 4.4 ลำดับที่ 6-9

4.5.3 แปรระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง ใช้เครื่องกรองแอนแอโรบิคมีความสูงตัวกรอง 3.90 เมตรและใช้น้ำทิ้งมีความเข้มข้นวัดเป็น C.O.D. เท่ากับ 18,000 กรัมต่อลูกบาศก์เมตรคงที่ แล้วเปลี่ยนแปลงระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้งเป็น 47, 37.6 และ 24.6 ชั่วโมง ทำให้ตัวแปรต่าง ๆ เปลี่ยนแปรตามตารางที่ 4.4 ลำดับที่ 10-12

ตารางที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงตัวแปรของเครื่องกรองแอนแอโรบิคในการวิจัยนี้

ลำดับที่	C.O.D. (ก./ลบ.ม.)	ความสูงของเครื่องกรองแอนแอโรบิค (เมตร)	ความสูงของตัวกรอง (เมตร)	ปริมาตรตัวกรองทั้งหมด (ลบ.ม.)	ปริมาตรช่องว่างระหว่างตัวกรอง (ลบ.ม.)	อัตราน้ำทิ้งเข้าเครื่องกรองแอนแอโรบิค (ลบ.ม./วัน)	ระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง (HRT) (ชั่วโมง)	อัตราการรับสารอินทรีย์ (กก. C.O.D. /$ม^3$/วัน)	หมายเหตุ
1	10,000	2.00	1.80	0.127	0.052	0.037	33.75	2.91	
2	18,000	2.00	1.80	0.127	0.052	0.037	33.75	5.24	
3	23,000	2.00	1.80	0.127	0.052	0.037	33.75	6.70	
4	44,000	2.00	1.80	0.127	0.052	0.037	33.75	12.80	
5	22,000	2.00	1.80	0.127	0.052	0.037	33.75	6.40	
6	20,000	4.40	3.90	0.276	0.113	0.0576	47.00	4.10	
7	20,000	4.40	3.00	0.212	0.087	0.0576	36.25	5.43	
8	20,000	4.40	2.70	0.191	0.078	0.0576	32.50	6.03	
9	27,000	4.40	3.90	0.276	0.113	0.0576	47.00	5.60	
10	18,000	4.40	3.90	0.276	0.113	0.0576	47.00	3.75	
11	18,000	4.40	3.90	0.276	0.113	0.072	37.60	4.69	
12	18,000	4.40	3.90	0.276	0.113	0.110	24.60	7.17	

4.6 การเก็บตัวอย่าง

ในการทดลองการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทิ้งตามระยะเวลาและจุดต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.5

4.6.1 น้ำทิ้งจากโรงงาน น้ำทิ้งจากโรงงานเก็บแบบ Grap Sampling จากหอกลั่นโรงงานสุรา (Fractionating Tower) ของโรงงานสุราบางยี่ขัน ในการเก็บน้ำทิ้งครั้งหนึ่ง ๆ ใช้ในการทดลองได้ประมาณ 10 วัน น้ำตัวอย่างที่เก็บแต่ละครั้งมาวิเคราะห์หาคุณสมบัติต่าง ๆ คืออุณหภูมิ(Temperature), พีเอช (pH), สภาพความเป็นด่าง (Alkalinity), กรดโวลาไทล์ (Volatile Acids), ตะกอนทั้งหมด (TS), ตะกอนโวลาไทล์ทั้งหมด (TVS), ตะกอนแขวนลอยทั้งหมด (SS), ตะกอนแขวนลอยโวลาไทล์ (VSS), C.O.D., B.O.D., ไนโตรเจนทั้งหมด (Total-N), แอมโมเนียไนโตรเจน (NH_4-N), ออแกนิคไนโตรเจน (Organic-N), ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total-P) แคลเซี่ยม (Ca), แมกนีเซี่ยม (Mg), โปรตัสเซี่ยม (K), โซเดี่ยม (Na), และซัลเฟต ($SO_4^{=}$)

4.6.2 น้ำที่ผ่านเครื่องกรองแอนแอโรบิค เก็บจากจุดเก็บ (Sampling Point) โดยเริ่มเก็บจากจุดสูงสุดก่อน และก่อนที่จะเก็บน้ำตัวอย่างแต่ละจุดต้องปล่อยให้น้ำในเครื่องกรองแอนแอโรบิคไหลทิ้งไปก่อนประมาณ 50 ลบ.ซม. แล้วจึงเก็บตัวอย่างน้ำในเครื่องกรองแอนแอโรบิคประมาณ 150 ลบ.ซม. เมื่อเก็บตัวอย่างน้ำแล้วนำมาวิเคราะห์ให้แล้วเสร็จภายในวันนั้น ตามตารางที่ 4.5 ดังนี้

ค่าพีเอช (pH), สภาพความเป็นด่าง (Alkalinity), กรดโวลาไทล์ (Volatile Acids), C.O.D., ตะกอนแขวนลอย (SS) และตะกอนแขวนลอยโวลาไทล์ (VSS) ของทุกจุดวันเว้นวัน

จุดน้ำทิ้งเข้าเครื่องกรองแอนแอโรบิคและจุดน้ำทิ้งออกจากเครื่องกรองแอนแอโรบิคนอกจากวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ตามวรรคก่อนแล้วยังวิเคราะห์หาค่าไนโตรเจนทั้งหมด (Total-N), แอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N), ออร์แกนิคไนโตรเจน (Organic-N) และฟอสฟอรัส (Total-P) วันเว้นวัน

ตารางที่ 4.5 แผนการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์

คุณสมบัติน้ำทิ้งที่ทำการวิเคราะห์	น้ำทิ้งเก็บจากโรงงานวิเคราะห์ทุกครั้งประมาณ 10 วันต่อครั้ง	จุดเก็บน้ำทิ้งจากเครื่องกรองแอนแอโรบิคเก็บมาวิเคราะห์ 2 วันต่อครั้ง	น้ำทิ้งที่เข้าและออกจากเครื่องกรองแอนแอโรบิคเก็บมาวิเคราะห์ 2 วันต่อครั้ง
Temperature	/		
pH	/	/	/
Alkalinity	/	/	/
Volatile Acids	/	/	/
TS	/		
TVS	/		
SS	/	/	/
VSS	/	/	/
C.O.D.	/	/	/
$B.O.D._5$	/	/	/
Total-N	/		/
NH_4-N	/		/
Organic-N	/		/
P	/		/
Ca	/		
Mg	/		
K	/		
Na	/		
$SO_4^=$	/		

ปริมาตรแกสทั้งหมดร้อยละของแกสคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาตรแกสมีเทน หา 2 วันต่อครั้ง

ปริมาตรแกสทั้งหมด, ร้อยละของแกสคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาตรแกสมีเทน ที่เกิดจากการทดลองหาวันเว้นวัน

4.7 วิธีวิเคราะห์น้ำทิ้ง

การวิเคราะห์น้ำทิ้งส่วนใหญ่วิเคราะห์ตาม Standard Method ยกเว้นพีเอช วิเคราะห์โดยการวัดด้วย pH-meter, สภาพความเป็นกรดเป็นด่างและกรดโวลาไทล์ (Alkalinity และ Volatile Acids) วิเคราะห์โดยวิธี Direct Titration และ Alberson (1961)

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ใช้ชนิด Lab. Grade หรือ A.R. Grade เกือบทั้งหมด ยกเว้นโปรตัสเซี่ยมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) ใช้ชนิด Primary Standard Grade นำมาเตรียม Reagent ตาม Standard Method

4.8 การเริ่มเลี้ยงจุลชีพ (Filter Start Up)

การเริ่มเลี้ยงจุลชีพใช้ส่วนที่ใสของน้ำที่ออกจาก Bio-Gas และใช้น้ำทิ้งจากหอกลั่น จากโรงงานสุราบางยี่ขันผสมให้มี C.O/D. 10,000 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร ปรับพีเอชด้วย $NaHCO_3$ จนมีพีเอชประมาณ 7

การเริ่มเลี้ยงจุลชีพสำหรับเครื่องกรองแอนแอโรบิค ต้องใช้เวลานานเนื่องจากจุลชีพชนิดไม่ใช้ออกซิเจนอิสระเจริญเติบโตช้า Young และ McCarty (1969) แนะนำว่า ควรใช้ตะกอนจุลชีพที่แข็งแรง (Active Sludge) เพื่อลดระยะเวลาการเริ่มเลี้ยงจุลชีพ ในการทดลองครั้งนี้ จึงใช้ตะกอนจุลชีพที่แข็งแรงจากน้ำที่ออกจากถังหมัก (Effluent from

Digestor Tank) ของการทดลอง Bio-Gas ในห้องทดลองของแผนกวิศวกรรมสุขาภิบาล นำมาให้ตกตะกอนประมาณครึ่งชั่วโมง แล้วใช้ส่วนที่ใส (Supernatant) ซึ่งมีตะกอนแขวนลอย (SS) ประมาณ 2,000 กรัมต่อลูกบาศก์เมตรใส่ในเครื่องกรองแอนแอโรบิคถังที่ 1 ซึ่งใช้ตัวกรองสูง 1.80 เมตรจนเต็ม แล้วต่อเครื่องมือให้เรียบร้อยโดยเฉพาะท่อเก็บแกสต่อเข้ากับถังเก็บแกสเพื่อจะได้ตรวจสอบว่ามีแกสเกิดขึ้นหรือไม่ ตั้งเครื่องมือทิ้งไว้ ต่อมา 3 วัน มีแกสเกิดขึ้นประมาณวันละ 0.006 ลูกบาศก์เมตร ตรวจสอบไม่พบแกสมีเทน ตั้งเครื่องมือต่อไปอีกประมาณ 7 วัน มีแกสเกิดขึ้นวันละ 0.015 ลูกบาศก์เมตร ตรวจพบแกสมีเทน

เริ่มเลี้ยงจุลชีพโดยใช้น้ำทิ้งจากหอกลั่นโรงงานสุราเจือจางด้วยน้ำประปาประมาณ 9 เท่า มี C.O.D. ประมาณ 10,000 กรัมต่อลูกบาศก์เมตรและปรับพีเอช(pH) ด้วยโซเดี่ยมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) 2,000 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร น้ำทิ้งที่เจือจางมีพีเอช (pH) ประมาณ 7 ใส่ลงในเครื่องกรองแอนแอโรบิคด้วยอัตราการไหล 0.037 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ใน 7 วันแรกของการใส่น้ำเสีย แกสที่เกิดขึ้นลดลง กรดโวลาไทล์และ C.O.D. ไม่ลดลง บางครั้งเพิ่มขึ้น แต่เมื่อใส่น้ำทิ้งต่อไปแกสจะเกิดมากขึ้น กรดโวลาไทล์และ C.O.D. จะลดลงช้า ๆ จนการทดลองผ่านไป 40 วัน ปริมาณแกส, กรดโวลาไทล์และ C.O.D. ที่ออกจากเครื่องกรองแอนแอโรบิคเริ่มคงที่ คือมีแกสเกิดขึ้นวันละประมาณ 0.065 ลูกบาศก์เมตร เป็นแกสมีเทนร้อยละ 70 และ C.O.D. ลดลง ประมาณร้อยละ 50 ทำการทดลองต่อไปอีก 15 วัน ประสิทธิภาพของเครื่องกรองแอนแอโรบิคไม่ดีขึ้นและพบว่า น้ำที่ออกจากเครื่องกรองแอนแอโรบิคมีพีเอชสูงถึง 8.3

สำหรับเครื่องกรองแอนแอโรบิคถังที่ 2 ทำการเริ่มเลี้ยงจุลชีพให้มีปริมาณมากพอนำมาต่ออนุกรม (Series) กับเครื่องกรองแอนแอโรบิคถังแรก โดยให้เครื่องกรองแอนแอโรบิคถังที่ 2 มีระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้งคงที่ 27.33 ชั่วโมงตลอดเวลาที่ต่ออนุกรมกัน