

# รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

เรื่อง

## ระบบบำบัดน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรม ( Industrial Waste Treatment )

จัดทำโดย

1. นางสาวณัฐธิดา อัครงค์พรสวัสดิ์
2. นางสาวลักขณา วิบูลพรชัย

ปฏิบัติงาน ณ

บริษัท เชนเนอรัล ฟู้ด โปรดักส์ จำกัด  
สถานที่ตั้ง 89 หมู่ 3 ถ.สีคิ้ว – ชัยภูมิ ต.วังโรงใหญ่  
อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา

## กิตติกรรมประกาศ

การที่คณะผู้จัดทำได้มาปฏิบัติงานสหกิจศึกษาที่ บริษัทเอนเนอร์ล ฟู้ด โปรดักส์ จำกัด ตั้งแต่วันที่ 12 มกราคม 2542 ถึงวันที่ 30 เมษายน 2542 ส่งผลให้ได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆ มากมาย ทางคณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณทางบริษัทฯ ที่เห็นถึงความสำคัญของระบบการศึกษาแบบสหกิจศึกษา และได้ให้โอกาสที่มีคุณค่านี้ สำหรับรายงานวิชาการสหกิจศึกษาฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีจากความร่วมมือและสนับสนุนจากหลายฝ่ายดังนี้

1. คุณภาณุพงศ์ กิตติวงษ์วิวัฒน์ ผู้จัดการโรงงานบริษัทเอนเนอร์ลฟู้ด โปรดักส์ จำกัด ที่เชื้อเพื่อข้อมูลต่างๆ ในการจัดทำรายงาน

2. คุณศราพร ว่องสาทรกิจ หัวหน้าฝ่าย Q.C. และ R&D ซึ่งเป็น Co – op Supervisor ที่คอยให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำ และตรวจแก้รายงานฉบับนี้

3. อาจารย์สนั่น ตั้งสถิตย์ อาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่คอยให้คำปรึกษาและเชื้อเพื่อข้อมูลต่างๆ

4. คุณบุญทริกา มีมา เจ้าหน้าที่ฝ่ายวิเคราะห์คุณภาพน้ำ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่เชื้อเพื่อข้อมูลต่างๆ ให้คำแนะนำ และช่วยเหลือในระหว่างทำการทดลองด้านการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

5. ผู้อำนวยการศูนย์เครื่องมือ ที่ให้ความอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ทางคณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบุคคลที่ได้กล่าวมาข้างต้น และที่ไม่ได้กล่าวถึง ณ ที่นี้ทุกท่านที่มีส่วนสนับสนุนให้รายงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

24 เมษายน 2542

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

## คำนำ

รายงานฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุง และเลือกใช้ระบบบำบัดน้ำเสียให้เหมาะสมกับสภาพของโรงงาน โดยได้ทำการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสียในโรงงานต่างๆ และวิเคราะห์หาคุณลักษณะทางเคมีของน้ำเสียในบ่อบำบัดแต่ละบ่อ

ทางคณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อโรงงานไม่มากก็น้อยในการนำไปเป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียต่อไป หากมีข้อผิดพลาดประการใดทางคณะผู้จัดทำต้องขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

24 เมษายน 2542

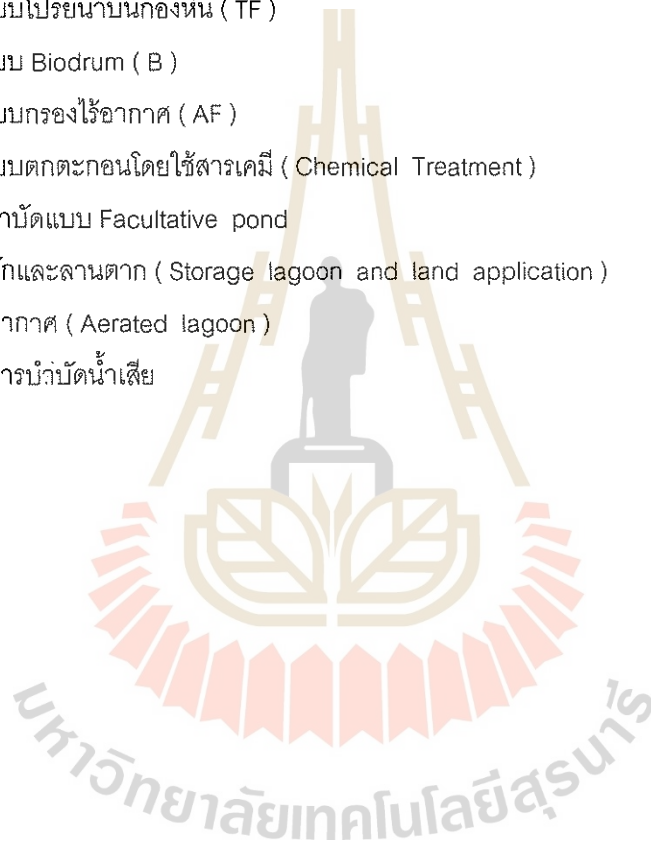


## สารบัญเรื่อง

	<u>หน้า</u>
ประวัติความเป็นมาของบริษัท	1
โครงสร้างการจัดแบ่งหน่วยงานของบริษัท	2
แผนการปฏิบัติงาน	3
รายละเอียดผลการปฏิบัติงาน	5
ระบบบำบัดน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรม	8
- บทนำ	8
- ความหมายของน้ำเสียและน้ำทิ้ง	8
- คุณลักษณะของน้ำเสีย	9
- ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม	12
- การตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำเสีย	23
- ของแข็ง	24
- COD	27
- BOD	28
ระบบบำบัดน้ำเสียในโรงงานเยนเนอรัล ฟู้ด โปรดักส์	32
สรุปผลการปฏิบัติงานตลอดช่วงเวลาทั้งหมด	38
เอกสารอ้างอิง	39
ภาคผนวก ก	40
ภาคผนวก ข	43

## สารบัญรูปภาพ

	<u>หน้า</u>
รูปที่ 1 บ่อผกตบชวาที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย (WH)	12
รูปที่ 2 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบคลองชลประทานของน้ำโสโครก (SI)	12
รูปที่ 3 ระบบ Activated sludge process (AS)	13
รูปที่ 4 ระบบคลองวนเวียน (OD)	14
รูปที่ 5 ระบบบำบัดแบบ Rotating Biological Contactor (RBC)	14
รูปที่ 6 ระบบบำบัดแบบโปรยน้ำบนกองหิน (TF)	15
รูปที่ 7 ระบบบำบัดแบบ Biodrum (B)	15
รูปที่ 8 ระบบบำบัดแบบกรองไร้อากาศ (AF)	16
รูปที่ 9 ระบบบำบัดแบบตกตะกอนโดยใช้สารเคมี (Chemical Treatment)	16
รูปที่ 10 กระบวนการบำบัดแบบ Facultative pond	20
รูปที่ 11 ระบบบ่อเก็บกักและลานตาก (Storage lagoon and land application)	22
รูปที่ 12 ระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated lagoon)	22
รูปที่ 13 แสดงแผนผังการบำบัดน้ำเสีย	32



## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 การประมาณค่า BOD อย่างคร่าวๆ เพื่อประกอบการทำ dilution	30
ตารางที่ 2 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของบ่อบำบัด	33
ตารางที่ 3 และ 4 แสดงอัตราการไหลของน้ำเสีย	34
ตารางที่ 5 แสดงคุณลักษณะน้ำทิ้งที่ได้จากกระบวนการผลิต	35
ตารางที่ 6 แสดงคุณลักษณะน้ำทิ้งที่ได้จากระบบบำบัด	35
ตารางที่ 7 แสดงปริมาณ BOD และ COD ที่เข้าและออกในแต่ละบ่อ	35
ตารางที่ 8 แสดง Parameter และประสิทธิภาพของบ่อบำบัด 4 บ่อ	36



## ประวัติความเป็นมาของบริษัท

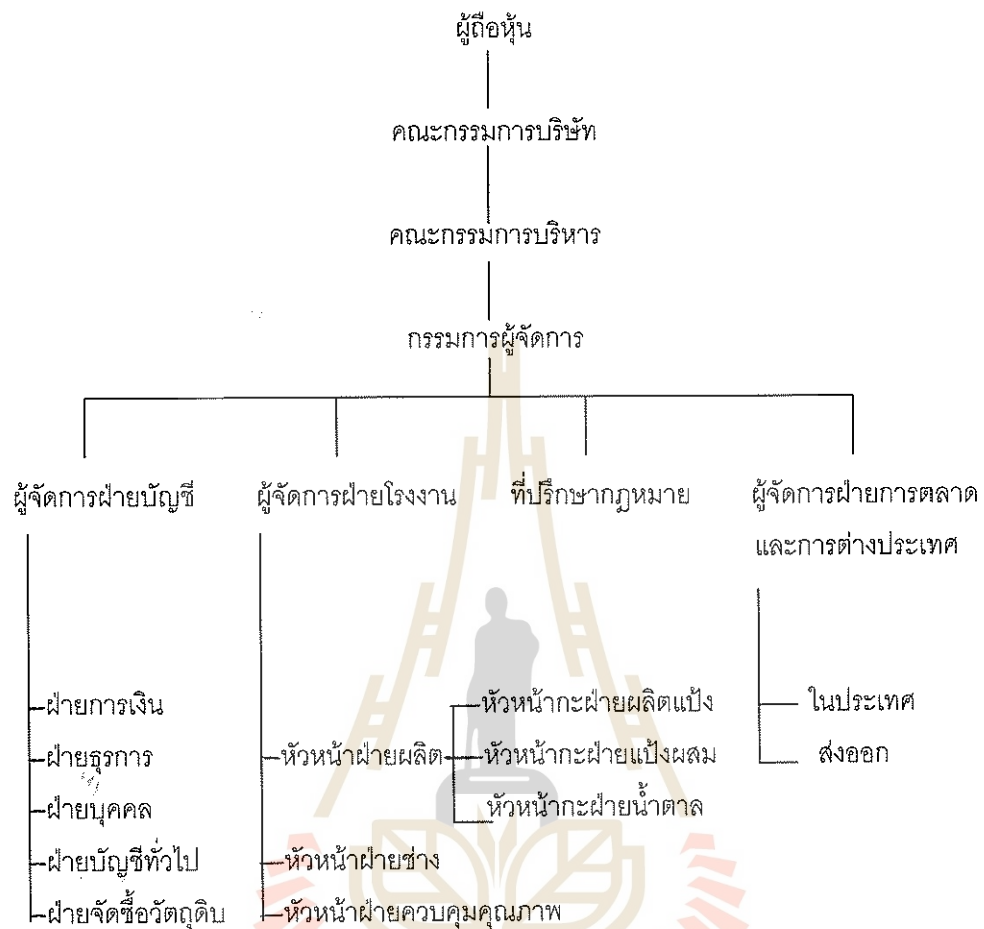
บริษัท เยนเนอรัล ฟู้ด โปรดักส์ จำกัด ได้เริ่มก่อตั้งเมื่อปีพ.ศ. 2539 และได้เปิดทำการเมื่อเดือนกันยายน พ.ศ. 2540 สถานที่ตั้งของบริษัท ตั้งอยู่ที่ 89 หมู่ 3 ถ. สีคิ้ว – ชัยภูมิ ต.วังโรงใหญ่ อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา โดยได้เปิดโรงงานแห่งแรกบนเนื้อที่ 28 ไร่ 34 ตารางวา ประกอบไปด้วยอาคารสำนักงาน 2 ชั้น และตัวโรงงานติดกัน มีการเดินเครื่องจักรตลอด 24 ชั่วโมง และมีกำลังการผลิตประมาณ 760 แร่งม้า ปัจจุบันมีจำนวนพนักงานทั้งหมด 154 คน แบ่งการทำงานออกเป็น 3 กะ คือ กะเช้า ทำงานตั้งแต่เวลา 07.00 – 16.00 น. กะบ่าย ทำงานตั้งแต่เวลา 15.00 – 24.00 น. และกะดึก ทำงานตั้งแต่เวลา 23.00 – 08.00 น. โดยสลับเปลี่ยนหมุนเวียนกันกะละ 1 สัปดาห์ และมีวันหยุดคนละ 1 วันต่อสัปดาห์ ส่วนพนักงานทั่วไปทำงานตามปกติ คือทำงานตั้งแต่เวลา 08.00 – 17.00 น. และหยุดวันอาทิตย์

ชนิดของผลิตภัณฑ์ที่บริษัทฯ ได้ทำการผลิตได้แก่

1. แป้งข้าวเหนียว
2. แป้งข้าวเจ้า
3. แป้งข้าวเหนียวผสมแป้งโมดิฟายด์
4. แป้งข้าวเหนียวผสมน้ำตาล

ทางบริษัทฯ ได้พัฒนากระบวนการผลิต โดยใช้เทคโนโลยีขั้นสูงและทันสมัย มีการขยายกำลังการผลิตให้มากขึ้น และทางบริษัทฯ มีปณิธานแน่วแน่ที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต พัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และพัฒนาพนักงานของบริษัทฯ ให้มีความสามารถในการปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

## โครงสร้างการจัดแบ่งหน่วยงานของบริษัท





### แผนการปฏิบัติงาน

วันที่	งานที่ปฏิบัติ
12 - 13 มกราคม 2542	เรียนรู้งานด้านการตรวจสอบคุณภาพของแป้งในห้องปฏิบัติการ
14 - 16 มกราคม 2542	เรียนรู้งานด้านการตรวจสอบคุณภาพของน้ำตาล, ข้าวในห้องปฏิบัติการ ศึกษากระบวนการผลิตแป้งและเครื่องจักรกลต่างๆ
17 มกราคม 2542	วันหยุด
18 - 23 มกราคม 2542	ปฏิบัติงานด้านตรวจสอบคุณภาพแป้ง, น้ำตาล, ข้าวและวัตถุดิบในห้องปฏิบัติการ
24 - 26 มกราคม 2542	ปฏิบัติงานด้านตรวจสอบคุณภาพแป้งร่วมกับเจ้าหน้าที่ญี่ปุ่น
27 - 30 มกราคม 2542	ปฏิบัติงานด้านตรวจสอบคุณภาพแป้งในห้องปฏิบัติการ
1 - 6 กุมภาพันธ์ 2542	ทำการทดลองหาอัตราการใช้ของน้ำทิ้ง
7 กุมภาพันธ์ 2542	วันหยุด
8 - 9 กุมภาพันธ์ 2542	ค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลการบำบัดน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรม
10 - 13 กุมภาพันธ์ 2542	ทำการทดลองหาอัตราการใช้ของน้ำทิ้ง
15 - 18 กุมภาพันธ์ 2542	วันหยุด
19 - 20 กุมภาพันธ์ 2542	ค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลการบำบัดน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรม
21 กุมภาพันธ์ 2542	วันหยุด
22 - 23 กุมภาพันธ์ 2542	ทำการทดลองหาอัตราการใช้ของน้ำทิ้ง
24 - 26 กุมภาพันธ์ 2542	ทำการทดลองหาอัตราการใช้ของน้ำทิ้ง
27 - 28 กุมภาพันธ์ 2542	ปฏิบัติงานด้านตรวจสอบคุณภาพแป้งร่วมกับเจ้าหน้าที่ญี่ปุ่น
1 - 2 มีนาคม 2542	ปฏิบัติงานด้านตรวจสอบคุณภาพแป้งร่วมกับเจ้าหน้าที่ญี่ปุ่น
3 มีนาคม 2542	เตรียมสารเคมีที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีของน้ำเสีย
4 มีนาคม 2542	วันหยุด
5 มีนาคม 2542	ทำการทดลองหาคุณลักษณะทางเคมีของน้ำเสียที่มหาวิทยาลัย
6 - 8 มีนาคม 2542	ค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลการบำบัดน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรม
9 มีนาคม 2542	รายงานผลการทดลอง
10 - 11 มีนาคม 2542	ทำการทดลองหา BOD ต่อ
12 - 13 มีนาคม 2542	วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้
14 - 20 มีนาคม 2542	ปฏิบัติงานด้านตรวจสอบคุณภาพแป้ง, น้ำตาล, ข้าวและวัตถุดิบในห้องปฏิบัติการ
21 มีนาคม 2542	วันหยุด
22 - 27 มีนาคม 2542	ศึกษาข้อมูลและจัดทำรายงาน
28 มีนาคม 2542	วันหยุด
29 - 31 มีนาคม 2542	ศึกษาข้อมูลและจัดทำรายงาน

วันที่	งานที่ปฏิบัติ
1 – 3 เมษายน 2542	ศึกษาข้อมูลและจัดทำรายงาน
4 เมษายน 2542	วันหยุด
5 – 7 เมษายน 2542	รวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมที่มหาวิทยาลัย
8 – 10 เมษายน 2542	ปฏิบัติงานด้านตรวจสอบคุณภาพแบ่งร่วมกับเจ้าหน้าที่ญี่ปุ่น
11 – 15 เมษายน 2542	วันหยุด
16 – 17 เมษายน 2542	รวบรวมรายละเอียดผลการปฏิบัติงาน
18 เมษายน 2542	วันหยุด
19 เมษายน 2542	ส่งรายงานครั้งที่ 1
20 – 22 เมษายน 2542	ปฏิบัติงานด้านตรวจสอบคุณภาพแบ่ง, น้ำตาล, ข้าวและวัตถุดิบในห้องปฏิบัติการ
23 – 24 เมษายน 2542	รับรายงานคืนและแก้ไขรายงาน
25 เมษายน 2542	วันหยุด
26 เมษายน 2542	ส่งรายงานครั้งที่ 2
27 – 29 เมษายน 2542	รับรายงานคืนและแก้ไขรายงานเพิ่มเติม
30 เมษายน 2542	นำเสนอรายงานต่อ Supervisor

## รายละเอียดผลการปฏิบัติตามแผนปฏิบัติงานและหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย

จากการปฏิบัติงานในโรงงานเยนเนอรัล ฟู้ด โปรดักส์ จำกัด ได้รับมอบหมายให้ทำหน้าที่ด้านการควบคุมคุณภาพ โดยตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบ คือ ข้าวเหนียวหัก, ข้าวเจ้าหัก, แป้งโมดิฟายด์ และน้ำตาลรีไฟน์ และร่วมตรวจสอบคุณภาพแป้งส่งออกกับเจ้าหน้าที่ญี่ปุ่น นอกจากนี้ให้ได้รับมอบหมายให้ปฏิบัติงานด้านระบบบำบัดน้ำเสีย โดยศึกษา ค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบบำบัดน้ำเสียภายในโรงงานอุตสาหกรรม และตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียในโรงงาน โดยตรวจค่า BOD และ COD

### การตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบประเภทข้าวเจ้าและข้าวเหนียวหัก

- การวัดความชื้นของเมล็ดข้าว
- การวัดความขาวของเมล็ดข้าว
- การวัดความขาวของแป้งนี้่ง โดยชั่งข้าวมาพอประมาณ แช่วในน้ำสะอาดสักครู่ แล้วจึงผสมน้ำ นำไปปั่นจนได้เม็ดข้าวละเอียดเป็นน้ำแป้ง นำมาบีบอัดจนได้ก้อนแป้ง นำก้อนแป้งมาผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่ปั้นเป็นก้อนได้ นำไปนึ่งจนก้อนแป้งสุก แล้ววัดขนาด ปล่อยให้เย็น แล้ววัดค่าความขาวโดย
  - กลิ่นของแป้ง ตรวจจากแป้งขณะปั้นก้อนหนึ่ง และหลังนึ่ง ตัดสินและระบุกลิ่นแป้งโดยอาศัยประสบการณ์
  - รสชาติ ตรวจจากแป้งหลังนึ่งโดยการชิมรส แล้วตัดสินและระบุโดยอาศัยประสบการณ์
  - สิ่งเจือปนและจุดดำ ตรวจดูว่ามีสิ่งเจือปนมากับข้าวหรือไม่ และมีจุดดำในก้อนแป้งก้อนหนึ่งหรือไม่

### การตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบประเภทแป้งโมดิฟายด์

- การวัดความชื้นของแป้งผ่ง ทำการวัดค่าความชื้นตามเวลาและอุณหภูมิที่ได้มีการตั้งไว้
- การวัดความขาวผ่งของแป้ง
- การวัดความขาวนี้่งของแป้ง โดยใช้แป้งผ่งพอประมาณผสมกับน้ำปั้นเป็นก้อนแป้งแล้วนึ่ง วัดขนาด ปล่อยให้เย็นแล้ววัดความขาว
  - กลิ่นของแป้ง ตรวจสอบโดยผสมแป้งกับน้ำร้อนเพื่อให้กลิ่นของแป้งระเหยขึ้นมา ตัดสินและระบุโดยอาศัยประสบการณ์
  - รสชาติ ตรวจจากแป้งหลังนึ่งโดยการชิมรส แล้วตัดสินและระบุโดยอาศัยประสบการณ์
  - สิ่งเจือปนและจุดดำ ตรวจดูว่ามีสิ่งเจือปนหรือจุดดำในแป้งผ่งและในก้อนแป้งก้อนหนึ่งหรือไม่
  - ขนาดของเม็ดแป้ง

### การตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบประเภทน้ำตาลรีไฟน์

- ความขาวของน้ำตาลรีไฟน์
- กลิ่น, รสชาติ, สิ่งเจือปน และจุดดำจะตรวจสอบโดยอาศัยประสบการณ์
- ขนาดของเม็ดน้ำตาล

การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์แป้งข้าวเหนียว, แป้งข้าวเจ้า, แป้งข้าวเหนียวผสมแป้งโมดิฟายด์ และแป้งข้าวเหนียวผสมน้ำตาล

- การวัดความขาวผงของแป้งข้าวเหนียว, แป้งข้าวเจ้า, แป้งข้าวเหนียวผสมแป้งโมดิฟายด์ และแป้งข้าวเหนียวผสมน้ำตาล
- การวัดความขาวนึ่งและขนาดของแป้งนึ่งของแป้งข้าวเหนียว, แป้งข้าวเจ้า, แป้งข้าวเหนียวผสมแป้งโมดิฟายด์ และแป้งข้าวเหนียวผสมน้ำตาล
- กลิ่น, รสชาติ, สิ่งเจือปน และจุดดำ ตรวจสอบโดยอาศัยประสบการณ์
- ขนาดของเม็ดน้ำตาล
- ในกรณีของแป้งข้าวเหนียวผสมน้ำตาล จะต้องตรวจหา%น้ำตาลที่ใช้ผสมก่อน เริ่มจากการร่อนเพื่อแยกแป้งกับน้ำตาลออกจากกัน โดยจะใช้ตะแกรงที่มี mesh number 100 ส่วนที่ค้างอยู่บนตะแกรงนี้คือน้ำตาลซึ่งปริมาณของน้ำตาลต้องไม่เกินที่กำหนด และส่วนที่ผ่านตะแกรงนี้คือแป้ง นำแป้งที่ได้ไปตรวจสอบความชื้น, ความขาวผงและความขาวนึ่ง, ขนาดของแป้งนึ่ง, กลิ่น, รสชาติ, สิ่งเจือปนและจุดดำ รวมทั้งขนาดของเม็ดแป้งโดยใช้วิธีและขั้นตอนเช่นเดียวกับการตรวจวัดแป้งข้าวเหนียว

การตรวจสอบแป้งอัด

- ตรวจสอบความขาวนึ่ง, กลิ่น, สิ่งเจือปนและจุดดำ

การตรวจสอบคุณภาพแป้งที่ส่งออกพร้อมกับเจ้าหน้าที่ญี่ปุ่น

เริ่มจากการชักตัวอย่างจากภาชนะที่ใช้บรรจุแป้งคือ ถุงกระดาษและถุงจัมโบ้

1. ในการชักตัวอย่างจากถุงกระดาษ จะชักตัวอย่างจำนวน 2 ถุงจาก 1 พาเลต (50 ถุง) โดยทำการสุ่มเลือกถุงที่ใช้เป็นตัวอย่าง กรีดถุงตัวอย่าง ตักตัวอย่างแป้งพอประมาณใส่ในถุงพลาสติกที่มีการเขียนรหัสกำกับไว้แล้ว จึงปิดรอยกรีดด้วยเทปกาวและเขียนรหัสกำกับไว้
2. ในการชักถุงตัวอย่างจากถุงจัมโบ้ ชักตัวอย่าง 1 ครั้งต่อ 1 ถุง โดยใช้กระบอกลำหรับชักตัวอย่างที่สามารถเปิดปิดได้ เลือกรับบริเวณที่จะสุ่มแล้วแทงลงไปจนสุด ทำการหมุนปิด แล้วนำไปใส่ในถุงพลาสติกที่มีขนาดยาวพอดีกับกระบอกลำดับเพื่อเปิดเพื่อให้แป้งหล่นลงมา แล้วจึงถ่ายแป้งใส่ในถุงพลาสติกที่มีการเขียนรหัสกำกับไว้ และปิดเทปกาวบริเวณด้านข้างถุงพร้อมเขียนรหัสกำกับ

- การวัดความขาวนึ่งและขนาดของแป้งนึ่ง
- การหา%แป้งหยาบ จะใช้วิธีการร่อนด้วยตะแกรงขนาด #120 แล้วชั่งน้ำหนักที่ค้างอยู่บนตะแกรงพร้อมกับจุดดำและสิ่งเจือปนในแป้งด้วย

การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง

- การวัดอัตราการไหลของปริมาณน้ำทิ้งที่ได้จากการกระบวนการผลิต โดยนำโคมไปลอยน้ำในระยะทางที่กำหนด จับเวลาตั้งแต่จุดเริ่มต้นจนถึงจุดสุดท้าย
- การวิเคราะห์ค่า BOD โดยใช้วิธี Winkler method เตรียมน้ำทิ้งเจือจางนำไปเป่าอากาศเพื่อให้ DO อิ่มตัว ถ่ายใส่ขวด BOD ที่มีตัวอย่างน้ำเสียอยู่ ทำการวัดค่า DO วันที่ 0 และ 5 ในการวัดค่า DO โดยเติม  $MnSO_4$  และ alkali - iodide - azide ในอัตราส่วน 1 : 1 ลงในขวด BOD ผสมให้เข้ากัน ทิ้งให้ตกตะกอน เติมน้ำ

กรด  $H_2SO_4$  เขย่าให้ตะกอนละลายหมด ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน Sodium thioisulfate จนได้สีเหลืองอ่อน เติมน้ำแบ่งเล็กน้อยแล้วไทเทรตต่อจนสีน้ำเงินหายไป

- การวิเคราะห์ค่า COD ถูกวัดในรูปของปริมาณ Potassium dichromate ที่หายไปในระหว่างการทำ reflux เป็นเวลา 2 ชม. โดยนำน้ำตัวอย่างจะถูกต้มจนเดือดในสารละลาย 50 %  $H_2SO_4$  และมี  $AgSO_4$  เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา สารอินทรีย์จะถูกออกซิไดซ์เป็น  $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $H_3PO_4$ ,  $SO_4^{2-}$  และอื่นๆ หลังจากย่อยสารอินทรีย์ด้วย Dichromate แล้วต้องหาความเข้มข้นของ Dichromate ที่เหลืออยู่ โดยใช้  $Fe^{2+}$  เป็น reducing agent ในการทำไทเทรตกับ Dichromate จุดสุดท้ายของการไทเทรตด้วย  $Fe^{2+}$  กับ Dichromate จะถูกหาด้วยสีของ Ferroin indicator เมื่อถึงจุดสุดท้ายของการไทเทรต สาร Dichromate (สีส้ม) ถูกเปลี่ยนไปเป็น  $Cr^{3+}$  (สีเขียว)หมด ซึ่ง  $Fe^{2+}$  อิสระจะทำปฏิกิริยาเชิงซ้อนกับ Ferroin ได้สีน้ำตาลแดง



## ระบบบำบัดน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรม

### บทนำ

ในปัจจุบันการบำบัดน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรมมีความจำเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดน้ำเสียในปริมาณมาก และเป็นน้ำเสียที่มี BOD และ COD สูง จากข้อกำหนดของกฎหมายน้ำทิ้งต้องมีการบำบัดน้ำเสียให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ก่อนปล่อยออกจากโรงงาน ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมมีหลายระบบ การเลือกใช้ขึ้นอยู่กับประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ในบริษัทเอนเนอรัล ฟู้ด โปรดักส์ จำกัด ซึ่งเป็นโรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้า ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่าย มีระบบบำบัดน้ำเสียเป็นแบบบ่อเติมอากาศและบ่อกลางแจ้ง แต่การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบดังกล่าวนี้ยังเกิดปัญหาในเรื่องกลิ่นเหม็น โดยปกติน้ำเสียจากโรงงานแป้งมีค่า BOD และ COD สูง จึงต้องการทราบถึงคุณสมบัติของน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดแล้ว จึงนำไปวิเคราะห์หาค่า BOD และ COD เพื่อใช้วัดประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียภายในโรงงาน อีกทั้งยังต้องการข้อมูลเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสีย จึงได้มีการศึกษาและรวบรวมข้อมูลการบำบัดน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียต่อไป

### ความหมายของน้ำเสียและน้ำทิ้ง

**น้ำเสีย (wastewater)** หมายถึง น้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ จากบ้านเรือน และจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ น้ำเสียเหล่านี้จะประกอบไปด้วยสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก เมื่อสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ มีการเจริญเติบโตเป็นจำนวนมากขึ้น จะทำให้คุณภาพของน้ำเสื่อมลงไปจนไม่สามารถที่จะใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม ไม่ว่าจะตรงและทางอ้อม นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดอันตรายและความเสียหายต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยปะปนอยู่ในน้ำ สุขภาพอนามัยและทรัพย์สินของมนุษย์

**น้ำทิ้ง (treated water)** หมายถึง น้ำที่ปล่อยออกจากอาคารบ้านเรือน สถานประกอบการ โรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งมีคุณสมบัติเหมาะสม และสามารถปล่อยลงสู่แหล่งน้ำที่อยู่ใกล้เคียงได้ เพราะเป็นน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดมาแล้วในระดับหนึ่ง จนมีคุณภาพที่ดีและผ่านการตรวจจากหน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานทางนี้ และได้รับอนุญาตให้ปล่อยลงแหล่งรับน้ำตามธรรมชาติได้

### ประเภทของน้ำเสีย

สามารถแบ่งน้ำเสียออกได้ 3 ประเภทตามแหล่งกำเนิดของน้ำเสียดังนี้

1. น้ำเสียจากแหล่งชุมชน (Domestic wastewater) ซึ่งอาจจะเรียกว่าน้ำโสโครก (Sewage) หมายถึงน้ำเสียที่มาจากแหล่งชุมชนหรือจากบ้านเรือน มลสารที่มักพบเห็นในน้ำเสียประเภทนี้มักเป็นสารอินทรีย์
2. น้ำเสียจากการเกษตรกรรม (Agricultural wastewater) หมายถึงน้ำเสียที่มาจากการทำเกษตรกรรม กสิกรรม เป็นต้น มลสารที่พบเห็นในแหล่งน้ำประเภทนี้มีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์
3. น้ำเสียจากอุตสาหกรรม (Industrial wastewater) หมายถึง น้ำเสียที่มาจากกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้น

ภายในโรงงานอุตสาหกรรม ประกอบไปด้วยสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ เพียงอย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้ง 2 อย่าง ขึ้นอยู่กับลักษณะและชนิดของโรงงานอุตสาหกรรมนั้นๆ

**คุณลักษณะของน้ำเสีย** มีอยู่ 3 ลักษณะคือ

1. **คุณลักษณะทางกายภาพ** ( Physical characteristics ) เป็นคุณลักษณะของน้ำที่ทราบได้ด้วยประสาทสัมผัสทั้งหกของมนุษย์ คุณสมบัติด้านนี้ได้แก่ สี กลิ่นและรส ความขุ่น อุณหภูมิ สภาพการนำไฟฟ้าและของแข็ง

- สี สีที่เกิดขึ้นในน้ำตามธรรมชาติหรือน้ำทั่วไป ส่วนใหญ่เกิดจากพืชหรือใบไม้ที่เน่าเปื่อย มักมีสีเขียว สีที่เกิดขึ้นแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. สีจริง ( True color ) เป็นสีที่เกิดจากการละลายของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ สีชนิดนี้ไม่สามารถแยกออกได้โดยการตกตะกอน การกรอง การหมุนเหวี่ยง

2. สีปรากฏ ( Apparent color ) เป็นสีที่เกิดจากเศษดิน เศษหญ้า เศษแร่ธาตุต่างๆที่ไม่ละลายน้ำ เป็นต้น สีแบบนี้อาจมีสีแดง สีน้ำตาล สีเทา เป็นต้น สีชนิดสามารถแยกออกได้โดยการตกตะกอน การกรอง การหมุนเหวี่ยง

น้ำเสียที่มีสีดำจะเป็นตัวขวางกั้น แสงแดด หรือแสงสว่างไม่ให้ส่องลงใต้น้ำ ทำให้พืชและสิ่งมีชีวิตอื่นที่ยังอาศัยอยู่ใต้น้ำในระดับที่ลึก ซึ่งแสงสว่างส่องลงไปไม่ถึงหยุดการเจริญเติบโตหรือตายได้ การตรวจวัดสีของน้ำสามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานที่ทราบระดับความเข้มข้น

- กลิ่นและรส กลิ่นและรสที่เกิดขึ้นในน้ำมีสาเหตุมาจาก จุลินทรีย์ ก๊าซ การเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์ในน้ำซึ่งขาดออกซิเจน น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม สารอนินทรีย์บางชนิดที่ละลายน้ำได้ ผลของการเติมสารเคมี

- อุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น กลิ่นและรสจะมีความรุนแรงมากขึ้น เพราะปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์มีค่ามากขึ้น

- ความขุ่น มักเกิดจากการละลายของสารแขวนลอยต่างๆ ที่อยู่ในน้ำเสีย เช่น ดิน ตะกอน สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ แผลงตอน และสิ่งมีชีวิตเล็กๆ เป็นต้น การวัดความขุ่นเป็นการวัดความเข้มของแสงที่สามารถส่องผ่านลงไปใต้อ่างน้ำได้ วิธีการวัดความขุ่นทำได้โดยใช้ วิธีเนฟฟีโลเมตริก หรือ Jackson candle turbidimeter

- ของแข็ง หมายถึงสารทุกอย่างที่อยู่ในน้ำหรือน้ำเสีย ยกเว้นน้ำ ของแข็งที่หาได้จะมีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ การหาปริมาณของแข็งใช้วิธีการวิเคราะห์น้ำหนัก

- สภาพการนำไฟฟ้า เป็นตัวเลขที่บอกให้ทราบถึงความสามารถในการนำไฟฟ้า จะมีค่ามากหรือน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นทั้งหมดของสารที่มีประจุ ซึ่งละลายอยู่ในน้ำตัวอย่าง และอุณหภูมิขณะที่ทำการวัด นอกจากนี้ยังขึ้นกับชนิด ความเข้มข้น และจำนวนประจุของสารที่มีประจุ สารละลายที่มีประสิทธิภาพในการนำกระแสไฟฟ้าได้ดี มักอยู่ในสารประกอบอนินทรีย์ของกรด ด่าง และเกลือ ตามลำดับ

2. **คุณสมบัติทางเคมี** เป็นคุณสมบัติที่ทราบได้โดยวิธีการทางเคมี น้ำเสียจะประกอบไปด้วยสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ในอัตราส่วน 1 : 1 ดังนั้นคุณสมบัติทางเคมีจึงแยกได้ 2 ลักษณะตามองค์ประกอบของสารที่ละลายอยู่ในน้ำเสีย

1. สารอนินทรีย์ ( Organic substance ) คุณสมบัติทางเคมีที่สำคัญของน้ำเสียที่เกิดจากสารอนินทรีย์ ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ( ค่า pH ) ความเป็นด่าง กรดอินทรีย์ ความกระด้าง และสภาพการนำไฟฟ้า

- ความเป็นกรดเป็นด่าง ( ค่า pH ) หมายถึง ค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน ซึ่งบอกให้ทราบว่ามีน้ำเสียในแหล่งนั้นเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำเสียหรือไม่ การวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างมักใช้กระดาษ pH หรือ pH electrode หรือไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐาน

- ค่าความเป็นด่าง ( Alkalinity ) หมายถึง ค่าความเป็นบัฟเฟอร์ของน้ำเสียนั้นๆ สามารถที่จะสะเทินกรดหรือด่างได้มากน้อยเพียงใด ค่าความเป็นด่างมักเกิดจากอิออนไฮดรอกไซด์ ( OH<sup>-</sup> ) คาร์บอเนต ( CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> ) และไบคาร์บอเนต ( HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ) ของธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม หรือแอมโมเนีย โดยทั่วไปมักมาจากแคลเซียมไบคาร์บอเนต ( Ca ( HCO<sub>3</sub> )<sub>2</sub> ) แมกนีเซียมไบคาร์บอเนต ( Mg ( HCO<sub>3</sub> )<sub>2</sub> )

- คลอไรด์ ( Chlorides ) ปริมาณคลอไรด์สามารถใช้บ่งบอกให้ทราบถึงความสกปรกของน้ำเสียว่ามีมากหรือน้อย วิธีวัดปริมาณคลอไรด์ทำได้หลายวิธี เช่น วิธี Mohr ใช้ AgNO<sub>3</sub> เป็นตัวทำปฏิกิริยาและใช้ K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> เป็นอินดิเคเตอร์ วิธี Mercuric nitrate ซึ่งใช้ Mercuric nitrate เป็น titrant และ ใช้ diphenylcarbazone เป็นอินดิเคเตอร์

- ก๊าซ ( Gases ) ก๊าซที่พบเห็นอยู่บ่อยๆ ในน้ำเสียมักเป็น ก๊าซไนโตรเจน ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซมีเทน ก๊าซออกซิเจนเป็นก๊าซที่มีความสำคัญมากต่อจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจน การละลายออกซิเจนในน้ำขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความดัน และความเข้มข้นของเกลือคลอไรด์ที่ละลายอยู่ในน้ำ

- ไนโตรเจน ( Nitrogen ) ธาตุไนโตรเจนเป็นธาตุหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพวกโปรติสดัว และพืช ธาตุไนโตรเจนในธรรมชาติมีอยู่ 3 รูปแบบ คือ

1. ไดไนโตรเจน ( N<sub>2</sub> )
2. แอมโมเนีย ( NH<sub>3</sub> ) แอมโมเนียม ( NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ) ไนเตรท ( NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ) และไนไตรต์ ( NO<sub>2</sub><sup>-</sup> )
3. สารอินทรีย์ไนโตรเจน ( organic nitrogen ) ซึ่งแยกได้ 2 ประเภทตามลักษณะของการละลายน้ำ คือ
  - 1.1 สารอินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำได้ เช่น กรดยูเรีย กรดอะมิโน เป็นต้น
  - 1.2 พวกแบคทีเรีย phytoplankton และ zooplankton

ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพมีการวัดค่าปริมาณของธาตุไนโตรเจนเพื่อให้มีค่าไนโตรเจนอยู่ในอัตราส่วนที่เหมาะสม ถ้ามีค่าไม่เหมาะสมจะต้องทำการเติมสารไนโตรเจนลงไป และถ้ามีปริมาณไนโตรเจนมากเกินไปควรมีการกำจัดหรือลดปริมาณเสียก่อนที่จะทำการบำบัดต่อไป เพราะจะทำให้เกิดปัญหา เช่น สาหร่ายมีการเจริญเติบโตมากเกินไป การวัดค่าไนโตรเจนมีหลายวิธี ได้แก่ วิธี colorimeter ซึ่งใช้ในการวัดค่าแอมโมเนีย วิธี Nesslerization ซึ่งใช้ในการวัดค่าไนเตรท วิธี Diazotization ซึ่งใช้ในการวัดไนไตรท์ และวิธี Kjeldahl ซึ่งใช้ในการวัดค่าสารอินทรีย์ไนโตรเจน

- ฟอสฟอรัส ( Phosphorus ) เป็นธาตุที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์และยังเป็นธาตุที่มีความสำคัญอย่างหนึ่งในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ต่างๆ นอกเหนือไปจากธาตุไนโตรเจน ประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัส ได้แก่ การนำฟอสเฟตมาใช้ในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย เช่น เพื่อป้องกันการตกตะกอนของแคลเซียมคาร์บอเนต ( CaCO<sub>3</sub> ) ส่วนโทษของธาตุฟอสฟอรัส คือ จะไปกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชน้ำ และทำให้สาหร่ายสีเขียวเจริญได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเรียกว่า Algae bloom or Eutrophication ทำให้แหล่งน้ำนั้นมีความสกปรกเน่าเสีย

- โลหะหนัก ( Heavy metal ) สารเหล่านี้ได้แก่ นิกเกิล แมงกานีส เป็นต้น ธาตุเหล่านี้ก็จัดได้ว่าเป็นธาตุที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต ถ้าขาดธาตุเหล่านี้จะทำให้พวกแบคทีเรียหยุดการเจริญเติบโตหรือมีการเจริญเติบโตไม่ดีเท่าที่ควร แต่ถ้ามากเกินไปจะเป็นพิษร้ายแรงต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ



2. สารอินทรีย์ สารอินทรีย์ประเภทคาร์โบไฮเดรต และโปรตีน เป็นสารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายได้ง่าย ส่วนสารอินทรีย์ประเภทไขมันและน้ำมันมีเสถียรภาพค่อนข้างมาก การย่อยสลายทางชีวเคมีเกิดขึ้นได้ยากและใช้เวลานาน

ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียอาจใช้วิธีการหาค่า Volatile solids (VS) ซึ่งเป็นวิธีการวัดค่าที่ให้ค่าออกมาไม่ละเอียดมากนัก วิธีการวัดที่ให้ค่าละเอียดยิ่งขึ้น ได้แก่ บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand :  $BOD_5$ ) ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand : COD) ทีโอดี (Total Oxygen Demand : TOD) ทีเอชโอดี (Theoretical Oxygen Demand : ThOD) ทีโอซี (Total Oxygen Carbon : TOC) ดีโอ (Dissolved Oxygen : DO) และปริมาณกรดอินทรีย์ (Organic acids)

- บีโอดี ( $BOD_5$ ) หมายถึงปริมาณความต้องการออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการ เพื่อให้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ที่อุณหภูมิ  $20^\circ C$  เป็นเวลานาน 5 วัน ค่าบีโอดีจะขึ้นกับระยะเวลาเป็นสำคัญ หากต้องการให้สารอินทรีย์ถูกย่อยสลายได้เกือบ 100% ต้องใช้เวลานานถึง 20 วัน

- ซีโอดี (COD) หมายถึง ปริมาณการใช้ออกซิเจนทั้งหมดเพื่อใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสีย โดยปกติค่าซีโอดีมีค่ามากกว่าค่าบีโอดี เพราะปริมาณของสารที่ถูกออกซิไดซ์ทางเคมีมักมีค่าที่สูงกว่าปริมาณการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์

- ทีโอดี (TOD) หมายถึง ปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการเผาผลาญสารอินทรีย์ในน้ำเสีย สารอินทรีย์จะเกิดการเปลี่ยนไปเป็นสารประกอบที่คงตัว (Stable substance) การหาค่าทีโอดีสามารถหาค่าได้ภายใน 3 นาที โดยการนำเอาสารอินทรีย์ไปทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในห้องสันดาป โดยมีแพลตินัม เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งจัดได้ว่าเป็นวิธีการที่ประหยัดเวลา และให้ความถูกต้องมากกว่าการหาค่าบีโอดีและซีโอดี แต่อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ต้องอาศัยเครื่องมือที่มีราคาค่อนข้างแพงมาก

- ทีเอชโอดี (ThOD) หมายถึง ปริมาณออกซิเจนที่คำนวณจากสมการเคมีระหว่างออกซิเจนกับสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ซึ่งต้องทราบสูตรตัวอย่างน้ำเสีย

- ทีโอซี (TOC) หมายถึง การออกซิไดซ์คาร์บอนในสารอินทรีย์ให้เปลี่ยนสภาพไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การหาค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทำได้โดยการใช้สารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์หรืออาจจะใช้เครื่อง Infrared โดยทั่วไปค่าทีโอซีมีค่าน้อยกว่าค่าทีเอชโอดีเพียงเล็กน้อย เนื่องจากสารอินทรีย์บางชนิดไม่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน อย่างไรก็ตามการหาค่าทีโอซีนิยมกันมากกว่าการหาค่าทีเอชโอดี เพราะมีค่าใช้จ่ายใกล้เคียงกับค่าบีโอดี

- ดีโอ (DO) หมายถึง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ ซึ่งขึ้นอยู่กับความดันบรรยากาศและอุณหภูมิ ค่าดีโอเป็นค่าที่มักใช้ในการควบคุมระบบบำบัดแบบที่มีการใช้ออกซิเจน ประโยชน์ของค่าดีโอคือ ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของถังเติมอากาศ ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ ความสามารถในการตกตะกอนของสลัดจ์ในถังตกตะกอน การหาค่าดีโอทำได้หลายวิธี ได้แก่ Wrinkle method วิธี Rideal - stewart modification of the wrinkle method เป็นต้น

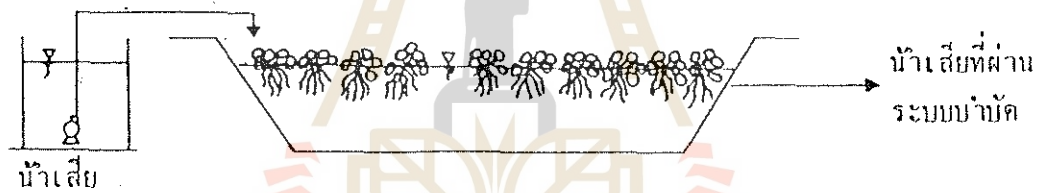
3. คุณลักษณะทางชีววิทยา (Biological characteristic) ลักษณะทางชีววิทยาของน้ำเสีย ได้แก่ จุลินทรีย์ที่มีขนาดเล็กซึ่งไม่อาจมองเห็นด้วยตาเปล่าได้ต้องอาศัยกล้องจุลทรรศน์ จุลินทรีย์จะทำกรย่อยสลายสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำให้กลายเป็นพลังงาน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และสารอื่นๆ

## ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

### 1. วิธีใช้ผักตบชวา (Water Hyacinth : WH)

วิธีนี้เป็นวิธีบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติ ผักตบชวาเจริญเติบโตได้ดีในน้ำเสียใหม่หรือน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดโดยวิธีอื่นแล้ว ผักตบชวาสามารถบำบัดน้ำโสโครกทำให้อินทรีย์สารที่วัดมีค่าบีโอดีลดลง รวมไปถึงตะกอนของแข็ง สารจำเป็นอื่นๆ และรวมไปถึงสารพวกโลหะหนักด้วย ผักตบชวามักจะปลูกในบ่อหรือบึงขนาดใหญ่โดยผ่านน้ำเสียไปในบ่อหรือบึงดังกล่าว ผักตบชวาที่เจริญงอกงามมากขึ้นและขยายตัวเจริญเติบโตเร็ว อาจนำขึ้นมาทำเป็นปุ๋ยหมัก หรืออาหารเสริมในดินได้ หรือใช้เป็นอาหารสัตว์ หรือใช้หมักในถังก๊าซชีวภาพได้

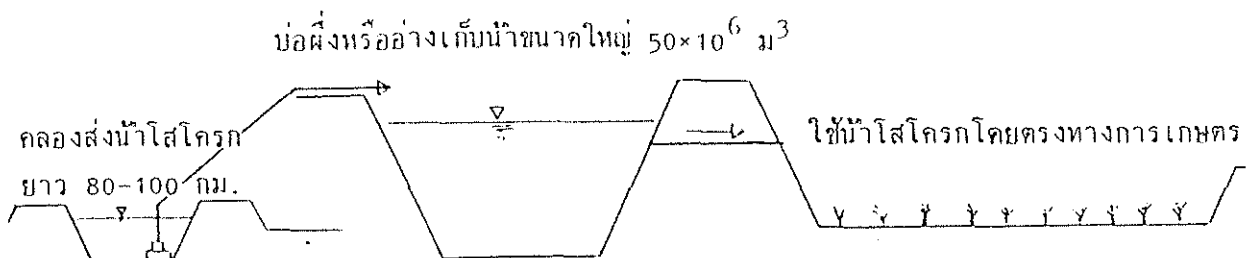
ผลการบำบัดน้ำเสียใหม่อาจมีประสิทธิภาพสูงถึง 97% ในรูปของ BOD<sub>5</sub> และกำจัดไนโตรเจนได้ 92% และฟอสฟอรัส 60% ผักตบชวาจะเจริญได้รวดเร็วที่อุณหภูมิสูงกว่า 21 °C หากต่ำกว่านี้จะโตช้าและผักตบชวาจะกลัวความเค็ม ผักตบชวาจะสามารถดูดสารโลหะหนักหรือสารพิษ เช่น อาร์เซนิก โคโรเนียม ทองแดง ปรีอท ตะกั่ว นิกเกิล และสังกะสี แต่การสะสมสารเหล่านี้ในผักตบชวามีผลเสียต่อการนำเอาผักตบชวาไปใช้ทำปุ๋ยหมักหรืออาหารสัตว์ด้วย แต่วิธีนี้มีข้อเสียคือต้องใช้ที่ดินมาก



รูปที่ 1 บ่อผักตบชวาที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย (WH)

### 2. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบคลองชลประทานของน้ำโสโครก (Sewage Irrigation : SI)

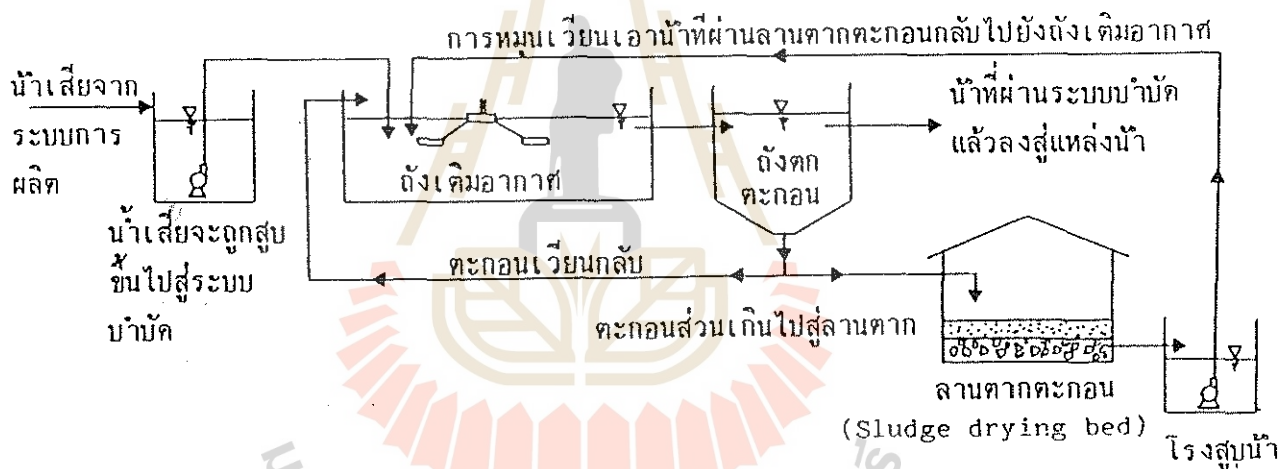
วิธีนี้จะมีการรวบรวมน้ำเสียทั้งหมดให้มาลงคูคลอง และส่งน้ำเสียไปเก็บในอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่จากนั้นจะปล่อยเข้าสู่คลองชลประทาน เพื่อส่งไปให้เป็นน้ำใช้เพื่อการเกษตรกรรม ทำให้มีน้ำใช้ตลอดปีและมีปุ๋ยอินทรีย์เป็นผลพลอยได้



รูปที่ 2 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบคลองชลประทานของน้ำโสโครก หรือ SI

### 3. ระบบ Activated sludge process ( AS )

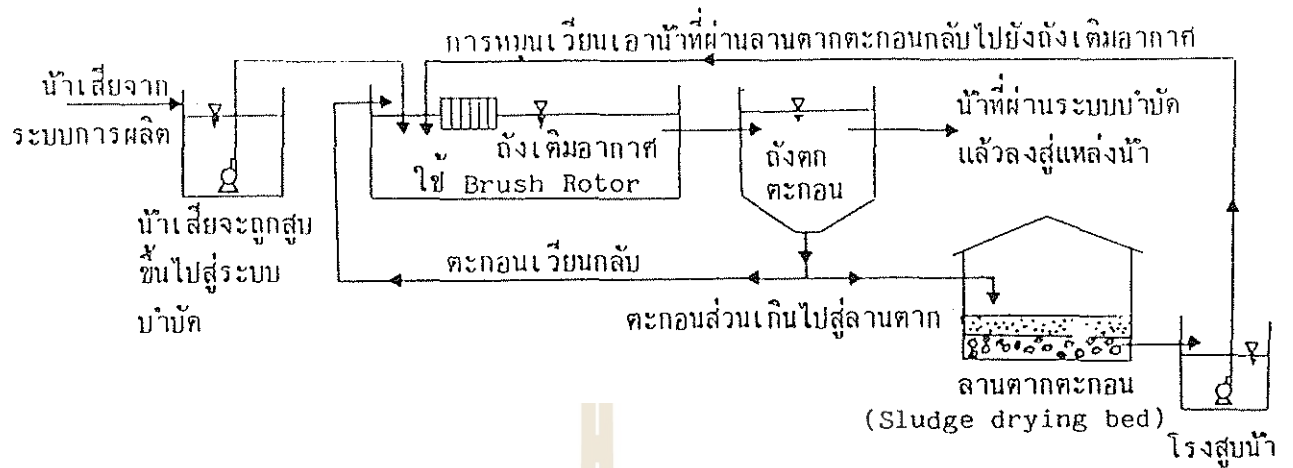
ระบบ AS เป็นระบบที่ประหยัดที่สุดในแหล่งชุมชนและต้องการที่ดินน้อยที่สุด แต่ระบบ AS อาจมีปัญหาตกตะกอนได้ยากที่เรียกว่า Sludge bulking แต่ก็สามารถแก้ไขได้ด้วยการออกแบบถังตกตะกอนให้มีขนาดความจุมากกว่า 5 ชม. วิธีนี้เป็นที่นิยมกันมาก ใช้ที่ดินน้อยเหมาะที่จะใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมที่ไม่ได้จัดเตรียมที่ดินไว้แต่แรกเริ่ม และต้องมาสร้างระบบบำบัดในโอกาสต่อมา วิธีนี้ได้แก่ การปล่อยน้ำเสียไปเข้าถังเติมอากาศ ซึ่งอาจจะใช้วิธีเป่าฟองลม หรือใช้ใบพัดกวนเพื่อให้ฟองอากาศดีกระจายระบายนอกซิเจนให้น้ำ เพื่อให้เชื้อจุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์สารลง ระยะเวลาการเติมอากาศมักใช้เวลาประมาณ 6 – 12 ชม. ประสิทธิภาพในการบำบัดมักจะอยู่ในเกณฑ์สูงระหว่าง 95 – 99 % ตะกอนบางส่วนจะหมุนเวียนกลับมาที่ถังเติมอากาศ ตะกอนส่วนเกินจะนำไปกำจัดต่อไป และวิธีกำจัดตะกอนที่นิยมใช้กันมากในประเทศไทยได้แก่ ลานตากตะกอน ( Sludge Drying Bed : SDB ) ส่วนที่เป็นน้ำจะไหลออกทางด้านล่างของลานตากตะกอน ซึ่งก็จะนำกลับไปใช้เติมอากาศ มีข้อเสียคือ ดูแลยากจำเป็นต้องใช้บุคลากรที่มีความรู้ในการกำจัดตะกอนที่เหมาะสม ค่าลงทุนค่อนข้างสูงเพราะระบบค่อนข้างซับซ้อน



รูปที่ 3 ระบบ Activated sludge process ( AS )

### 4. ระบบคลองวงเวียน ( Oxidation Ditch : OD )

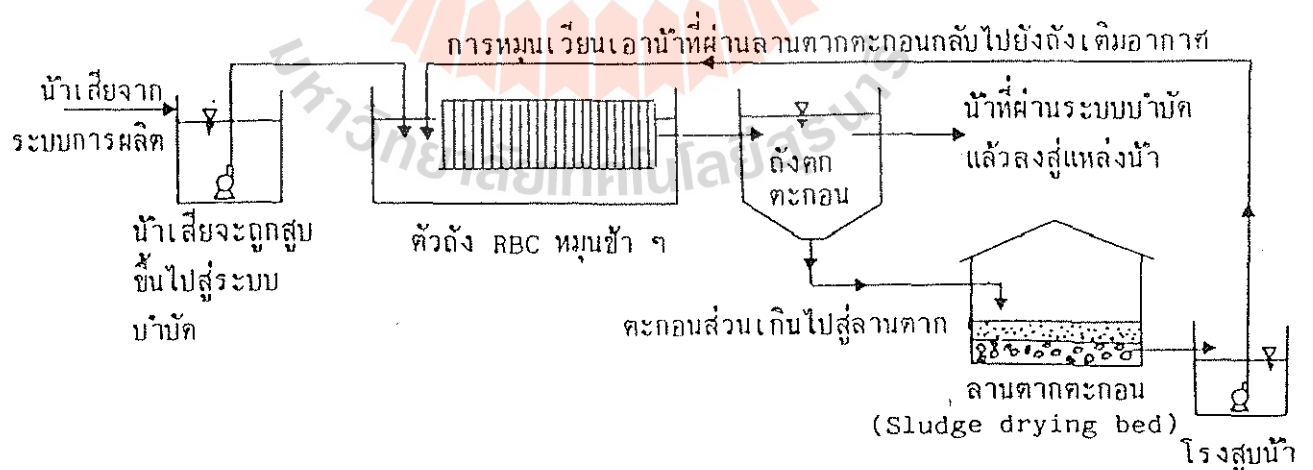
ระบบ OD นี้มีลักษณะที่คล้ายกับวิธี AS มากแต่ต่างกันที่เครื่องเติมอากาศคือ ระบบ OD จะใช้ brush rotor ปริมาตรคลองวงเวียนของระบบ OD นี้จะมีขนาดใหญ่และใช้พื้นที่มากกว่าระบบ AS แต่ความลึกน้อยกว่าระบบ AS ระบบ OD ใช้กันมากตามโรงพยาบาลต่างๆ เพราะออกแบบและควบคุมการก่อสร้างโดยกรมอนามัยกระทรวงสาธารณสุข



รูปที่ 4 ระบบคลองวงเวียน (OD)

#### 5. ระบบบำบัดแบบ Rotating Biological Contactor (RBC)

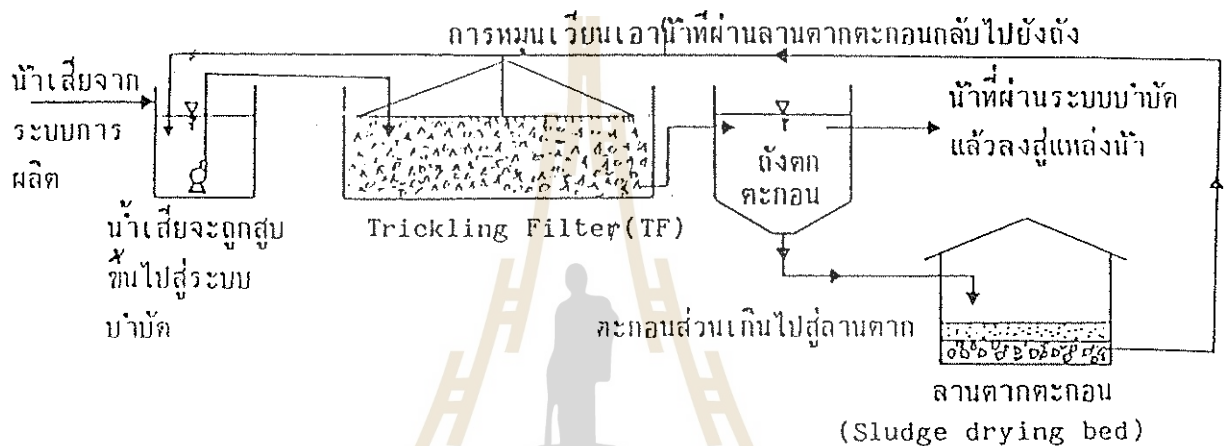
ระบบ RBC หรือที่เรียกกันอีกชื่อหนึ่งว่า Biodisc มีลักษณะคล้ายกับวิธี AS หรือ OD แต่ต่างกันที่เครื่องเติมอากาศ คือ ระบบ RBC จะใช้แผ่นพลาสติกหมุนไปช้าๆ เพื่อวัักเอาน้ำเสียขึ้นไปสัมผัสกับอากาศและให้เชื้อจุลินทรีย์มาเกาะ เมื่อเชื้อจุลินทรีย์มาเกาะบนแผ่นเป็นจำนวนมากพอแล้ว จะสามารถทำลายอินทรีย์สารได้สูงราว 90 – 95 % ระบบ RBC นี้มีข้อแตกต่างจากระบบ AS และ OD คือไม่มีการหมุนเวียนตะกอนกลับมาอีก เนื่องจากไม่มีความจำเป็น เพราะเชื้อจุลินทรีย์นั้นได้เกาะอยู่บนแผ่นพลาสติกของ RBC อยู่แล้ว ตะกอนที่ตกในถังตกตะกอนจะถูกสูบไปสู่อ่างตากเพื่อกำจัดต่อไป แผ่น RBC ในเมืองไทยมักมีขนาดใหญ่ทำให้ยุ่งยากในการติดตั้ง เมื่อติดตั้งแล้วจะเอาออกมาซ่อมแซมได้ยากและมีราคาก่อสร้างค่อนข้างแพง



รูปที่ 5 ระบบบำบัดแบบ Rotating Biological Contactor (RBC)

## 6. ระบบแบบโปรยน้ำบนกองหิน ( Tricking Filter : TF )

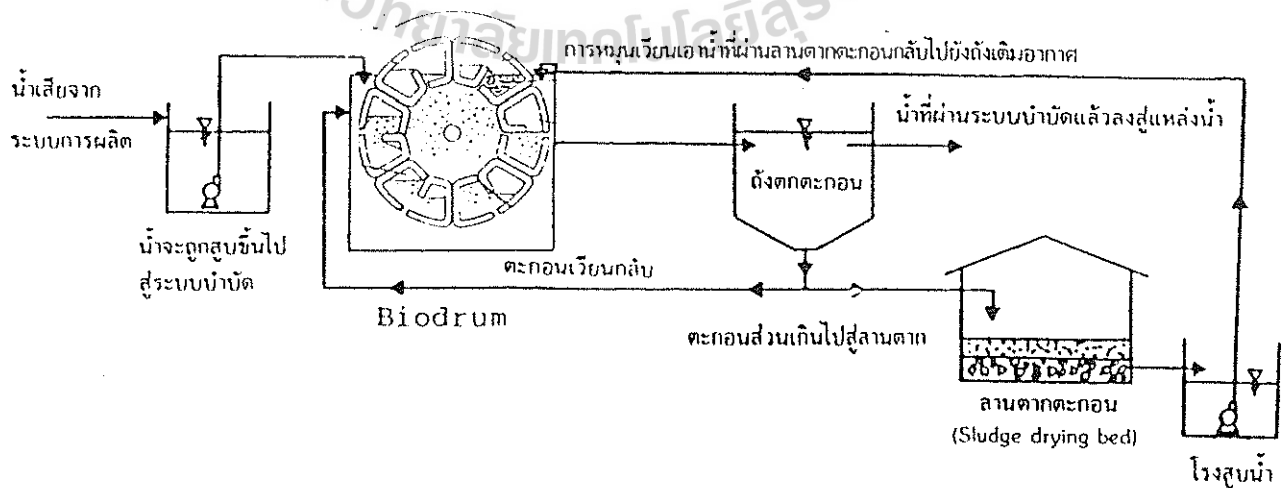
ระบบนี้เป็นวิธีโปรยน้ำเสียรอบๆ ไปบนกองหินจนทั่วผิวหน้า ซึ่งเป็นลูกกลมโดยเป็นถึงคอนกรีตล้อมรอบ อยู่โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 – 50 เมตร ลึกประมาณ 2 เมตร ก้อนหินมีขนาด 0.5 – 1 นิ้ว และมีช่องระบายอากาศ ผิวหน้าของหินประมาณ 30 ซม. จะมีเชื้อจุลินทรีย์มากมายที่จะดูดซึมเอาอินทรีย์สารในน้ำเสียออกไปหมด แล้วกรองลงไป น้ำที่ผ่านชั้นจุลินทรีย์ที่ผิวหน้า เมื่อลงถึงพื้นล่างก็จะตกตะกอนในถังตกตะกอนชั้นสุดท้าย ระบบ TF นี้อาจไม่เหมาะในเมืองไทยเนื่องจากมีอากาศร้อน เชื้อจุลินทรีย์หรือ biomass อาจเกิดขึ้นมากจนเกิดอุดตันผิวหน้าชั้นกรองหิน น้ำเสียจะไหลล้นถัง TF ออกมาและต้องหมั่นทำความสะอาดหินอยู่เรื่อยๆ ซึ่งเป็นงานที่ยุ่งยาก



รูปที่ 6 ระบบแบบโปรยน้ำบนกองหิน ( TF )

## 7. ระบบบำบัดแบบ Biodrum ( B )

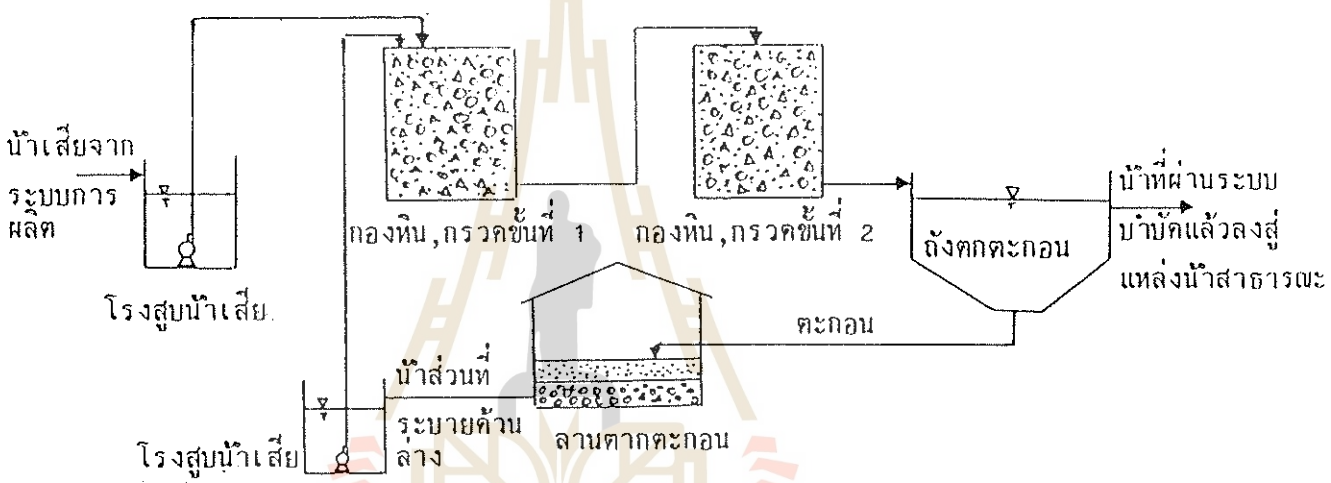
ระบบนี้ทำหน้าที่คล้ายระบบ AS และ TF แต่นำมาอยู่ระบบเดียวกัน ระบบนี้มีชื่อเรียกทางเชิงพาณิชย์ว่า " Stahlermatic System " ซึ่งมีประสิทธิภาพสูง ใช้ที่ดินน้อย การใช้ไฟฟ้าในการขับเคลื่อนระบบเติมอากาศก็ใช้ในเกณฑ์ต่ำ การเติมอากาศจะใช้ประมาณ 2 แรงแม้ต่อการจ่ายออกซิเจนประมาณ 70 กิโลกรัมต่อวัน



รูปที่ 7 ระบบบำบัดแบบ Biodrum ( B )

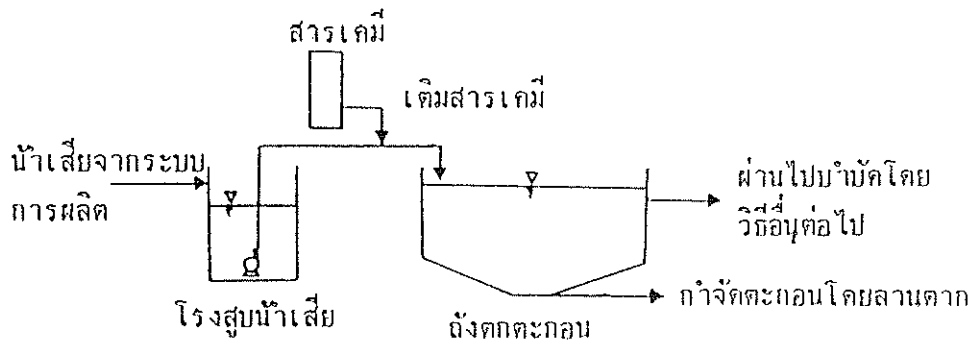
8. ระบบบำบัดแบบกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter : AF)

วิธีนี้เป็นการสูบน้ำเสียไปโปรยบนกองหิน กรวด พลาสติก ซึ่งอาจจะใช้ถังกรองเป็นชั้น 1 หรือ 2 ก็ได้ จากนั้นนำมาทำให้ตกตะกอนเพื่อแยกส่วใสให้ล้นออกไปลงแหล่งน้ำสาธารณะ แต่หากคุณภาพของน้ำที่ผ่านระบบบำบัดแล้วยังไม่เป็นที่พอใจก็อาจหมุนเวียนกลับมานกองหินใหม่อีกครั้ง ตะกอนที่เกิดขึ้นอาจนำไปกำจัดต่อโดยวิธีลานตากตะกอน กากแห้งบนลานตากก็อาจทยอยออกไปทำปุ๋ยต่อไป น้ำส่วนที่ผ่านการกรองบนชั้นทรายและกรวดบนลานตากสามารถสูบกลับไปเข้าสู่ระบบบำบัดได้อีก วิธีนี้อาจมีปัญหาตรงที่ถังกรองที่เป็นหินกรวด อาจเกิดการอุดตันได้ง่าย แต่วิธีนี้ใช้พลังงานน้อยและสามารถสร้างในที่ที่จำกัดได้ ระบบนี้มีการควบคุมอัตราไหลผ่านชั้นหินเป็น 1 - 7 แกลลอน / นาที - ฟุต<sup>2</sup> หรือ 40.7 ลิตร / นาที - เมตร<sup>2</sup> ความลึกของชั้นหินอยู่ระหว่าง 1 - 6 เมตร



รูปที่ 8 ระบบบำบัดแบบกรองไร้อากาศ (AF)

9. ระบบบำบัดแบบตกตะกอนโดยใช้สารเคมี (Chemical Treatment)



รูปที่ 9 ระบบบำบัดแบบตกตะกอนโดยใช้สารเคมี (Chemical Treatment)

วิธีนี้มีการใช้สารเคมีที่เหมาะสมกับสารโลหะหนักที่ต้องการให้ตกตะกอน เพื่อให้โลหะหนักแยกออกมา อาจจะนำกลับไปใช้ใหม่ได้โดยวิธีสกัด หรือที่เรียกว่า Clean Technology ซึ่งเป็นการหมุนเวียนเอาโลหะหนักมาใช้อีก การใช้วิธีนี้มักจะต้องนำน้ำเสียส่วนที่ล้นออกจากถังตกตะกอนไปบำบัดโดยวิธีทางชีววิทยาอีกชั้นหนึ่งก่อนจะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ

#### 10. ระบบบำบัดแบบบ่อกกลางแจ้ง (Stabilization Pond)

ระบบบำบัดแบบบ่อกกลางแจ้งเป็นวิธีที่ประหยัด และง่าย เพราะไม่ต้องการเครื่องมือเครื่องใช้ที่ยุ่งยาก พนักงานควบคุมไม่จำเป็นต้องมีความรู้สูง เป็นบ่อน้ำตื้นกว้างพอเพียงที่จะรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้เต็มที่ โดยมีสาหร่ายที่เลี้ยงไว้ในสระจะสังเคราะห์แสงและปล่อยออกซิเจนออกมาเพื่อให้แบคทีเรียสังเคราะห์สารในน้ำ

ลักษณะของบ่อกกลางแจ้งจำแนกออกได้ดังนี้

1. บ่อหมัก (Anaerobic Ponds) มีความลึกประมาณ 3 – 4 เมตรใช้สำหรับรับน้ำเสียที่มี BOD สูง
2. บ่อผึ่ง (Facultative Ponds) ลึกประมาณ 1 – 2 เมตร ทางด้านบนของบ่อจะมีสภาพเป็นแบบมีออกซิเจน (Aerobic condition) ส่วนด้านล่างเป็นสภาพไร้ออกซิเจน (Anaerobic condition)
3. บ่อบ่ม (Maturation Ponds) โดยทั่วไปมีความลึก 1 เมตร ทำให้มีสภาพคล้ายกับบ่อกกลางแจ้งแบบผสม บ่อแบบนี้ใช้สำหรับรับน้ำที่ผ่านการบำบัดมาแล้ว เช่น ใช้น้ำจาก Facultative Ponds เพื่อประโยชน์ในการฟอกน้ำทิ้งให้สะอาดขึ้นก่อนระบายลงแหล่งน้ำธรรมชาติ น้ำทิ้งที่เข้าบ่อนี้จะมี BOD ต่ำ การเก็บกักไว้ประมาณ 7 – 10 วัน จะทำให้จุลินทรีย์ตายไป
4. บ่อกกลางแจ้งแบบใช้ออกซิเจน (High Rate Ponds) บ่อนี้มีความลึกเพียง 0.3 – 0.5 เมตร ปฏิกริยาในบ่อจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว บ่อมีความตื้นมาก แสงอาทิตย์จะส่องถึงก้นบ่อทำให้เกิด Algae bloom แล้วสาหร่ายจะคลายออกซิเจนออกมา

#### ข้อดีของระบบบำบัดแบบบ่อกกลางแจ้ง

1. ไม่ต้องการเครื่องเติมอากาศทำให้เงินลงทุนต่ำในด้านอุปกรณ์ และสูญเสียพลังงานน้อยที่สุด
2. ควบคุมได้ง่ายและไม่ต้องการผู้ที่มีความรู้พิเศษ
3. มีประสิทธิภาพสูง
4. ใช้สารเคมีน้อยกว่าระบบบำบัดอื่นๆ
5. เหมาะกับสภาพภูมิประเทศของประเทศไทย โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งร้อนและมีแสงแดดตลอดทั้งปี
6. สามารถปรับปรุงเป็นระบบเติมอากาศหรือระบบอื่นๆได้ ถ้าปริมาณน้ำเสียมีเพิ่มมากขึ้น

#### ข้อเสียของระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย มีดังนี้

1. ต้องใช้พื้นที่มาก ทำให้ไม่เหมาะสมที่จะสร้างในสถานที่ซึ่งที่ดินมีราคาสูง
2. น้ำที่ออกจากบ่อบำบัดน้ำเสียอาจมีสาหร่ายสีเขียว ซึ่งก่อปัญหาให้กับลำน้ำธรรมชาติ
3. ในกรณีที่มีบ่อหมักอาจเกิดกลิ่นเหม็นได้

### กลไกต่างๆที่มีส่วนร่วมในการบำบัดน้ำเสีย

เมื่อน้ำเสียไหลเข้ามาในบ่อจะมีการตกตะกอนเกิดขึ้น ทำให้มีสลัดจ์เกิดขึ้นที่ก้นบ่อ ส่วนที่ไม่ตกตะกอนจะถูกย่อยสลายเป็น  $\text{CO}_2$ , N และ P โดยปกติสลัดจ์ที่ก้นบ่อมีการย่อยสลายด้วยการหมักแบบไร้ออกซิเจน ถ้ามีออกซิเจนพอเพียงการย่อยสลายสลัดจ์จะเป็นการหมักแบบใช้ออกซิเจน การหมักแบบไร้ออกซิเจนทำให้สารอินทรีย์กลายเป็นก๊าซต่างๆ เช่น มีเทน,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}_2$  และจะมีเซลล์ใหม่เกิดขึ้นเมื่อมีแสงแดดและอาหารประกอบด้วยเวลาและอุณหภูมิที่ช่วยให้สาหร่ายสีเขียวเจริญเติบโตได้ดี สาหร่ายเหล่านี้จะใช้ก๊าซ  $\text{CO}_2$ , N และ P ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ในการขยายพันธุ์และสร้างออกซิเจนให้กับน้ำ แบคทีเรียจะต้องใช้ออกซิเจนที่สาหร่ายผลิตขึ้นในการหายใจ และย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำเสีย ดังนั้นแบคทีเรียและสาหร่ายสีเขียวภายในบ่อบำบัดน้ำเสียจึงมีชีวิตร่วมกันและพึ่งพาอาศัยกัน ผลที่เกิดขึ้นได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์ที่ไม่คงตัวให้กลายเป็นเซลล์ของสาหร่ายสีเขียว การสร้างและรักษาสภาวะแวดล้อมภายในบ่อให้เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและสาหร่ายสีเขียวเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อรักษาประชากรทั้งสองอย่างไม่ให้สูญพันธุ์ไปอย่างง่ายดาย ถ้าสภาวะแวดล้อมเกิดการเปลี่ยนแปลงก่อนที่แบคทีเรียและสาหร่ายสีเขียวมีความพร้อมในการเจริญเติบโต กระบวนการบำบัดความสกปรกจะไม่เกิดขึ้นตามที่ต้องการ

กระบวนการซึ่งมีส่วนร่วมในการบำบัดน้ำเสียมีดังนี้

- การตกตะกอน
- การใช้ออกซิโดรฟ์ภายใต้สภาพมีอากาศ
- การเติมอากาศจากบรรยากาศ
- การสังเคราะห์แสง
- การหมักแบบไร้ออกซิเจน

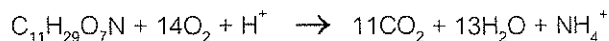
### การตกตะกอน

การตกตะกอนของน้ำเสียจากที่อยู่อาศัยสามารถกำจัดตะกอนแขวนลอยได้ 90 % ภายใน 3 วัน ที่อุณหภูมิประมาณ  $15^\circ\text{C}$  และกำจัดตะกอนละลาย ( Dissolved solids ) ได้ 80 % ภายใน 10 วัน แต่ถ้าปล่อยน้ำเสียเข้าไปในบ่อน้ำที่มีแบคทีเรียและสาหร่ายเติบโตอยู่หนาแน่นจะสามารถกำจัดตะกอนทั้ง 2 ชนิดได้ถึง 85% ด้วยเวลาเพียง 4 ชม. เนื่องจากแบคทีเรียและสาหร่ายปล่อยสารเคมีออกมาทำให้เกิดกระบวนการรวมตะกอนที่เรียกว่า Bioflocculation การตกตะกอนในบ่อบำบัดน้ำเสียโดยเฉพาะบ่อที่มีสาหร่ายสีเขียวหนาแน่น อาจเกิดขึ้นได้เมื่อน้ำมีอุณหภูมิและพีเอชสูงขึ้นจนกระทั่งสารประกอบที่มีแคลเซียมและแมกนีเซียม เช่น  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CaSO}_4$  เป็นต้น เกิดการตกผลึกและแยกตัวออกจากน้ำ ผลึกดังกล่าวอาจมีจุลินทรีย์ต่างๆเกาะติดอยู่ ทำให้ตกตะกอนลงก้นบ่อได้พร้อมๆกัน การเจริญเติบโตเต็มที่ของสาหร่ายทำให้บ่อมีพีเอชสูงมาก ดังนั้นจึงช่วยส่งเสริมการตกตะกอนดังกล่าวได้เป็นอย่างดี เป็นผลมาจากการรวมตะกอนที่เรียกว่า Autoflocculation สิ่งที่เกิดขึ้นตามหลัง Bioflocculation คือการลดลงอย่างรวดเร็วของระดับออกซิเจนที่ละลายน้ำ เนื่องจากสาหร่ายจมลงก้นบ่อซึ่งขาดแสงสว่าง ทำให้ไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ สิ่งที่ลดลงอีกอย่างหนึ่งคือความกระด้างของน้ำ เนื่องจากแคลเซียมและแมกนีเซียมถูกกำจัดออกไป



### การออกซิไดซ์ภายใต้สภาวะมีอากาศ

ถ้าต้องการทำลายความสกปรกของน้ำเสียอย่างเด็ดขาดจะต้องสร้างปฏิกิริยาออกซิเดชันให้เกิดขึ้น ออกซิเจน (ซึ่งอาจได้มาจากอากาศหรือผลิตขึ้นโดยสาหร่ายสีเขียว) เป็นสิ่งที่จำเป็นในปฏิกิริยานี้



สมการนี้แสดงว่าในการทำลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย 1 กิโลกรัม ต้องใช้ออกซิเจน 1.56 กิโลกรัม ปฏิกิริยานี้ต้องการออกซิเจนอีกแบบหนึ่งคือ ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน (Nitrification) ซึ่งใช้เปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็น ไนเตรท อาจเกิดขึ้นได้ลำบากในบ่อบำบัดน้ำเสียที่มีสาหร่ายสีเขียวหนาแน่น เนื่องจากเมื่ออยู่ภายใต้สภาวะดังกล่าว น้ำจะมีพีเอชสูง ทำให้แอมโมเนียมีโอกาสแยกตัวออกจากน้ำได้ 2 ทางคือ กลายเป็นก๊าซอิสระหนีออกจาก น้ำหรือตกผลึกกลายเป็น Ammonium Calcium Phosphate ดังนั้นแอมโมเนียจึงถูกกำจัดออกไปเสียก่อนที่ ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันจะเกิดขึ้น



สำหรับบ่อบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากไม่มีการกวนน้ำ ปฏิกิริยาแอโรบิคออกซิเดชันจึงเกิดขึ้นกับน้ำเสียส่วน ที่อยู่ตอนบนของบ่อเท่านั้น สารอินทรีย์บางส่วนสามารถตกตะกอนลงก้นบ่อได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ไม่ถูกย่อย สลายด้วยออกซิเจน การกำจัดความสกปรกกันบ่อน้ำเสียจะเป็นแบบไร้ออกซิเจนเสมอ

### การเติมอากาศจากบรรยากาศ

เนื่องจากในบรรยากาศเหนือน้ำมีออกซิเจนสูงถึง 20% จึงมีแรงธรรมชาติที่ผลักดันให้ออกซิเจนถ่ายเท จากอากาศลงสู่ น้ำได้ สำหรับอุณหภูมิในประเทศไทยออกซิเจนละลายน้ำได้สูงสุดประมาณ 8 – 9 mg/l การถ่ายเทออกซิเจนให้กับน้ำขึ้นอยู่กับระดับออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ

ถ้าออกซิเจนละลายน้ำในบ่อดำกว่าค่าที่จุดอิ่มตัวคือ 8 mg/l และบ่อมีความลึก 3 ฟุต ปริมาณ ออกซิเจนที่ได้จากอากาศจะมีค่าประมาณ 13 ปอนด์/วัน ต่อทุกๆเอเคอร์ของผิวน้ำ การกระเพื่อมของน้ำที่เกิด จากแรงลมสามารถทำให้อัตราการถ่ายเทออกซิเจนสูงขึ้นกว่าค่าที่คำนวณได้

### การสังเคราะห์แสง

สาหร่ายเซลล์เดียวที่มีความสำคัญในการทำให้บ่อมีสีเขียวได้แก่ Chlorella และ Scenedesmus ตัวที่ อาจพบได้บ่อยเช่นกันคือ Euglena และ Chlamydomonas สาหร่าย 2 ตัวแรกสามารถทนอยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจนได้เป็นเวลานาน ส่วนอีกสองตัวหลังตายได้ง่าย เมื่อสภาวะแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลง

### การหมักแบบไร้ออกซิเจน

กระบวนการหมักแบบไร้ออกซิเจนเป็นการทำลายสารอินทรีย์โดยการเปลี่ยนสารอินทรีย์คาร์บอนให้เป็น ก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ เชื่อกันว่าเป็นกระบวนการที่มีบทบาทในการทำลายตะกอนในน้ำเสียที่ตก ตะกอนกลายเป็นสลัดจ์ที่ก้นบ่อหมัก และบ่อกึ่งแอโรบิค กระบวนการหมักไร้ออกซิเจนมี 2 ขั้นตอนคือ การสร้าง กรดอินทรีย์และการสร้างก๊าซมีเทน สารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายหลายครั้งจนกลายเป็นกรดอินทรีย์โมเลกุลเล็ก

ต่างๆปะปนกันเช่น Acetic acid, Butyric acid เป็นต้น กระบวนการหมักไร้ออกซิเจนที่สมบูรณ์จะต้องได้กรดอะซีติกมากที่สุด กรดอะซีติกจะถูกย่อยสลายต่อไปกลายเป็นก๊าซมีเทน

### 1. บ่อหมัก ( Anaerobic pond )

การรักษาสภาวะไร้ออกซิเจนกระทำได้โดย ให้บ่อหมักได้รับความสกปรกในอัตราสูงมาก จนกระทั่งสาหร่ายสีเขียวและบรรยากาศไม่สามารถสร้างออกซิเจนให้กับน้ำได้ทันกับอัตราการใช้ออกซิเจน บ่อแบบนี้มักมีความลึกประมาณ 3 – 4 เมตร

#### ข้อดีของการบำบัดน้ำทิ้งด้วยวิธีชีววิทยานิดไร้ออกซิเจน

1. ในปฏิกิริยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน สารอินทรีย์ที่แบคทีเรียย่อยได้ 80 -90 % จะถูกทำลายเป็นก๊าซมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนที่ถูกนำไปสร้างเซลล์จึงมีน้อย ส่วนในปฏิกิริยาแบบใช้ออกซิเจนนั้นสารอินทรีย์ประมาณ 50 %จะถูกนำไปสร้างเซลล์ ดังนั้นการบำบัดน้ำทิ้งด้วยวิธีชีววิทยานิดไร้ออกซิเจนจึงมีปัญหาในการกำจัดตะกอนน้อยมาก เมื่อเทียบกับระบบบำบัดน้ำเสียชนิดใช้ออกซิเจน

2. เหมาะสำหรับบำบัดน้ำทิ้งที่มีค่าความสกปรกสูง

3. ปริมาณอาหารเสริมที่ต้องการสำหรับแอนแอโรบิคแบคทีเรียจะน้อยกว่าที่ต้องการใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียชนิดใช้ออกซิเจนมาก

4. การที่ไม่ต้องการใช้ออกซิเจนจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดลงได้มาก

5. ได้ก๊าซมีเทนซึ่งสามารถนำไปเป็นเชื้อเพลิงได้

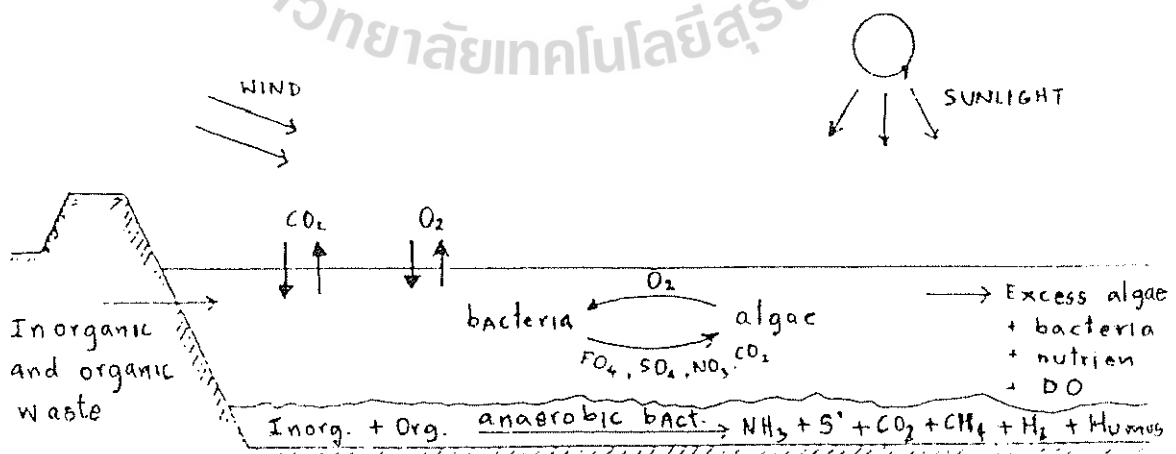
#### ข้อเสียของการบำบัดน้ำทิ้งด้วยวิธีชีววิทยานิดไร้ออกซิเจน

1. แบคทีเรียชนิดนี้เติบโตช้าทำให้ต้องใช้เวลานานในการเริ่มต้นระบบบำบัด

2. ระบบบำบัดปรับตัวได้ไม่ดีนักต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำทิ้ง ค่าความเข้มข้นของ BOD อุณหภูมิ และสภาพแวดล้อมอื่นๆ

3. เกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่มีกลิ่นเหม็น

### 2. บ่อฝิ่งหรือบ่อกึ่งแอโรบิค ( Facultative pond )



รูปที่ 10 กระบวนการบำบัดแบบ Facultative pond

เมื่อน้ำเสียที่ไหลเข้าสู่บ่อกึ่งแอโรบิกนั้นมีความอุดมสมบูรณ์ และแสงแดดที่ส่งลงมาเพียงพอที่จะทำให้สาหร่ายเติบโตเต็มสระ โดยการสังเคราะห์แสงด้วยคลอโรฟิลล์และสารอินทรีย์ซึ่งผ่านการย่อยสลายของแบคทีเรียในบ่อ สาหร่ายนี้จะปล่อยออกซิเจนออกมาทำให้แอโรบิกแบคทีเรียดำรงชีพอยู่ได้เมื่อปริมาณของออกซิเจนนั้นมากพอกับความต้องการของแบคทีเรีย ในบริเวณนี้ของบ่อจะมีสภาพเป็นแบบใช้ออกซิเจนสารอินทรีย์จากน้ำเสียจะถูกย่อยโดยแบคทีเรียเพื่อใช้เป็นพลังงานและสร้างเซลล์ใหม่ ดังรูป 10

ถ้าเป็นบ่อที่มี BOD load ต่ำจะมีสภาพแอโรบิกตลอดความลึกไม่ว่าจะเป็นเวลากลางวันหรือกลางคืน เนื่องจากสาหร่าย จะสังเคราะห์แสงแล้วให้ออกซิเจนเฉพาะกลางวัน ส่วนกลางคืนนั้นจะหายใจเอาออกซิเจนและปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาแทน ดังนั้นถ้าออกซิเจนละลายน้ำหรือ DO จะต่ำมากในเวลากลางคืน

ลักษณะสภาพของบ่อผึ่ง

- ก้นบ่อควรจะเป็นชั้นดินเหนียว เพื่อกันการไหลซึมลงข้างล่างอาจทำให้ชั้นน้ำใต้ดินสกปรก แต่อย่างไรก็ตามพื้นก้นบ่อจะค่อยๆมีสภาพที่น้ำซึมผ่านได้น้อยตามระยะเวลาไหลผ่านเพราะตะกอนที่จมจะอุดตามรูพรุน
- ขอบบ่อควรยกสูงเพื่อป้องกันน้ำท่วม ความลาดเอียงของขอบบ่อด้านในอาจใช้อัตราส่วน 1 : 2 ซึ่งลดลงได้อีก ถ้ามีหินหรือคอนกรีตลาดไว้ โดยเฉพาะที่ระยะ  $\pm 30$  ซม. จากระดับน้ำ
- ถ้าระดับน้ำใต้ดินสูง ควรยกระดับบ่อ หรือถ้าใช้น้ำที่ปล่อยทิ้งเพื่อการเกษตรควรให้ระดับบ่อสูงไว้
- โดยทั่วไปให้ขนาดความกว้าง : ความยาว = 1 : 2 บ่อขนาดใหญ่ควรแบ่งเป็นบ่อย่อยจะเป็นแบบอนุกรมหรือขนานก็ได้ พบว่าในการสร้างบ่อแบบอนุกรมนั้นจะมีแบคทีเรียใน Effluent น้อย
- ก่อนจะใช้ระบบบำบัดใหม่ ควรจะปล่อยน้ำเสียเข้าสู่บ่อในระดับความลึกไม่มากนัก และเจือจางด้วยน้ำธรรมดาครั้งต่อครั้ง เพื่อให้ algae เจริญเติบโตแบบใกล้เคียงธรรมชาติ

### 3. บ่อบ่ม (Maturation Pond)

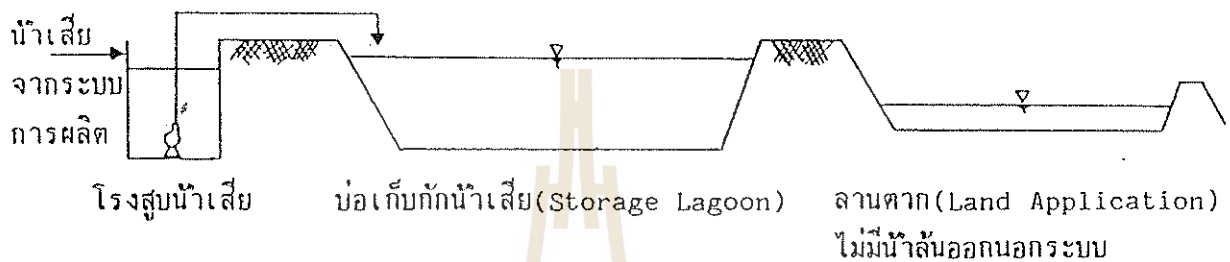
โดยทั่วไปมีความลึก 1 เมตร ทำให้มีสภาพคล้ายกับบ่อกึ่งแอโรบิก บ่อแบบนี้ใช้สำหรับรับน้ำที่ผ่านกรรมวิธีบำบัดมาแล้ว เช่น ตามหลัง facultative pond ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการพองน้ำให้สะอาดขึ้นไปอีก ก่อนระบายลงแม่น้ำ น้ำทิ้งที่เข้าสู่บ่อนี้จะมี BOD ต่ำ การเก็บกักไว้ระยะหนึ่งประมาณ 7 - 10 วัน จะทำให้จุลินทรีย์ตายไป

### 4. บ่อกลางแจ้งแบบใช้ออกซิเจน (High rate pond)

เป็นบ่อที่ออกแบบให้สาหร่ายมีการเจริญเติบโตมากที่สุด ดังนั้นจะมีโปรตีนสูง บ่อนี้ต้องใช้พื้นที่มาก ความลึกบ่อ 0.3 - 0.5 เมตร เพื่อให้แสงแดดทะลุถึงก้นบ่อน้ำทิ้งที่จะมาบำบัดในบ่อนี้ ควรจะต้องผ่านการบำบัดขั้นต้นแยกตะกอนออกเสียก่อน เพราะบ่อต้นตะกอนจะทับถมจนเต็มได้ในเวลาไม่นาน algae ในบ่อนี้จะเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว เพราะได้รับแสงแดดมาก น้ำทิ้งที่ออกจากบ่อบำบัดจึงมีสีเขียวขุ่น เพราะมี algae มาก หากระบายลงสู่แม่น้ำจะทำให้เกิดปัญหาน้ำเสียได้ จึงต้องนำน้ำจากบ่อ High rate มาแยกสาหร่าย โดยตกตะกอนด้วยสารเคมี (Chemical coagulation) แล้วแยกตะกอนออกโดยใช้ระบบทำให้ลอย หรือใช้ถังตกตะกอน ซึ่งบ่อแบบนี้ในประเทศไทย (ลึก 0.45 เมตร เวลาเก็บกัก 1 วัน) BOD loading 450 Kg / ha - d yield 450 Kg of algae / ha - d final effluent BOD = 30 mg / l บ่อแบบนี้มีประสิทธิภาพสูง แต่มีข้อเสียคือ ต้องมีผู้ชำนาญในการดำเนินการ และบำรุงรักษาสาหร่ายที่ถูกกำจัดออกไป

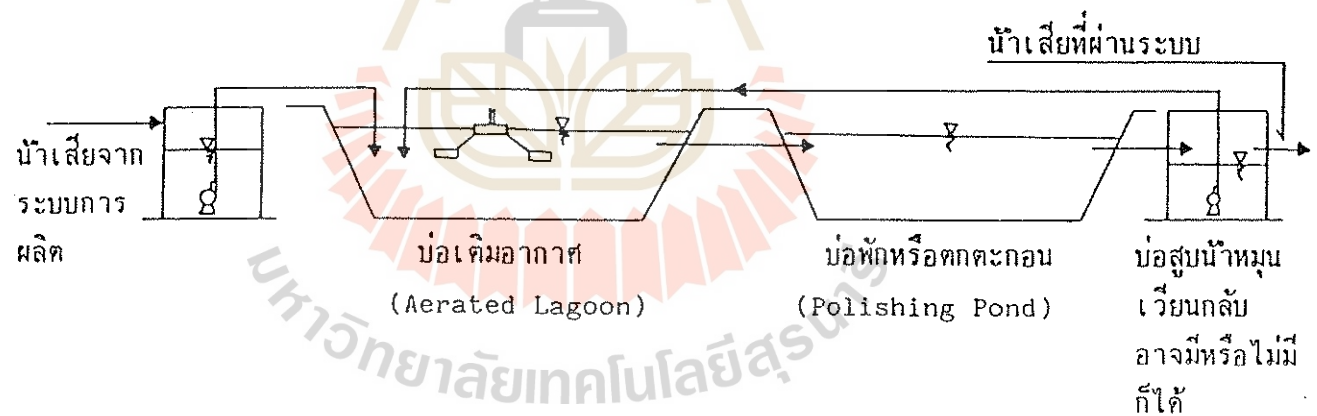
### 11. ระบบบ่อเก็บกักและลานตาก ( Storage lagoon and land application )

วิธีนี้เหมาะสมกับการใช้น้ำเสียที่เป็นอินทรีย์สารล้วนจากโรงงานประเภทอุตสาหกรรมเกษตรวิธีนี้ ได้แก่ การเก็บกักน้ำเสียตลอดช่วงฤดูฝน 6 – 8 เดือน แล้วนำมาตากแห้งแบบนาเกลือบนลานตากอีก 4 – 6 เดือนในฤดูแล้ง เพราะประเทศไทยเป็นประเทศที่มีอุณหภูมิสูง และมีแสงแดดแรง จะสามารถระเหยน้ำได้ในอัตราสูงราว 5 – 6 มม. / วัน กากของแข็งที่แห้งทั้งในบ่อเก็บกักและลานตาก อาจนำมาใช้ประโยชน์ในรูปของอาหารสัตว์ และปุ๋ยอินทรีย์ได้ วิธีนี้มีการลงทุนน้อยและใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับสภาพท้องถิ่น แต่มีข้อเสียคือ ต้องใช้ที่ดินมาก ประมาณ 150 – 200 ไร่



รูปที่ 11 ระบบบ่อเก็บกักและลานตาก ( Storage lagoon and land application )

### 12. ระบบบ่อเติมอากาศ ( Aerated lagoon )



รูปที่ 12 ระบบบ่อเติมอากาศ ( Aerated lagoon )

ระบบนี้เป็นระบบที่ใช้แพร่หลายมากที่สุดระบบหนึ่งในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร ดังปฏิกิริยาของระบบนี้คือ บ่อขนาดใหญ่ ลึกไม่น้อยกว่า 2 เมตร ปฏิกริยาการทำลาย BOD โดยแบคทีเรียจะเกิดขึ้นเร็ว เพราะมีการเติมออกซิเจนด้วยเครื่องมือกล จึงทำให้การเจริญเติบโตของแบคทีเรียไม่ถูกจำกัดด้วยอัตราการเติมออกซิเจน

ระบบบ่อเติมอากาศแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

1. Aerobic lagoon ได้แก่บ่อที่มีกำลังเครื่องเติมอากาศ ( Aerator ) พอเพียงที่จะกวนน้ำในบ่ออย่างทั่วถึงจนไม่มีการตกตะกอนเกิดขึ้นในบ่อ ปฏิกริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้นในบ่อจะเป็นแบบใช้ออกซิเจนตลอดความลึก โดย

ปกติน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อกำจัดแบบนี้จะค่อนข้างขุ่น จำเป็นต้องแยกตะกอนออกโดยการตกตะกอนในถังตกตะกอนหรือบ่อตกตะกอน

2. Facultative lagoon ได้แก่อบ่ที่มีกำลังเครื่องเติมอากาศพอเพียงที่จะให้ออกซิเจนแก่แบคทีเรียตามตัวอย่างที่ต้องการ แต่ไม่เพียงพอที่จะกวนน้ำในบ่ออย่างทั่วถึง ทำให้เกิดการตกตะกอนในบ่อ ตะกอนจะถูกย่อยสลายด้วยปฏิกิริยาชีวเคมีแบบไม่ใช้ออกซิเจน

ข้อดีของระบบ Aerated lagoon คือการควบคุมดูแลทำได้ง่าย ค่าก่อสร้างต่ำ ไม้ใช้พื้นที่ดินมากเกินไป ไม่มีปัญหาการกำจัดกากตะกอน ไม่มีกลิ่นเหม็นและเหตุเดือดร้อนรำคาญอย่างอื่น และประสิทธิภาพสูงพอสมควร

### การตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำเสีย

วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย แบ่งได้ 2 ประเภท

1. วิธีการแบบแยกหรือจ้วง (Grab or catch Samplings) หมายถึง วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำหรือน้ำเสีย ณ เวลาและสถานที่หนึ่ง แล้วนำตัวอย่างน้ำหรือน้ำเสียในแหล่งดังกล่าวมีคุณสมบัติที่ไม่แปรปรวนมาก แต่มีข้อเสียคือ อาจไม่ได้ตัวอย่างน้ำหรือน้ำเสียที่แท้จริง เพราะโดยปกติน้ำเสียมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นการเก็บตัวอย่างจึงควรทำในช่วงเวลาจำนวนครั้งหรือความถี่ และช่วงเวลาในการเก็บที่เหมาะสม

2. วิธีการแบบรวม (Composite sampling) หมายถึง วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำหรือน้ำเสีย ณ จุดใดจุดหนึ่ง ทุกๆช่วงเวลา หรืออาจเป็นการเก็บตัวอย่างหลายๆครั้งในช่วงเวลาเดียวกัน ซึ่งควรเป็นช่วงเวลาที่ไม่มีความแปรปรวนของน้ำหรือน้ำเสียมากนัก ปริมาตรในการเก็บน้ำเสียประเภทนี้เป็นสัดส่วนกับอัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำหรือน้ำเสีย ข้อดีของการวิธีการนี้คือ ลดระยะเวลาในการวิเคราะห์ และค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับสารเคมีได้ค่อนข้างมาก ไม่มีความยุ่งยากในการขนย้ายตัวอย่างน้ำหรือน้ำเสียมายังห้องปฏิบัติการ เพราะมีจำนวนตัวอย่างน้อย แต่มีข้อเสียคือ ใช้ระยะเวลานาน ในการเก็บตัวอย่างน้ำจนครบจำนวนครั้งในการเก็บ

ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นโดยวิธีการนี้มีก็มีสาเหตุมาจาก

1. วิธีการในการเก็บ
2. การถ่ายเทตัวอย่างน้ำเสียที่เก็บมา
3. ช่วงเวลาและความถี่ในการเก็บไม่สอดคล้องกับคุณสมบัติและอัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำ ถ้าน้ำหรือน้ำเสียมีคุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงค่อนข้างมากและตลอดเวลา อาจต้องทำการเก็บทุกชั่วโมง และถ้ามีการเปลี่ยนแปลงน้อย อาจทำการเก็บทุกๆ 2 ชม. หรือถ้ามีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก อาจทำการเก็บทุกๆ 12 ชม.

### ปัจจัยที่มีผลต่อตัวอย่างน้ำเสียที่เก็บ

1. ปริมาตรในการเก็บ หากต้องการทราบเพียงคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี ปริมาตรในการเก็บใช้เพียง 2 ลิตรก็เพียงพอแล้ว ข้อควรระวัง คือ อย่าใช้ตัวอย่างน้ำหรือน้ำเสียเดิมในการวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางเคมี, กายภาพ และแบคทีเรีย เพราะวิธีการเก็บและการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำแต่ละตัวอย่าง มีวิธีการไม่เหมือนกัน
2. ช่วงเวลาในการเก็บและการวิเคราะห์ ขึ้นกับลักษณะน้ำเสีย และวิธีการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามควรวินิจฉัยวิเคราะห์ทันที หากทำไม่ได้ควรเก็บตัวอย่างน้ำเสียไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C และเก็บไว้ในที่มืด ระยะเวลามากที่สุดในการเก็บตัวอย่างน้ำก่อนจะทำการวิเคราะห์เป็นดังนี้คือ น้ำสะอาด (Unpolluted water) 72 ชม., น้ำค่อนข้างสกปรก (Slightly polluted water) 48 ชม. และน้ำสกปรก (Polluted water) 24 ชม.

3. วิธีการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำเสีย เพื่อป้องกันการเกิดไฮโดรไลซิสกับสารเคมี สารประกอบเชิงซ้อน และลดการระเหยของก๊าซบางประเภท

#### ของแข็ง

ของแข็ง หมายถึง สารที่เหลืออยู่เป็น residue หลังจากการนำไประเหยและทำให้แห้งที่  $103 - 105^{\circ}\text{C}$

#### ลักษณะของแข็ง

1. Dissolved solids ส่วนของแข็งที่ละลายน้ำได้
2. Insoluble solids ส่วนของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ แบ่งเป็น
  - 2.1 Suspended solids ส่วนของแข็งที่ไม่ละลายน้ำและแขวนลอยอยู่ในน้ำเนื่องจากมีขนาดเล็ก
  - 2.2 Settleable solids ส่วนของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ มีขนาดใหญ่กว่าชนิดแรก สามารถตกสู่ส่วน

ล่างของภาชนะ

3. Volatile solids ส่วนของของแข็งซึ่งระเหยได้ เมื่อนำไปเผาในอากาศที่อุณหภูมิสูง  $500 \pm 50^{\circ}\text{C}$
4. Fixed solids ส่วนของแข็งหรือขี้เถ้าที่เหลืออยู่จากการเผาของแข็ง ที่อุณหภูมิ  $500 \pm 50^{\circ}\text{C}$

#### ขนาดของของแข็ง

1. Suspended material ประกอบด้วยอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า molecular size อยู่ด้วยแรงลอยตัว ( Buoyant ) และแรงหนืด ( Viscous force ) มีขนาดใหญ่กว่า  $100\ \mu\text{m}$  เป็น true suspension สามารถตกตะกอนได้
2. Colloidal เป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็ก อาจจะไม่ตกตะกอน มีขนาด  $1 - 100\ \mu\text{m}$
3. Dissolved material เป็น molecular ionic dispersion มีขนาดเล็กกว่า  $1\ \mu\text{m}$  เป็น true solution จะไม่ตกตะกอน และไม่สามารถกำจัดได้ด้วยการกรองต้องใช้สารเคมีช่วยในการตกตะกอน

#### ของแข็งใน water supplies

1. Raw surface water
  - 1.1 สารห้อยแขวน แบคทีเรีย จุลินทรีย์ สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์
  - 1.2 สารที่ละลาย
  - 1.3 คอยลอยด์ ทำให้เกิดความขุ่น สี กำจัดโดยใช้การกรอง หรือใช้วิธี coagulation
2. Potable water รวมทั้ง Treated surface water
  - 2.1 สารห้อยแขวนมีปริมาณน้อยมาก
  - 2.2 คอยลอยด์ ทำให้เกิดสี
  - 2.3 ของแข็งที่ละลายได้ เป็นพวกเกลือ

#### การตรวจสอบหาปริมาณของแข็ง

1. Total solids หรือ Total residue ( ทำให้แห้งที่อุณหภูมิ  $103 - 105^{\circ}\text{C}$  )

Total residue หมายถึง สารที่เหลืออยู่หลังจากการนำไประเหยแห้งและทำให้แห้งรวมไปถึง nonfiltrable residue ซึ่งหมายถึงส่วนหนึ่งของ total solids ที่กรองออกได้ และ filtrable residue ซึ่งหมายถึง ส่วนของ total residue ที่กรองได้

ความสำคัญของของแข็งทั้งหมดใช้เป็นข้อมูลในการประเมินของเสียที่มีอยู่ในน้ำเสีย

1. ความเหมาะสมในการอุปโภค บริโภคของมนุษย์
2. ใช้ในการวัดความเค็ม ( Salinity ) ทางอ้อม
3. เป็นข้อมูลที่จำเป็นในการคำนวณ ionic effect
4. คำนวณหาปริมาณของแข็งที่อาจจะเกิดขึ้นใน boiler ( ความหนาของตะกรัน )

## 2. Total dissolved solids ( TDS ) ทำให้แห้งที่ 180 °C

Total dissolved solids หมายถึง ปริมาณสารทั้งหลายที่ละลายในน้ำ เป็นได้ทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์ สารอนินทรีย์อาจเป็นพวกแร่ธาตุ โลหะ และก๊าซ โดยน้ำจะสัมผัสกับสารทั้งในบรรยากาศบนผิวน้ำ และในดิน สารบางชนิดที่เน่าเปื่อยและสลายตัวเป็น TDS เช่น พีช สารอินทรีย์ เคมี ก๊าซอินทรีย์ และมาจากน้ำเสียบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรม

TDS โดยส่วนใหญ่มักเป็นสิ่งที่เราไม่ต้องการ ทำให้เกิดสี กลิ่น รสที่ไม่พึงประสงค์ และสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำบางชนิดเป็นสารที่ทำให้เกิดมะเร็ง

## 3. Total dissolved solids หรือ Total filtratable residue ( ทำให้แห้งที่ 103 – 105 °C )

หมายถึง สารที่กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว และยังคงเหลืออยู่หลังจากระเหยไอน้ำแล้วอบแห้งที่อุณหภูมิ 103 – 105 °C

## 4. Total volatile and fixed solids ( เเผาที่อุณหภูมิ 550 ± 50 °C )

### 4.1 total volatile solids ( TVS )

มีประโยชน์ในการหาปริมาณของสารอินทรีย์ที่มีอยู่ ใช้วิธีการเผาไหม้ให้สารอินทรีย์เปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และ น้ำ ในขณะที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 550 ± 50 °C เพื่อป้องกันการสลายตัว และการระเหยเป็นไอของสารอินทรีย์ น้ำหนักที่หายไปจะถูกรายงานในรูปของสารอินทรีย์ที่มีอยู่ใน wastewater ผลที่ได้จะสะท้อนให้เห็นถึงการสูญเสียจากผลึก การเสียดินอินทรีย์ที่ระเหยได้ก่อนการเผาไหม้ และ ออกซิเดชันที่ไม่สมบูรณ์ของ organic complex บางตัว และการสลายตัวของ mineral salts ระหว่างการเผาไหม้

การที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 550 ± 50 °C เพราะที่อุณหภูมิไม่เกินค่านี้นี้ การสลายตัวของ inorganic salts น้อยที่สุด

### 4.2 Fixed solids หรือ Ash solids

Fixed solids หมายถึงของแข็งที่ยังคงเหลืออยู่หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 550 ± 50°C มีประโยชน์คือ

- ใช้เป็นข้อมูลในการ operate primary tank
- ใช้วัดประสิทธิภาพ secondary tank และ sludge digester

## 5. Suspended solids ( SS )

ของแข็งแขวนลอย หมายถึง ส่วนของ residue ที่เหลือบนกระดาษกรองใยแก้วมาตรฐานหลังจากการกรองตัวอย่างและนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 103–105°C ประกอบด้วยอนุภาคที่เป็นสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์ หรือเป็นของเหลวที่เข้ากันไม่ได้กับน้ำแขวนลอยอยู่ ( immersible liquid ) ของแข็งที่เป็นสารอนินทรีย์คือ clay, silt และ soil constituent สารอินทรีย์ เช่น เส้นใยพืชและพวกสิ่งมีชีวิต เช่น สาหร่าย แบคทีเรีย ของแขวนลอยอื่นๆ มักจะ

เกิดจากการใช้น้ำของมนุษย์ เช่น น้ำทิ้งจากบ้านเรือน ซึ่งมันจะเป็นพวกสารอินทรีย์ น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์ น้ำมันและไขมัน

ของแข็งแขวนลอยมีผลให้น้ำเป็นที่น่ารังเกียจ และเป็นตัวดูดซับสารเคมี ของแข็งแขวนลอยที่เป็นสารอินทรีย์สามารถย่อยสลายได้โดยวิธีชีววิทยา และของแข็งแขวนลอยบางชนิดก็คือ จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

ความสำคัญ

- มีความสำคัญในการวัดคุณภาพน้ำเข้าระบบ และใช้เป็นตัวตรวจสอบระบบบำบัด
- เป็น parameter ในการประเมินความเข้มของน้ำเสีย

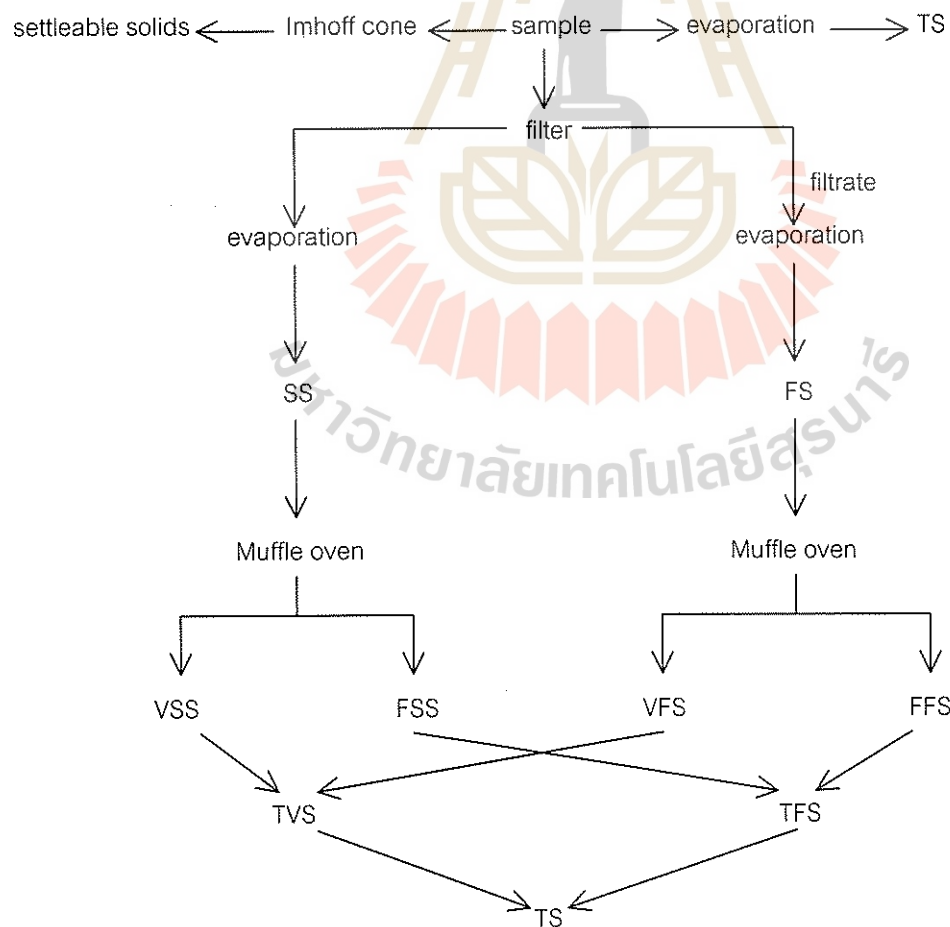
6. Settleable solids

หมายถึง ของแข็งแขวนลอยที่สามารถตกตะกอนได้ภายในเวลาที่กำหนด เช่น 1 ชั่วโมง ( ถ้าเป็น big scale ใช้ 2 ชั่วโมง ) ประกอบด้วย organic matter และ microbial matter เป็นส่วนใหญ่

ความสำคัญ

- เป็นข้อมูลในการออกแบบ settling basin
- เป็นตัวบอกประสิทธิภาพของบ่อตกตะกอน
- เป็นข้อมูลในการออกแบบบ่อตกตะกอน

สรุปของแข็ง

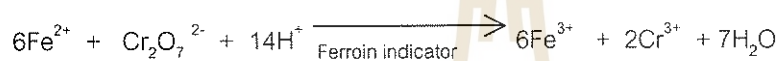




### Chemical Oxygen Demand ( COD )

COD คือ ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่มาจาก oxidizing agent ที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำทั้ง oxidizing agent ที่ใช้ได้แก่  $K_2Cr_2O_7$ ,  $KMnO_4$  เป็นต้น  $K_2Cr_2O_7$  จัดว่าเป็น oxidizing agent ที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากมันสามารถออกซิไดซ์สารอินทรีย์ได้หลายชนิดมากกว่า oxidizing agent ชนิดอื่น

การใช้  $K_2Cr_2O_7$  ออกซิไดซ์สารอินทรีย์นั้นจำเป็นต้องใช้กรดเข้มข้น และอุณหภูมิสูง ดังนั้นจึงอาจทำให้สารจำพวกระเหยง่ายที่อยู่ในตัวอย่างน้ำหนีหายไปได้ จึงจำเป็นต้องป้องกันโดยการให้ reflux condenser เป็นตัวจับ  $K_2Cr_2O_7$  ที่ใช้นั้นจะต้องทราบจำนวนและความเข้มข้นที่แน่นอน หลังจาก reflux เป็นเวลา 1.5 ชม. แล้ว สารอินทรีย์จะถูกออกซิไดซ์ จากนั้นให้หาปริมาณ oxidizing agent ที่เหลือหลังการ reflux โดยนำไปไทเทรตกับ Ferrous ammonium ที่ทราบความเข้มข้น และปริมาณที่ใช้ ทำให้ทราบปริมาณของออกซิเจนจาก  $K_2Cr_2O_7$  ที่ใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ได้ดังปฏิกิริยา



สีจะเปลี่ยนจากสีเหลืองของ  $Cr_2O_7^{2-}$  ไปเป็นสีน้ำตาลแดงของ  $Fe^{3+}$  เมื่อถึงจุดยุติสีจะเปลี่ยนอย่างรวดเร็วจากฟ้าอมเขียวเป็นน้ำตาลแดง

สารอินทรีย์บางชนิดโดยเฉพาะกรดไขมันที่มีโมเลกุลน้อยๆ ( low molecular weight ) ไม่สามารถถูกออกซิไดซ์ได้โดย Dichromate จึงใส่ Catalyst เป็นตัวช่วยเร่งปฏิกิริยาซึ่งได้แก่  $AgSO_4$  ถ้าไม่สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้ทันที ควรเก็บรักษาตัวอย่างน้ำทั้งโดย เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น  $2 \text{ cm}^3 / \text{l}$  ของตัวอย่างน้ำ สามารถเก็บได้ถึง 7 วัน

#### ความสำคัญของ COD

1. มีความสำคัญต่อการศึกษาคุณลักษณะของน้ำทั้งจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆหรือจากบ้านเรือน
2. ทำให้ทราบความสามารถของแม่น้ำลำคลอง ใช้ประโยชน์ในการทำ Stream survey
3. ใช้ในการควบคุมโรงบำบัดน้ำทิ้ง
4. ใช้ในการประเมินค่า BOD อย่างคร่าวๆ
5. เป็นประโยชน์ในการ survey Design sewage system เนื่องจากค่า COD สามารถวิเคราะห์ได้รวดเร็ว ทำให้แก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการควบคุมระบบทำได้อย่างทันท่วงที
6. เมื่อพิจารณา COD ร่วมกับค่า BOD สามารถบอกได้ว่าน้ำทิ้งนั้นมีสารเป็นพิษ หรือสารที่จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายได้เป็นเท่าใด

#### ข้อเสียของค่า COD

Dichromate ที่ใช้เป็น Oxidizing agent จะไปย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำทิ้ง ไม่ว่าจะเป็สารที่แบคทีเรียย่อยได้หรือไม่ก็ตาม ทำให้ค่า COD สูงกว่า BOD เว้นแต่ในกรณีที่มีสารอินทรีย์ที่ระเหยได้ง่ายเมื่อถูกความร้อน หรือสารอินทรีย์นั้นๆไม่ถูกย่อยสลายได้โดย oxidizing agent ที่ใช้ เนื่องจากการวิเคราะห์ค่า

COD เป็นการย่อยสลายสารอินทรีย์โดย oxidizing agent จึงไม่เป็นไปตามธรรมชาติเหมือนการย่อยสลายโดยแบคทีเรีย ดังนั้นค่า COD เพียงอย่างเดียวจึงบอกไม่ได้ว่าสารอินทรีย์ในน้ำที่นั้นย่อยสลายตามธรรมชาติได้ยากง่ายเพียงใด ค่าของ COD และ BOD ของน้ำที่ชนิดหนึ่งๆ ไม่มีความสัมพันธ์กันแน่นอน ถ้านำผลของการทดลองทั้งสองไปเขียนกราฟจะได้จุดที่กระจัดกระจายมาก แต่ในบางกรณีค่า COD กับ BOD อาจมีความสัมพันธ์กันได้ซึ่งทำให้สามารถประมาณค่า BOD จาก COD ได้

ในน้ำที่มักมีสารรบกวนจาก  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$  และ  $\text{I}^-$  แต่ส่วนใหญ่จะเป็นพวก  $\text{Cl}^-$  สารเหล่านี้จะถูกออกซิไดซ์โดยไดโครเมตภายใต้สภาวะที่เป็นกรด ทำให้ค่า COD สูงขึ้นเนื่องจากไดโครเมตถูกใช้เพิ่มขึ้น สามารถแก้ไขได้โดยให้สารรบกวนเหล่านี้ทำปฏิกิริยากับ  $\text{HgSO}_4$  ได้เป็น  $\text{HgCl}_2$  ซึ่งเป็นสารที่ไม่ค่อย Ionize นอกจากนี้แล้วในการหา COD ยังใช้  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  เป็น Catalyst เพื่อให้ปฏิกิริยาในการออกซิไดซ์ทำงานได้ดีขึ้น  $\text{Ag}^+$  บางส่วนจะทำปฏิกิริยากับ  $\text{Cl}^-$  เกิดเป็นตะกอน  $\text{AgCl}$  ถ้าในน้ำที่มีปริมาณไนโตรเจนมากจะถูกออกซิไดซ์โดยไดโครเมตได้ทำให้ค่า COD สูงกว่าที่ควรจะเป็น สามารถกำจัดได้โดยเติมกรดซัลฟิวริกลงไป 10 mg ต่อทุกๆ มิลลิกรัมของไนโตรเจนใน refluxing flask

การวิเคราะห์หา COD ของสารละลายมาตรฐาน

สารละลายมาตรฐานที่ใช้ อาจเป็นกลูโคส หรือ Potassium acid phthalate ตามทฤษฎีกลูโคส 1 g จะให้ COD 1.067 g ดังนั้นต้องชั่ง กลูโคสมา 468.6 mg ละลายในน้ำกลั่นแล้วเจือจางให้เป็น 1000 ลบ.ซม. สารละลายนี้มีค่า COD 500 mg/l สำหรับ Potassium acid phthalate 1 g มีค่า COD ตามทฤษฎีเป็น 1.176 g ถ้าละลาย Potassium acid phthalate 425.1 mg แล้วเจือจางให้เป็น 1000 ลบ.ซม. สารละลายนี้จะมีค่า COD เป็น 500 mg/l การใช้สารละลาย Potassium acid phthalate จะให้ผลดีกว่ากลูโคสเพราะคงตัวกว่า และถูกย่อยสลายได้อย่างรวดเร็ว

### Biochemical Oxygen Demand ( BOD )

BOD คือปริมาณของออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในเวลา 5 วันโดยแบคทีเรียที่อุณหภูมิ  $20^\circ\text{C}$

#### ความสำคัญของ BOD

1. นำไปใช้ในการกำหนด BOD load ซึ่งใช้ในระบบบำบัด ถ้าทราบอัตราการไหลของน้ำที่ทั้งและค่า BOD
2. ใช้เป็นตัวกำหนดขนาดของระบบบำบัด
3. บอกให้ทราบถึงปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำที่
4. ใช้วัดประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำที่
5. ใช้ในการควบคุมการเน่าเสียของแม่น้ำลำคลอง

เนื่องจากการวิเคราะห์ BOD เป็นการวัดปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้ทั้งหมดในเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ  $20^\circ\text{C}$  จึงต้องป้องกันการละลายจากออกซิเจนภายนอก และการหนีหายของออกซิเจนภายในขวดทดลอง จึงจำเป็นต้องใช้ขวดพิเศษที่เรียกว่า BOD bottle อุณหภูมิที่ใช้คือ  $20^\circ\text{C}$  ซึ่งเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำโดยทั่วไป จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายอินทรีย์สารได้ ตามทฤษฎีพบว่าอินทรีย์สารจะถูกย่อยได้เกือบหมด 20 วัน แต่การวิเคราะห์ไม่สามารถจะทำได้ในเวลานี้เนื่องจากใช้เวลานาน จึงกำหนดเวลา 5 วัน ซึ่งอินทรีย์สารส่วนใหญ่จะถูกย่อยสลาย

และค่า BOD ที่ได้เป็นค่าที่ไม่แปรปรวนเนื่องจากกระบวนการ Nitrification มากนัก เพราะจุลินทรีย์ที่ออกซิไดซ์แอมโมเนีย ( Nitrifying bacteria หรือ Nitrifiers ) จะไม่เกิดขึ้นในระหว่าง 5 วันของการทดสอบ ซึ่ง จุลินทรีย์ชนิดนี้มีอัตราการเจริญเติบโตค่อนข้างช้า หากเกิด Nitrification ขึ้นจะทำให้ BOD สูงกว่าความเป็นจริง เพราะออกซิเจนถูกใช้ไปในการออกซิไดซ์สารอนินทรีย์พวกไนโตรเจน ในกรณีของน้ำทิ้งจากบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรมหลายชนิดพบว่า  $BOD_5$  จะมีค่าประมาณ 70 – 80 % ของ BOD ทั้งหมดซึ่งนับว่ามีค่ามากพอที่จะใช้ในการพิจารณาค่าของ BOD ได้

#### สาเหตุที่ทำให้การวิเคราะห์หาค่า BOD ผิดพลาด

1. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  จะมีค่า BOD เพิ่มขึ้นหรือลดลงประมาณ 4.7 % ดังนั้นอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองจึงต้องคงที่ตลอดเวลา 5 วัน โดยเก็บขวด BOD bottle ไว้ใน incubate ซึ่งควบคุมอุณหภูมิให้คงที่อยู่ที่  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$
2. ส่วนประกอบของ dilution water น้ำที่จะนำมาทำ dilution water ต้องมีการพ่นอากาศเข้าไปจนมี DO อิ่มตัวละลายอยู่ อาจใช้น้ำประปาหรือน้ำกลั่นก็ได้ แต่ต้องเป็นน้ำซึ่งไม่มีสารอินทรีย์หรือสิ่งที่เป็นพิษต่อแบคทีเรียละลายอยู่ ควรเตรียม Standard dilution water ใหม่ก่อนใช้ทุกครั้ง ไม่ควรเก็บไว้ในขวดเกิน 1 สัปดาห์ มิฉะนั้นค่า BOD จะสูงกว่าความเป็นจริง เนื่องจากเกิด Nitrification ของสารประกอบแอมโมเนีย
3. dilution ของ sample ที่ใช้ เนื่องจากค่าของ BOD ขึ้นอยู่กับ dilution ที่ใช้ จึงควรเลือก dilution ที่เหมาะสม ที่จะทำให้มีการใช้ออกซิเจนละลาย ( DO ) ภายในเวลา 5 วัน เป็นประมาณ 50 % และควรเลือก dilution ที่ทำให้มี DO ในวันที่ 5 เหลือไม่น้อยกว่า  $0.2\text{ mg/ลบ.ซม.}$
4. Bacteriostatic และ Bactericidal substance ในน้ำทิ้งหรือ ใน dilution water ที่มี inhibiting substance เช่นพวกโลหะหนัก ถ้ามีปริมาณน้อยจะประับการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ถ้ามีมากจะไปทำลายแบคทีเรียทำให้ค่า BOD น้อยกว่าความเป็นจริงมาก ดังนั้นในน้ำทิ้งที่มีพวกโลหะหนักอยู่ จะหาค่า Permanganate ที่ 4 ซม.แทนการหา BOD ถ้าตัวอย่างน้ำมีความเป็นกรดหรือด่างมากต้องทำให้เป็นกลางเสียก่อน
5. Nitrification หากเกิด Nitrification ขึ้นจะทำให้ BOD สูงกว่าความเป็นจริง เพราะออกซิเจนถูกใช้ไปในการออกซิไดซ์สารอนินทรีย์พวกไนโตรเจน เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องจึงจำเป็นต้องกำจัดการเกิด Nitrification ให้หมดไป
6. อาหารเสริม แบคทีเรียต้องการอาหารเสริมเพื่อการเจริญเติบโตและการทำงาน ธาตุที่สำคัญคือ N, P, S ถ้าปริมาณ N และ P มีในน้ำทิ้งอย่างเพียงพอจะช่วยให้แบคทีเรียทำงานได้โดยไม่ต้องใส่เพิ่มใน dilution water สำหรับน้ำทิ้งที่มีไนโตรเจนและโพแทสเซียมน้อย ถ้าไม่มีการเติมอาหารเสริมใน dilution water ให้กับแบคทีเรียจะทำให้ค่า BOD ต่ำกว่าที่ควรจะเป็น
7. หัวเชื้อ ( seeding ) ในน้ำทิ้งบางชนิดที่มีปริมาณแบคทีเรียมากพอไม่จำเป็นต้องมีการเติมหัวเชื้อ แต่ในน้ำทิ้งบางชนิดที่มี pH ต่ำหรือสูงมาก หรือมีสารที่เป็นพิษต่อแบคทีเรีย เช่น ปรอท ทองแดง แคดเมียม ในกรณีนี้จำเป็นต้องหาแบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียนั้นๆ ได้มาใส่ การที่หาแบคทีเรียมาเพิ่มให้นี้เรียกว่าการทำ seeding หรือการใส่หัวเชื้อ ซึ่ง seeding นี้ อาจมาจากดิน sewage effluent หรือ night soil ก็ได้

8. ผลของ anaerobic microorganism น้ำที่มาจากแหล่งที่มี DO ต่ำ หรือไม่มีเลย จะมีแบคทีเรียชนิดที่อยู่ในออกซิเจนจำนวนน้อยหรืออาจจะไม่มีเลยก็ได้ ถ้านำน้ำจากแหล่งเหล่านี้มาหา BOD พบว่าแบคทีเรียที่มีอยู่ในตัวอย่างน้ำเหล่านั้นจะต้องปรับตัวหรือเรียกว่า "พัก" ระหว่าง 2 – 3 วัน เพื่อปรับสภาวะที่ facultative ให้เป็น aerobic ดังนั้นค่า BOD จึงต่ำกว่าปกติ

9. สาเหตุอื่นๆที่ทำให้ค่า BOD ผิดพลาด เช่น ถ้ามีสารรบกวนในการหา DO จำเป็นต้องแก้ไขก่อนตามวิธีหา DO นอกจากนั้นขนาดของขวดที่ใช้หา BOD ที่มีขนาดต่างกัน อัตราส่วนของพื้นที่ภายในต่อปริมาตรที่ต่างกันจะมีผลต่อการทำงานของแบคทีเรียได้

#### การทำ dilution water

นำน้ำสะอาด อาจเป็นน้ำประปาหรือน้ำกลั่นก็ได้ มาเติมอากาศจนอิ่มตัวด้วยออกซิเจน แล้วใส่อาหารเสริมก่อนทำการวิเคราะห์ดังนี้

1.  $MgSO_4$  solution 1 ml / l (  $MgSO_4 \cdot 7 H_2O$  22.5 g ในน้ำกลั่น 1 ลิตร )
2.  $CaCl_2$  solution 1 ml / l (  $CaCl_2$  27.5 g ในน้ำกลั่น 1 ลิตร )
3.  $FeCl_3$  solution 1 ml / l (  $FeCl_3 \cdot 6 H_2O$  0.25 g ในน้ำกลั่น 1 ลิตร )
4. buffer solution 1 ml / l (  $KH_2PO_4$  8.5 +  $K_2HPO_4$  33.3 g +  $Na_2HPO_4 \cdot 7 H_2O$  +  $NH_4Cl$  1.7 g ในน้ำกลั่น 1 ลิตร )

น้ำนี้จึงจะเหมาะสมที่จะใช้เป็น dilution water สำหรับการวิเคราะห์ BOD ต่อไป การที่จะทำ dilution นั้น อาจคิดเป็น % mixture หรืออาจจะปิเปตตัวอย่างน้ำใส่ในขวด BOD โดยตรงเป็นจำนวนที่มีลิตร และวัดปริมาตรขวดนำมาคำนวณหา BOD ได้ แต่นิยมใช้วิธีคิดเป็น % mixture ในการที่จะเจือจางตัวอย่างน้ำที่ % นั้น มีตารางประกอบการประมาณค่า BOD อย่างคร่าวๆ ดังนี้

ตารางที่ 1 การประมาณค่า BOD อย่างคร่าวๆ เพื่อประกอบการทำ dilution

การทำ %mixture		การทำแบบ direct pipetting ใส่ในขวด BOD ขนาด 300 มล.	
%mixture	มก. / ลบ.ตม. BOD	มล.	มก./ ลบ.ตม.
0.01	20,000 – 70,000	0.02	30,000 – 105,000
0.02	10,000 – 35,000	0.05	10,000 – 42,000
0.05	4,000 – 14,000	0.1	6,000 – 21,000
0.1	2,000 – 7,000	0.2	3,000 – 10,500
0.2	1,000 – 3,500	0.5	1,200 – 42,000
0.5	400 – 1,400	1.0	600 – 2,100

ตารางที่ 1 การประมาณค่า BOD อย่างคร่าวๆ เพื่อประกอบการทำ dilution ( ต่อ )

การทำ %mixture		การทำแบบ direct pipetting ใส่ในขวด BOD ขนาด 300 มล.	
%mixture	มก. / ลบ.ตม. BOD	มล.	มก./ ลบ.ตม.
1.0	200 – 700	2.0	300 – 1,000
2.0	100 – 350	5.0	120 – 420
5.0	40 – 140	10.0	60 – 210
10.0	20 – 70	20.0	30 – 105
20.0	10 – 35	50.0	12 – 42
50.0	4 – 11	100.0	6 – 21
100.0	0 – 5	300.0	0 – 7

#### การทำ Seeding

วิธีนี้ใช้สำหรับตัวอย่างน้ำที่ไม่มีแบคทีเรียอยู่เลย หรือมีอยู่ปริมาณน้อยมากและไม่ active จำเป็นที่จะต้องหาแบคทีเรียจากที่อื่นมาช่วยในการย่อยสลายน้ำทิ้งชนิดนั้น ในกรณีนี้น้ำทิ้งมี pH สูงหรือต่ำเกินไป ต้องทำ pH ให้เป็นกลาง โดยใช้กรดหรือด่างก่อนแล้วจึงใส่ seed ที่หลัง ในบางกรณีนี้น้ำทิ้งมีสารพิษซึ่งแบคทีเรียไม่สามารถอยู่ได้ ถ้าใส่ seed ไปโดยตรง แบคทีเรียจะตาย จำเป็นที่ต้องเลี้ยงแบคทีเรียขึ้นมาให้คุ้นเคยกับตัวอย่างน้ำที่มีสารพิษนั้น แล้วจึงนำมาใช้เป็น seed ต่อไป วิธีนี้เรียกว่า " Acclimatization of Seed "

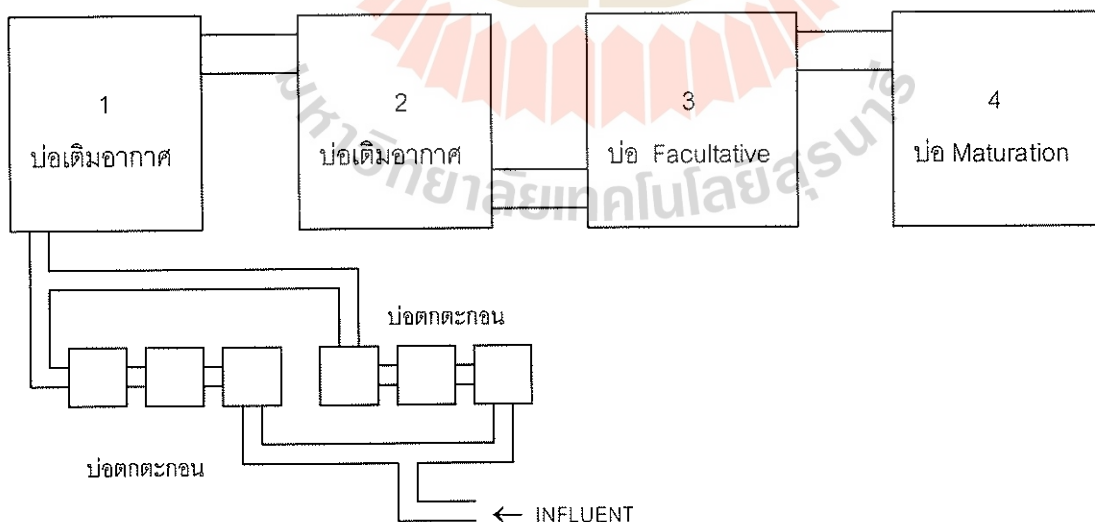
เนื่องจากค่าของ BOD ขึ้นอยู่กับการทำงานของแบคทีเรียมาก ในน้ำทิ้งที่มีสารพิษอยู่จะทำให้ได้ค่า BOD น้อยมาก ดังนั้นจึงหา 4 ชม. Permanganate value แทน โดยใช้ออกซิเจนในไปแทลเซียมเปอร์แมงกาเนตไปออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในน้ำทิ้ง

#### การทำ Acclimatization of Seed

นำน้ำทิ้งชนิดที่จะหา BOD มา 10% ของปริมาตรภาชนะ โดยมากใช้บีกเกอร์ขนาด 10 ลิตรใส่รวมกับ domestic waste หรือ night soil ก็ได้ 5 – 10 % โดยปริมาตร แล้วเติมน้ำให้ครบ 100 % แล้วพ่นอากาศลงไป แบคทีเรียใน domestic waste หรือ night soil จะค่อยๆปรับตัวให้เข้ากับ Toxic waste นั้นๆ แบคทีเรียชนิดใดที่ทนไม่ได้จะตายไป ในวันต่อมาหยุดการเป่าอากาศดูสัดส่วนที่เป็นน้ำใส 10 %ทิ้งไป แล้วเติม toxic waste 10% แล้วเป่าอากาศ ในวันต่อมาแต่ละวันก็เพิ่มอีกวันละ 10% ทำจนครบ 100% หรือมีปริมาณแบคทีเรียที่ทนต่อ toxic waste ชนิดนั้นๆ มากพอที่จะใช้เป็น seed ได้

### ระบบบำบัดน้ำเสียในโรงงานเยนเนอร์ล ฟีด โปรดักส์

การบำบัดน้ำเสียของโรงงานมีการบำบัดโดยเริ่มจากการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นคือ การทำให้ตกตะกอน โดยน้ำเสียจากกระบวนการผลิตไหลเข้าบ่อตกตะกอนขนาดเล็ก 3 บ่อ ซึ่งเรียงต่อกัน จะกักน้ำเสียไว้ในบ่อตกตะกอนเป็นระยะเวลาหนึ่ง เพื่อให้น้ำหยุดนิ่งให้ตะกอนแป้งและสารแขวนลอยจมตัวเองลงสู่ก้นบ่อด้วยแรงดึงดูดของโลก น้ำที่ผ่านบ่อตกตะกอนมีลักษณะสีขาวขุ่นและตะกอนแป้งลดน้อยลง ส่วนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียขั้นที่สอง ทำโดยใช้วิธีทางชีววิทยาแบบบ่อบำบัดกลางแจ้งมี 4 บ่อ วางเรียงต่อกันแบบอนุกรมดังรูปที่ 13 โดยบ่อที่ 1 เป็นบ่อบำบัดแบบเติมอากาศ ลักษณะบ่อเป็นบ่อสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีเครื่องเติมอากาศใต้ผิวน้ำ ( Jet Aerator ) เป็นแบบลอยอยู่เหนือผิวน้ำ ( Floating type ) มี 6 เครื่อง ลักษณะน้ำเสียในบ่อที่ 1 มีสีน้ำตาลปนแดงมีกลิ่นเหม็นรุนแรงมาก ส่วนบ่อที่ 2 เป็นบ่อเติมอากาศ มีลักษณะเหมือนกับบ่อ 1 แต่มีเครื่องเติมอากาศจำนวน 2 เครื่อง ลักษณะน้ำในบ่อมีสีเขียวปนน้ำตาลแดง มีกลิ่นเหม็นเล็กน้อย ส่วนบ่อที่ 3 เป็นบ่อบำบัดแบบ Facultative หรือบ่อฝืด มีสาหร่ายสีเขียวเจริญเติบโตเป็นจำนวนมากบริเวณก้นบ่อทำให้น้ำมีสีเขียวเข้มแต่ไม่มีกลิ่นเหม็น และบ่อที่ 4 เป็นบ่อบำบัดแบบ Maturation หรือ บ่อบ่ม เป็นบ่อที่สามารถใช้ปลูกต้นบัวและเลี้ยงปลาภายในบ่อได้ น้ำภายในบ่อ 4 มีสีเขียวอ่อน ไม่มีกลิ่นเหม็นเมื่อผ่านการบำบัดทั้ง 4 บ่อแล้ว น้ำเสียมีคุณภาพน้ำดีขึ้น และได้มีการระบายน้ำเสียโดยสูบน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้รดน้ำต้นไม้ ปล่อยในบริเวณใกล้เคียงเพื่อใช้ประโยชน์ด้านการเกษตร และระบายน้ำเสียโดยใช้วิธี Subsoil irrigation ระบายน้ำเสียให้ซึมผ่านพื้นที่ที่ได้เตรียมไว้ ส่วนการกำจัดตะกอนทำโดยนำตะกอนแป้งมาตากแห้งบริเวณลานตาก และนำไปเผาในเตาเผา



รูปที่ 13 แสดงแผนผังการบำบัดน้ำเสีย

## 1. การสำรวจทางกายภาพของระบบบำบัดน้ำทิ้ง

ขนาด พื้นที่ และปริมาตรของบ่อบำบัดแต่ละบ่อ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของบ่อบำบัด

บ่อที่	ชนิดของบ่อบำบัด	ขนาดของบ่อ (m×m)	พื้นที่ (m <sup>2</sup> )	ปริมาตร (m <sup>3</sup> )
1	Aerated pond	45 × 69	3,105	3,622.50
2	Aerated pond	64.5 × 31	1,999.5	2,031.75
3	Facultative pond	59 × 31	1,829	1,878.50
4	Maturation pond	53 × 31	1,643	2,067.00

หมายเหตุ ความลึกของทุกบ่อ 1.5 เมตร และทุกบ่อมี slope 5 : 3

## 2. แหล่งรับน้ำทิ้ง

น้ำทิ้งที่ได้จากกระบวนการผลิตมีดังนี้

- น้ำทิ้งที่ได้จากขั้นตอนการล้างข้าวก่อนเข้าถังแช่ ลักษณะน้ำทิ้งมีสีขาวค่อนข้างใส และมีสิ่งเจือปนลอยอยู่ในน้ำ
- น้ำทิ้งที่ได้จากขั้นตอนการแช่ข้าว ลักษณะน้ำมีสีขาวขุ่นมีฟองขาว มีเม็ดข้าวเล็กและสิ่งสกปรกลอยอยู่ในน้ำทิ้ง
- น้ำทิ้งที่ได้จากขั้นตอนการล้างข้าวก่อนการโม่ ลักษณะน้ำมีสีขาวค่อนข้างใส
- น้ำทิ้งที่ได้จากขั้นตอนการบีบอัดทำให้แห้งแห้ง ลักษณะน้ำมีตะกอนแป้งปะปนอยู่ มีสีขาวขุ่น
- น้ำทิ้งที่ได้จากขั้นตอนการทำความสะอาดเครื่องจักร อุปกรณ์ และบริเวณพื้นภายในโรงงาน ลักษณะน้ำค่อนข้างใส บางครั้งมีคราบน้ำมัน และตะกอนแป้งปะปนอยู่
- น้ำทิ้งจากน้ำใช้ทั่วไป มีลักษณะน้ำใส

## 3. การวัดปริมาณน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิต

หลักการ กำหนดระยะทางบริเวณทางระบายน้ำให้มีระยะห่างพอสมควร วัดความกว้างของทางระบายน้ำ และความลึกของระดับน้ำ นำอุปกรณ์ที่ลอยน้ำได้ เช่น โฟม ลูกปิงปอง ปล่อยให้ลอยอย่างอิสระในระยะทางที่ได้กำหนดไว้พร้อมกับจับเวลา บันทึกผล คำนวณหาอัตราการไหล ได้ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงอัตราการไหลของน้ำเสีย

เวลา	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	ลึก (cm)	เวลาที่ใช้ (s)	ปริมาตรน้ำ (cm <sup>3</sup> )	Q (cm <sup>3</sup> /hr.)
11.00	39.05	1000.00	4.76	33.39	185,878.00	17,839,530.79
15.00	39.05	1000.00	5.45	47.46	212,822.50	16,143,299.62
19.00	39.05	1000.00	6.69	84.79	261,244.50	11,091,876.40
23.00	39.05	1000.00	4.83	59.63	188,611.50	11,386,909.27
03.00	39.05	1000.00	5.36	66.04	209,308.00	11,409,193
07.00	39.05	1000.00	6.36	53.01	248,358.00	16,865,760
11.00	39.05	1000.00	4.36	78.89	170,258.00	7,769,410.80

วันที่เก็บข้อมูล ตั้งแต่วันที่ 29 มกราคม 2542  
ถึงวันที่ 30 มกราคม 2542

ดังนั้นอัตราการไหลของน้ำเสียใน 1 วันเท่ากับ 362,510,637.80 cm<sup>3</sup> / วัน

ตารางที่ 4 แสดงอัตราการไหลของน้ำเสีย

เวลา	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	ลึก (cm)	เวลาที่ใช้ (s)	ปริมาตรน้ำ (cm <sup>3</sup> )	Q (cm <sup>3</sup> /hr.)
11.00	39.05	1000.00	5.72	82.04	223,366.00	9,801,530.40
15.00	39.05	1000.00	4.62	106.23	180,411.00	6,113,669.40
19.00	39.05	1000.00	3.56	101.33	139,018.00	4,938,959.50
23.00	39.05	1000.00	6.17	65.58	240,938.50	13,226,267.15
03.00	39.05	1000.00	5.79	49.35	226,099.50	16,480,222.72
07.00	39.05	1000.00	6.74	37.86	263,197.00	25,026,656.10
11.00	39.05	1000.00	5.53	51.31	215,946.50	15,151,186.90

วันที่เก็บข้อมูล ตั้งแต่วันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2542  
ถึงวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2542

ดังนั้นอัตราการไหลของน้ำเสียใน 1 วันเท่ากับ 311,103,401.80 cm<sup>3</sup> / วัน

สรุปอัตราการไหลเฉลี่ยของน้ำเสียใน 1 วัน เท่ากับ 336,807,019.80 cm<sup>3</sup> / วัน



#### 4. การสำรวจคุณลักษณะน้ำทิ้ง

โดยสำรวจน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตและน้ำทิ้งจากระบบบำบัด ดังตารางที่ 5 และ 6

ตารางที่ 5 แสดงคุณลักษณะน้ำทิ้งที่ได้จากกระบวนการผลิต

Parameter	ผลการวิเคราะห์
BOD (mg/l)	2,310
COD (mg/l)	3,315

ตารางที่ 6 แสดงคุณลักษณะน้ำทิ้งที่ได้จากระบบบำบัด

บ่อที่	BOD(mg/l)	COD(mg/l)
1	645	741
2	348	566
3	263	351
4	77	129

หมายเหตุ วันที่เก็บตัวอย่าง 5 มีนาคม 2542 เวลา 7.30 น. อุณหภูมิน้ำเฉลี่ย 29 °C

#### 6. การคำนวณประสิทธิภาพของระบบบ่อบำบัด

ประสิทธิภาพของบ่อบำบัด สามารถคำนวณออกมาเป็นค่า % การกำจัดปริมาณสารอินทรีย์ในรูป BOD ( BOD removal ) เทียบกับปริมาณสารอินทรีย์ที่เข้าสู่บ่อบำบัด (ดูภาคผนวก ก) จากการสำรวจข้อมูลปริมาณน้ำทิ้ง และคุณสมบัติของน้ำทิ้งพบว่า

BOD 2,310 mg / l

Hydraulic loading 331.35 m<sup>3</sup> / d.

BOD loading 765.42 kg BOD / d.

ตารางที่ 7 แสดงปริมาณ BOD และ COD ที่เข้าและออกในแต่ละบ่อ

บ่อที่	BOD เข้า(mg/l)	BOD ออก(mg/l)	COD เข้า(mg/l)	COD ออก(mg/l)
1	2,310	645	3,315	741
2	645	348	741	566
3	348	263	566	351
4	263	77	351	129

ตารางที่ 8 แสดง Parameter และประสิทธิภาพของบ่อบำบัด 4 บ่อ

บ่อที่	HRT (วัน)	Bod loading (kg BOD/ d)	Volumetric BOD Loading (g BOD / m <sup>3</sup> - d )	BOD removal (%)	COD removal (%)	COD : BOD
1	10	765.42	211.20	72.08	77.65	1.44 : 1
2	6	213.72	105.19	46.05	23.62	1.15 : 1
3	5	115.31	61.38	24.43	37.99	1.63 : 1
4	6	87.30	42.24	70.42	63.25	1.33 : 1

จากการตรวจวิเคราะห์ BOD และ COD ในน้ำเสียจากกระบวนการผลิตภายในโรงงานพบว่า การบำบัดน้ำเสียควรมีการปรับปรุง เนื่องจากค่า BOD และ COD มีค่าเกินมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม เพื่อเป็นการปรับปรุงให้ระบบบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. การขุดปริมาตรบ่อให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อเพิ่มเวลาในการให้ออกซิเจน และเพิ่มการย่อยสลายสารอินทรีย์ให้มากขึ้น ช่วยลดค่า BOD ให้น้อยลง ข้อดีคือ เสียค่าใช้จ่ายน้อย ใช้เวลาไม่นาน ข้อเสียคือ ภายในโรงงานไม่มีบริเวณเพียงพอที่จะขุดเพิ่ม และอาจทำให้พื้นดินบริเวณริมตลิ่งถล่มลงมาเกิดความเสียหายได้

2. การใช้สารเคมี เช่นสารเคมีประเภท Urease inhibitor ซึ่งช่วยในการลดกลิ่นเหม็นของน้ำเสีย สารประเภท Plant steroid เป็นสารที่ช่วยเร่งให้จุลินทรีย์มีการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ข้อดีคือ ช่วยลด BOD ได้อย่างรวดเร็ว ทำได้ง่าย ข้อเสียคือ การใช้สารเคมีต้องใช้แบบต่อเนื่องทุกวันจึงทำให้เสียค่าใช้จ่ายสูงมาก

ในระหว่างขั้นตอนการตกตะกอนอาจมีการเติมสารเคมีเพื่อช่วยในการตกตะกอนเช่น สารส้ม หรือปูนขาว ซึ่งจะทำให้ตะกอนขนาดเล็กรวมตัวกันและตกตะกอนออกมาจากน้ำได้ดีขึ้น

3. การแยกตะกอนออกจากน้ำโดยใช้เครื่องเหวี่ยงหรือเครื่องกรองตะกอนเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแยกตะกอนได้ดีขึ้น

4. การใช้ระบบบำบัดทางชีวภาพแบบไร้อากาศเข้ามาช่วย เช่น การใช้ถังหมัก ดังกรองไร้อากาศก่อนปล่อยน้ำเสียเข้าบ่อเติมอากาศจะช่วยในการสลายสารอินทรีย์ได้มากขึ้น

5. การเพิ่มเครื่องตีอากาศ ทำให้มีออกซิเจนในบ่อมากขึ้น จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ได้มากขึ้น ข้อดีคือ ทำได้ง่าย สะดวก และสามารถใช้งานได้นาน ข้อเสียคือ เสียค่าใช้จ่ายสูง

ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากวิธีต่างๆแล้ว มีความเห็นว่าการเพิ่มเครื่องเติมอากาศเป็นวิธีที่เหมาะสมในการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียในโรงงาน เพราะสามารถทำได้ง่าย ใช้เวลาไม่นาน สะดวกรวดเร็ว สามารถใช้งานได้นาน

#### การคำนวณจำนวนเครื่องเติมอากาศ

1. คำนวณค่า k ที่อุณหภูมิ 29 °C

$$\text{จากสูตร } k_T = k_{20} \theta^{(T-20)}$$

เมื่อ  $k_T$  = ค่าสัมประสิทธิ์การทำลาย BOD ของแบคทีเรียที่ อุณหภูมิ T °C

$k_{20}$  = ค่าสัมประสิทธิ์การทำลาย BOD ของแบคทีเรียที่อุณหภูมิ 20 °C

$\theta$  = ค่าคงที่ 1.079

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า } k_T &= 1.2 * 1.079^{(29 - 20)} \\ &= 2.379 \text{ วัน}^{-1} \end{aligned}$$

5. คำนวณเวลาในการกำจัด BOD 80 %

$$\text{จากสูตร } Le/Lo = 1/(1+kt)$$

เมื่อ  $Le$  = ค่า BOD ของน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อกำจัด

$Lo$  = ค่า BOD ของน้ำทิ้งก่อนการกำจัด

$k$  = ค่าสัมประสิทธิ์การทำลาย BOD ของแบคทีเรียที่อุณหภูมิ 29 °C

$t$  = เวลาในการกำจัด คือ HRT (วัน)

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า } 462/2310 &= 1/(1+2.379*t) \\ t &= 1.68 \end{aligned}$$

ดังนั้นเวลาในการกำจัด BOD 80% เท่ากับ 2 วัน

6. คำนวณหาจำนวนเครื่องเติมอากาศ

3.1 คำนวณจากอัตราการถ่ายเทออกซิเจนในน้ำ

$$\begin{aligned} \text{BOD ที่ต้องการกำจัด} &= \text{BOD เข้า} - \text{BOD ออก} \\ &= 2310 - 462 \\ &= 1848 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

ในเวลาเก็บกัก 2 วัน ต้องการกำจัด BOD ให้เหลือ 1848 mg/l

ใน 1 วัน ต้องกำจัด BOD 924 mg/l หรือ 0.924 kg/d

เนื่องจากการถ่ายเทออกซิเจนในน้ำได้เพียง 5 % หมายความว่า

ออกซิเจน 100 kg สามารถถ่ายเทในน้ำได้ 5 kg

ต้องการออกซิเจน 0.924 kg ต้องใช้ออกซิเจน  $(0.924 * 100) / 5 = 18.48$  kg

โดยทั่วไป 1 แรงม้าสามารถให้ออกซิเจนในการกำจัด BOD ได้ 1 kg/d จึงต้องใช้แรงม้า 18.48 แรงม้า  
ทางโรงงานใช้เครื่องเติมอากาศขนาด 2 แรงม้า ดังนั้นใช้เครื่องเติมอากาศทั้งหมด 10 เครื่อง

3.2 คำนวณจากปริมาตรในการตีอากาศ

เครื่องตีอากาศขนาด 2 แรงม้าสามารถตีอากาศได้ปริมาตร 280 m<sup>3</sup> ลึก 1.5 m

แสดงว่าตีอากาศได้พื้นที่ผิว 186.67 m<sup>2</sup> หรือได้ระยะ 13.66 m

เนื่องจากพื้นที่ผิวของบ่อบำบัดที่ 1 เท่ากับ 3105 m<sup>2</sup>

จำนวนเครื่องเติมอากาศที่ใช้ในการตีอากาศได้เพียงพอ =  $3105 / 186.67 = 16.63$  เครื่อง

ดังนั้น ใช้เครื่องเติมอากาศทั้งหมด 17 เครื่อง

จากการคำนวณดังกล่าวแล้วจึงเห็นว่าต้องมีการเพิ่มเครื่องเติมอากาศจากเดิมอีก 11 เครื่อง

## สรุปผลการปฏิบัติงาน

จากงานที่ได้รับมอบหมายคือ งานด้านการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์แบ่งในห้วงปฏิบัติการ ทำให้ได้เรียนรู้เทคนิคและวิธีการต่างๆที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพ ตลอดจนวิธีการใช้อุปกรณ์ต่างๆในห้วงปฏิบัติการจนมีความชำนาญเพิ่มมากขึ้น และยังได้เรียนรู้ถึงขั้นตอนกระบวนการผลิตแบ่งภายในโรงงาน ส่วนงานตรวจสอบคุณภาพแบ่งที่ส่งออกพร้อมกับเจ้าหน้าที่ญี่ปุ่น ซึ่งจะปฏิบัติงานโดยเฉลี่ย 3 – 4 วันต่อเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม – เมษายน จำนวน 3 ครั้ง ทำให้ได้ฝึกทักษะในด้านการใช้ภาษาในการสื่อสาร อีกทั้งยังได้รับความรู้ทางด้านภาษาญี่ปุ่นพื้นฐานจากเจ้าหน้าที่ญี่ปุ่น นอกจากนี้ได้รับมอบหมายให้ทำการศึกษาค้นคว้า และรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสีย และยังได้ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียในโรงงาน ทำให้ได้ความรู้ด้านการบำบัดน้ำเสียเพิ่มมากขึ้น และเรียนรู้เกี่ยวกับวิธีการและเทคนิคต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสีย ซึ่งเป็นการเพิ่มพูนความรู้และประสบการณ์ในการทำงานอีกด้วย

## เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2539. มาตรฐานอุตสาหกรรมน้ำทิ้ง. กรุงเทพฯ : กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม

ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์ และเสริมพล รัตสุข. 2524. การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน. กรุงเทพฯ . สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

เพชรพร เขาวกิจเจริญ. 2538. การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพฯ. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

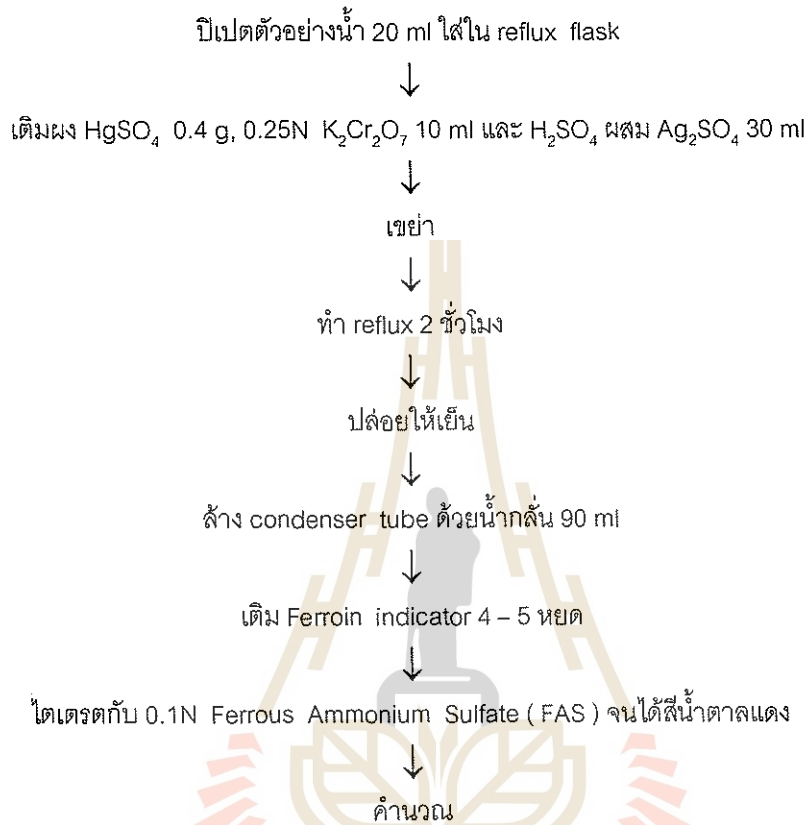
สนั่น ตั้งสติกิตย์. 2540. ระบบบำบัดน้ำเสีย. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาการสุขาภิบาลโรงงานอุตสาหกรรม อาหาร. สาขาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สนั่น ตั้งสติกิตย์. 2541. ระบบบำบัดแบบบ่อกกลางแจ้ง. เอกสารประกอบการสอนรายวิชา Industrial Pollution Control and Waste Treatment. สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาเทคโนโลยีทรัพยากร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สุจินต์ พนาปวุฒิกุล. 2534. รูปแบบการบำบัดน้ำเสียในประเทศไทย. สัมมนาเรื่อง เทคนิคการกำจัดของเสีย และนำของเสียมาใช้ใหม่. กรุงเทพฯ.

## ภาคผนวก ก

## วิธีวิเคราะห์หา COD



สูตร

$$\text{COD (mg/l)} = (A - B) * 8000 / C$$

เมื่อ A = ปริมาตร FAS สำหรับ blank ( ml )

B = ปริมาตร FAS สำหรับตัวอย่าง ( ml )

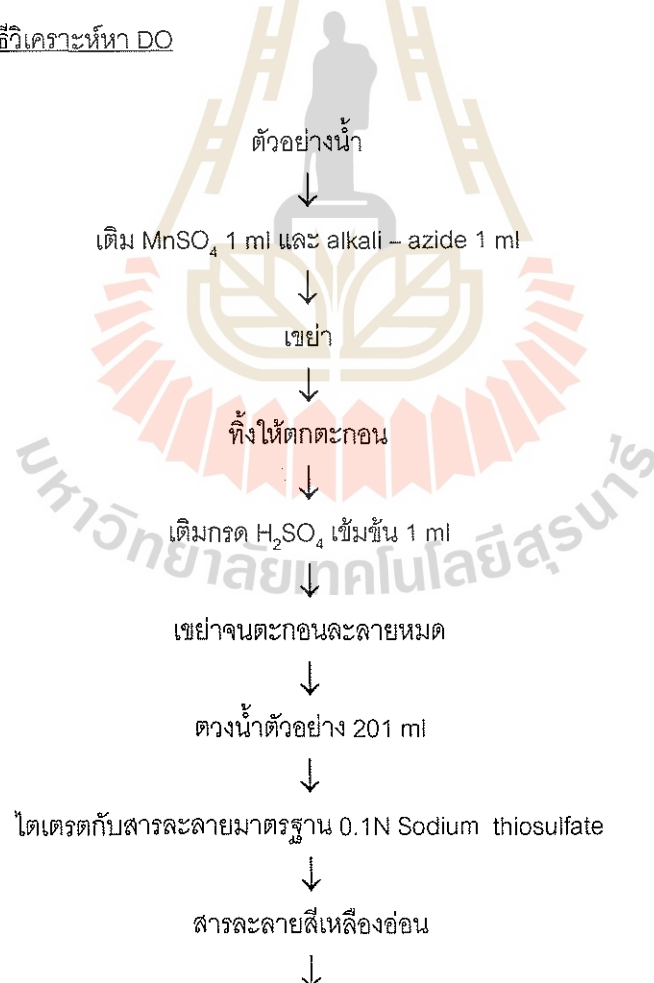
C = ปริมาตรสารละลายตัวอย่าง ( ml )

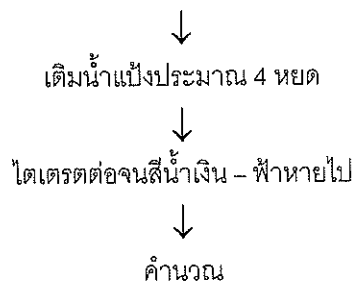
N = Normality ของ FAS

### วิธีวิเคราะห์หา BOD



### - วิธีวิเคราะห์หา DO





สูตร 
$$\text{BOD}_1 \text{ (mg/l)} = (D_1 - D_2) / P$$

เมื่อ  $D_1$  = DO เริ่มต้นของตัวอย่าง (mg/l)

$D_2$  = DO ของตัวอย่างหลังอบที่อุณหภูมิ 20 °C (mg/l) ในแต่ละวัน

P = อัตราส่วนปริมาตรของน้ำตัวอย่างที่ใช้

#### การคำนวณประสิทธิภาพของระบบบ่อบำบัด

$$\text{HRT (day)} = \frac{\text{ปริมาตรบ่อ (m}^3\text{)}}{\text{อัตราการไหลของน้ำเสีย (m}^3\text{/day)}}$$

$$\text{BOD loading (kg BOD / day)} = \frac{\text{BOD เข้า (mg/l)} \times \text{อัตราการไหลของน้ำเสีย (m}^3\text{/day)}}{1000}$$

$$\text{Volumetric BOD loading (g BOD / m}^3\text{ - day)} = \frac{\text{BOD loading (kg BOD / day)} \times 1000}{\text{ปริมาตรบ่อ (m}^3\text{)}}$$

$$\text{BOD removal (\%)} = \frac{(\text{BOD เข้า (mg/l)} - \text{BOD ออก (mg/l)})}{\text{BOD เข้า (mg/l)}} \times 100$$

$$\text{COD removal (\%)} = \frac{(\text{COD เข้า (mg/l)} - \text{COD ออก (mg/l)})}{\text{COD เข้า (mg/l)}} \times 100$$



## ภาคผนวก ข

### มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม

ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ (พ.ศ. 2539) วันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 113 ตอนที่ 13 ง ลงวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2539

พารามิเตอร์	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
1.ค่าความเป็นกรดและด่าง	5.5 – 9.0	pH Meter
2.ค่าที่ดีเอส (TDS)	- ไม่เกิน 3,000 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 5,000 มก./ล. - น้ำทิ้งที่จะระบายลงแหล่งน้ำกร่อยที่มีค่าความเค็ม(Salinity) เกิน 2,000 มก./ล. หรือลงสู่ทะเลค่าที่ดีเอสในน้ำทิ้งจะมีค่ามากกว่าค่าที่ดีเอสที่มีอยู่ในแหล่งน้ำกร่อยหรือน้ำทะเลได้ไม่เกิน 5,000 มก./ล.	ระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 103–105°C เป็นเวลา 1 ชม.
3.สารแขวนลอย (suspension Solids)	ไม่เกิน 50 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 150 มก./ล.	กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Filter Disc)
4. อุณหภูมิ	ไม่เกิน 40 °C	เครื่องวัดอุณหภูมิ วัดขณะทำการเก็บตัวอย่างน้ำ
5.สีหรือกลิ่น	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ	ไม่ได้กำหนด
6.ซัลไฟด์	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	Titrate
7.ไซยาไนด์	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	กลิ่นและตามด้วยวิธี Pyridine – Barbituric acid
8.ฟอร์มาลดีไฮด์	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	Spectrophotometry
9.สารประกอบฟีนอล	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	กลิ่นและตามด้วยวิธี 4-Aminoantipyrine

พารามิเตอร์	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
10. น้ำมันและไขมัน	ไม่เกิน 5.0 มก./ล หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 15 มก./ล	สกัดด้วยตัวทำละลาย แล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน
11. คลอรีนอิสระ	ไม่เกิน 1.0 มก./ล	Iodometric Method
12. สารที่ใช้ป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์	ต้องตรวจไม่พบตามวิธีตรวจสอบที่กำหนด	Gas – Chromatography
13. ค่าบีโอดี (BOD)	ไม่เกิน 20 มก./ล หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 60 มก./ล.	Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20 °C เป็นเวลา 5 วัน
14. ค่าทีเคเอ็น (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen )	ไม่เกิน 100 มก./ล หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 200 มก./ล.	Kjeldahl
15. ค่าซีโอดี (COD)	ไม่เกิน 120 มก./ล หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 400 มก./ล.	Potassium Dichromate Digestion
16. โลหะหนัก		
1. สังกะสี	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	Atomic Absorption Spectrophotometry ชนิด Direct Aspiration หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductively Coupled Plasma : ICP
2. โครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	
3. โครเมียมชนิดไตรวาเลนต์	ไม่เกิน 0.75 มก./ล.	
4. ทองแดง	ไม่เกิน 2.0 มก./ล.	
5. แบริียม	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	

พารามิเตอร์	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
6. ตะกั่ว	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	Atomic Absorption Spectrophotometry ชนิด Hydride Generation หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductively Coupled Plasma : ICP
7. นิกเกิล	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
8. แมงกานีส	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	
9. อาร์เซนิก	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	
10. เซเลเนียม	ไม่เกิน 0.02 มก./ล.	Atomic Absorption Cold Vapour Technique
11.ปรอท	ไม่เกิน 0.005 มก./ล.	

ที่มา : มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม (2539)

ประกาศคณะกรรมการควบคุมมลพิษ วันที่ 20 สิงหาคม 2539

เรื่อง กำหนดประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมที่อนุญาตให้ระบายน้ำทิ้งให้มีค่ามาตรฐานแตกต่างจากค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ประกาศลงในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 113 ตอนที่ 75 ง ลงวันที่ 17 กันยายน 2539

- ให้โรงงานอุตสาหกรรมจำพวกที่ 2 และจำพวกที่ 3 ดังต่อไปนี้ ระบายน้ำทิ้งที่มีค่าบีโอดีไม่เกิน 60 มก./ล. คือ
  - โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์ ซึ่งมีใช้สัตว์น้ำ ประเภทการฆ่าสัตว์ ตามลำดับที่ 4(1)
  - โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเมล็ดพืชหรือหัวพืช ประเภทการทำแป้ง ตามลำดับที่ 9(2)
  - โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารจากแป้งอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 10
  - โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารสัตว์อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 15
  - โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสิ่งทอ ด้ายหรือเส้นใย ซึ่งมีใช้ใยหิน (Asbestos) อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างตามลำดับที่ 22
  - โรงงานหมัก ข้าแหวะ อบ ปั่นหรือบด ฟอก ชัดและแต่ง แต่งสำเร็จ อัดให้เป็นลายนูน หรือเคลือบสีหนังสัตว์ตามลำดับที่ 29
  - โรงงานผลิตเยื่อหรือกระดาษอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 38
  - โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเคมีภัณฑ์ สารเคมี หรือวัสดุซึ่งมีใช้ป้อนอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 42

- โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับยางอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 46
  - โรงงานห้องเย็น ตามลำดับที่ 92
2. ภายใน 1 ปี นับแต่วันที่ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2539) มีผลบังคับใช้ให้โรงงานอุตสาหกรรม จำพวกที่ 2 และจำพวกที่ 3 ตามบัญชีท้ายประกาศข้างต้น ระบายน้ำทิ้งที่มีค่าที่เคอิน ไม่เกิน 100 มก./ล. เว้นแต่โรงงานอุตสาหกรรมตามข้อ 3
3. ภายใน 2 ปี นับแต่วันที่ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2539) มีผลใช้ บังคับให้โรงงานอุตสาหกรรมจำพวกที่ 2 และจำพวกที่ 3 ดังต่อไปนี้ ระบายน้ำทิ้งที่มีค่าที่เคอินไม่เกิน 200 มก./ล. คือ
- โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเครื่องปรุงหรือเครื่องประกอบอาหารประเภทการทำเครื่องปรุงกลิ่น รส หรือสีของอาหาร ตามลำดับที่ 13(2)
  - โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารสัตว์ ประเภทการทำอาหารผสมหรืออาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงสัตว์ ตามลำดับที่ 15(1)
4. ให้โรงงานอุตสาหกรรมจำพวกที่ 2 และจำพวกที่ 3 ดังต่อไปนี้ ระบายน้ำทิ้งที่มีค่าซีไอดีไม่เกิน 400 มก./ล. คือ
- โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเครื่องปรุงหรือเครื่องประกอบอาหาร ประเภทการทำเครื่องปรุง กลิ่น รสหรือสีของอาหาร ตามลำดับที่ 13(2)
  - โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารสัตว์ ประเภททำอาหารผสมอาหารหรืออาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงสัตว์ ตามลำดับที่ 15(1)
  - โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสิ่งทอ ด้ายหรือเส้นใย ซึ่งมีใยหิน (Abestos) อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างตามลำดับที่ 22
  - โรงงานหมัก ซ้ำแผละ อบ ปั่นหรือฟอก ชัดและแต่ง แต่งสำเร็จ อัดให้เป็นลายนูนหรือเคลือบสีหนังสือ ตามลำดับที่ 29
  - โรงงานผลิตเยื่อกระดาษอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 38

ประกาศกรมควบคุมมลพิษ วันที่ 29 ตุลาคม 2539

เรื่อง วิธีการเก็บ ตัวอย่างน้ำทิ้ง ความถี่และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 113 ตอนที่ 91 ง ลงวันที่ 12 พฤศจิกายน 2539

1. การเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งให้เก็บ ณ จุดที่ระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ หรือออกสู่สิ่งแวดล้อมนอกเขตที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรม หรือนิคมอุตสาหกรรม ในกรณีที่การระบายน้ำทิ้งหลายจุดให้เก็บทุกจุด
2. วิธีการเก็บ ความถี่และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งให้เป็นไป ดังนี้
  - โรงงานอุตสาหกรรม จำพวกที่ 2 และจำพวกที่ 3 ให้เก็บแบบจ้วง 1 ครั้ง
  - นิคมอุตสาหกรรม ให้เก็บแบบผสมรวม โดยเก็บ 4 ครั้งๆ ละ 500 มิลลิลิตร ทุก 2 ชม.ต่อเนื่องกัน