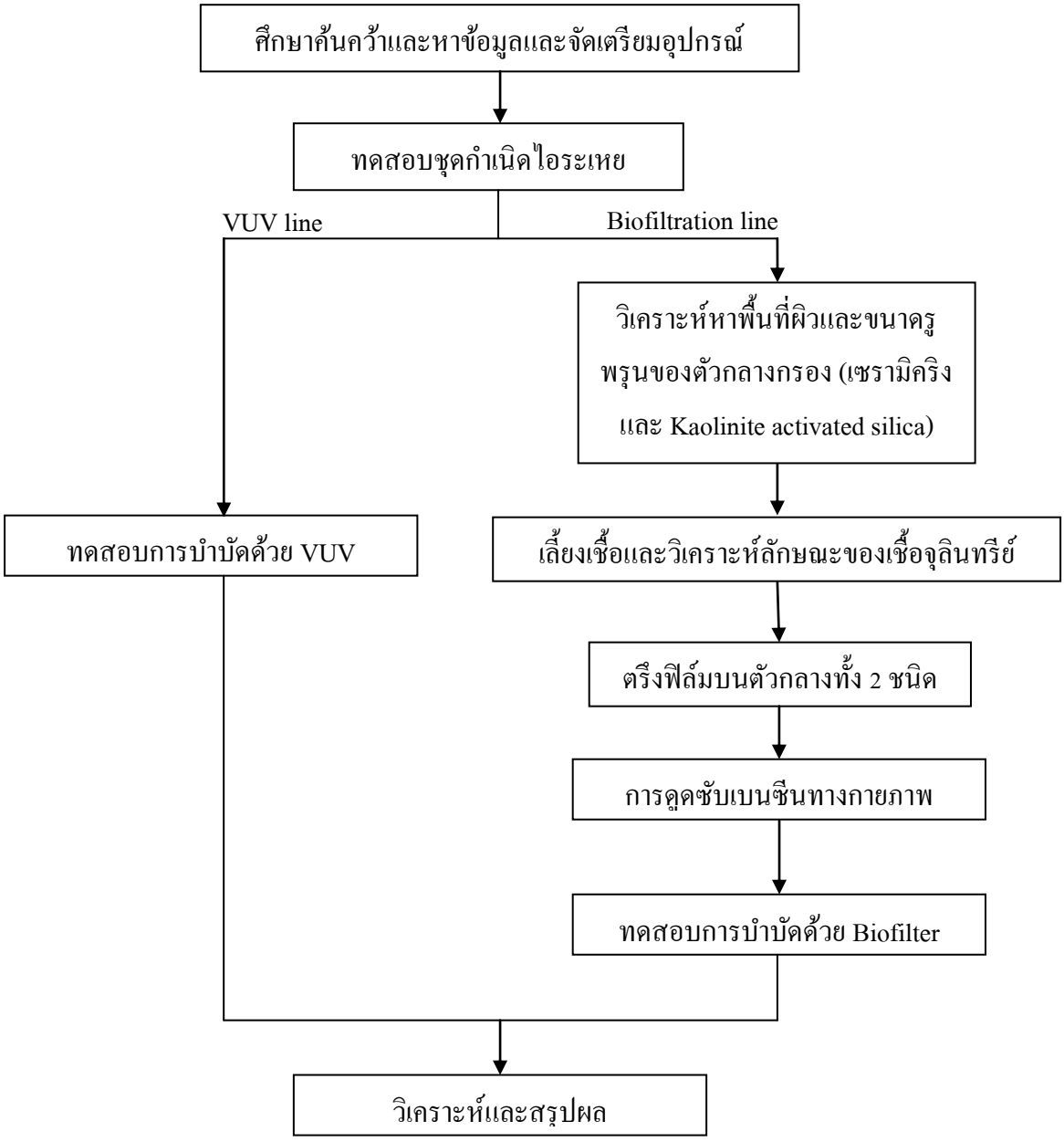
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 การดำเนินงาน

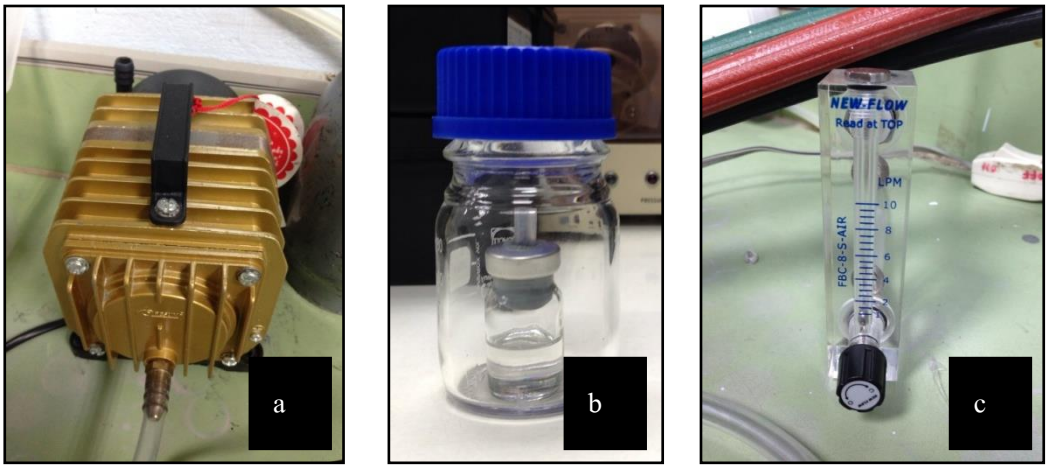
การดำเนินงานภายใต้การศึกษานี้ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 3.1



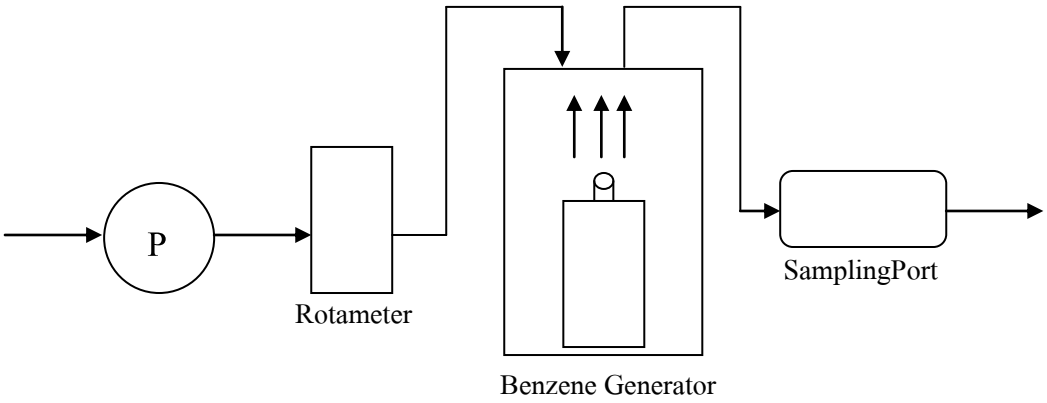
รูปที่ 3.1 แนวทางการดำเนินงาน

3.2 ชุดกำเนิดไอระเหยเบนซีน

ชุดกำเนิดไอระเหยเบนซีน จะใช้ปั๊มเป่าอากาศยี่ห้อ Yamano AP-30 35วัตต์ ความดัน 0.03 เมกกะปาสคาล อัตราการไหล 60 ลิตรต่อนาที เริ่มต้นเมื่อทำการเปิดปั๊ม อากาศส่วนหนึ่งจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ทาง ส่วนหนึ่งจะถูกปล่อยออกและอีกส่วนหนึ่งจะถูกควบคุมโดยโรตามิเตอร์เพื่อให้ได้อัตราการไหลที่ต้องการในช่วง 0–10 ลิตรต่อนาที เมื่อได้อัตราการที่ต้องการแล้วอากาศจะไหลเข้าสู่ขวดDuran ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่ภายในบรรจุสารเบนซีนบริสุทธิ์ที่มาความเข้มข้น 99.8%,CARLO ERBAอยู่ภายในขวดเซรั่มขนาด 10 มิลลิลิตรจากนั้นทำการตรวจสอบค่าความเข้มข้นของไอระเหยเบนซีนด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟฟีเมื่อได้ความเข้มข้นที่ใกล้เคียงที่ต้องการแล้วจะมีการผสมกับอากาศบริสุทธิ์อีกครั้งหนึ่งเพื่อให้ค่าความเข้มข้นที่ตรงตามที่ต้องการมากขึ้น



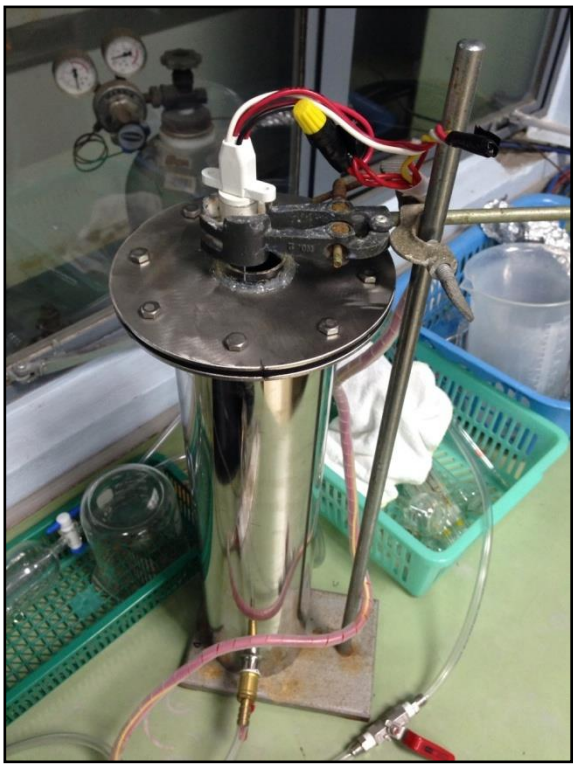
รูปที่ 3.2 (a) ปั๊มเป่าอากาศ, (b) ขวด Duran ขนาด 250 ml, (c) โรตามิเตอร์



รูปที่ 3.3 แผนภาพการทดลองชุดไอระเหยเบนซีน

3.3 ระบบการบำบัดไอระเหยเบนซีนด้วยแสงแวคคัมอัลตราไวโอเลต

ชุดกำเนิดแสงแวคคัมอัลตราไวโอเลต ปฏิกรณ์ที่ใช้ทำมาจากสแตนเลสสตีล ลักษณะทรงกระบอก มีความสูง 45 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 10 เซนติเมตร มี Effective volume 3.03 ลิตร ตรงกลางของปฏิกรณ์จะมีช่องไว้สำหรับสอดหลอดแวคคัมอัลตราไวโอเลตและมีวาล์วเปิดปิดเพื่อให้อากาศไหลผ่านทั้งด้านบนและด้านล่างปฏิกรณ์ จะใช้ขาตั้งเหล็ก (Stand) ในการยึดจับหลอดแวคคัมอัลตราไวโอเลตหลอดแวคคัมอัลตราไวโอเลตที่นำมาใช้มีกำลังวัตต์เท่ากับ 30 วัตต์ รุ่น GPH383T5/VH/HOที่สามารถให้ความยาวคลื่นที่ 185 และ 254 นาโนเมตร



รูปที่ 3.4 ชุดปฏิกรณ์บำบัดเบนซีนด้วยแสงแวคคัมอัลตราไวโอเลต

3.4 วิธีการทดสอบการบำบัดด้วยแสงแวคคัมอัลตราไวโอเลต

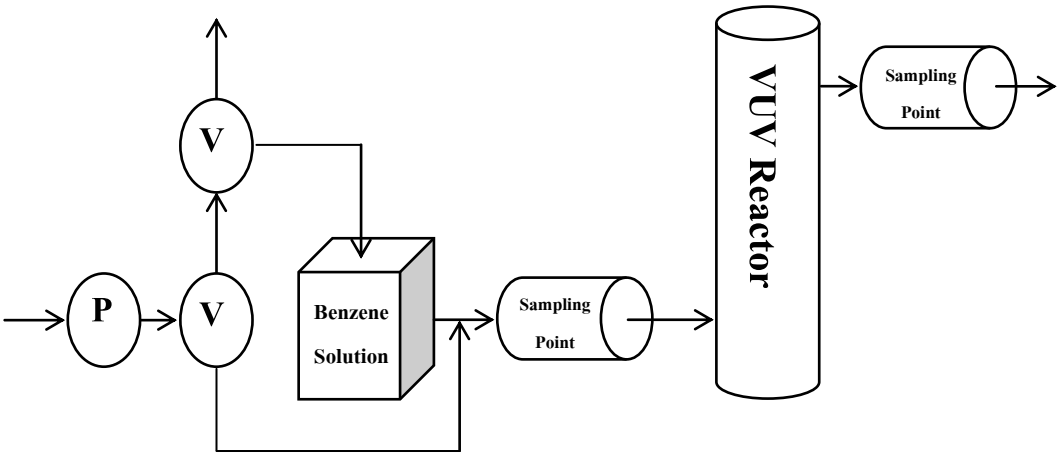
การทดลองจะควบคุมไอระเหยของเบนซีนให้ได้ตามที่ต้องการก่อน ดังหัวข้อที่ 3.1 เมื่อได้ความเข้มข้นของไอระเหยเบนซีนตามที่ต้องการแล้วจะนำไอระเหยเบนซีนที่สร้างได้ไหลผ่านปฏิกรณ์แสตนเลสสตีลที่ยังไม่ได้ทำการเปิดระบบ ในขั้นแรกจะทำการตรวจสอบความเข้มข้นของไอระเหยในขาออกของปฏิรณ์อีกครั้งจนกว่าจะได้ค่าความเข้มข้นที่คงที่ โดยการดึงตัวอย่างไอระเหยเบนซีนจะใช้ Syringe ขนาด 1 มิลลิลิตร เก็บตัวอย่างผ่านกระบอกแก้วที่มีจุกยาง (Septum) เพื่อดึงไอระเหยออกมาจากระบบและนำไปฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟฟี (Gas Chromatography) เพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้น เมื่อความเข้มข้นขาออกปฏิกรณ์คงที่แล้วจึงทำการเปิดหลอดแวคคัมอัลตราไวโอเลต จากนั้นทำการตรวจสอบความเข้มข้นของไอระเหยเบนซีนที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลา ซึ่งการทดลองจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

3.4.1 ศึกษาอิทธิพลของการบำบัดเบนซีนโดยดูจากระยะเวลากักพัก

ทำการทดลองโดยควบคุมความเข้มข้นของไอระเหยเบนซีนให้คงที่อยู่ที่ 20 ppm และจะทำการเปลี่ยนแปลงระยะเวลากักพักของไอระเหยเบนซีนในปฏิกรณ์ โดยกำหนดระยะเวลากักพักอยู่ที่ 0.76-3.03 นาที (เปลี่ยนแปลงโดยปรับอัตราการไหลของไอระเหยเบนซีนก่อนเข้าปฏิกรณ์ในช่วง 1-4 ลิตรต่อนาที)

3.4.2 ศึกษาอิทธิพลของการบำบัดเบนซีนโดยดูจากความเข้มข้นของไอระเหย

ทำการทดลองโดยควบคุมระยะเวลากักพักของไอระเหยเบนซีนให้คงที่ที่ 3.03 นาที (อัตราการไหลของไอระเหยเบนซีนเท่ากับ 1 ลิตรต่อนาที) และจะทำการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไอระเหยเบนซีนอยู่ที่ 20, 60, 110 และ 150 ppm



รูปที่ 3.5 แผนภาพการทดลองชุดบำบัดเบนซีนด้วยแสง

รูปที่ 3.6 กระบอกแก้วเก็บตัวอย่าง (บน) และไซลิงค์ขนาด 1 มิลลิลิตร (ล่าง)

3.5 การบำบัดไอระเหยเบนซีนด้วยกระบวนการกรองชีวภาพ (Biofiltration)

3.5.1 ลักษณะของตัวกลาง (Media Characteristic)

ตัวกลางที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้คือ เซรามิคริง และKaolinite Activated Silicaเป็นตัวกลางที่จัดอยู่ในประเภทตัวกลางที่เป็นวัสดุสังเคราะห์ (Synthetic Material) ที่มีลักษณะความพรุนและพื้นที่ผิวที่แตกต่างกัน โดยตัวกลางทั้ง 2 ชนิดจะมีการวัดขนาด (Diameter) และน้ำหนักของตัวกลาง (weight) และจะมีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพได้แก่ ค่าพื้นที่ผิว (Surface Area) ขนาดของรูพรุน (Porosity) ด้วยเครื่อง Quantacrhome รุ่น autosorb – 1

รูปที่ 3.7 เซรามิคริง (Ceramic ring) (ซ้าย) และ Kaolinite Activated Silica (KAS) (ขวา)

3.5.2 เชื้อจุลินทรีย์

จุลินทรีย์ที่นำมาใช้เป็นตะกอนจุลินทรีย์จากระบบ Activated Sludgeของโรงบำบัดน้ำทุ่งครุ ซึ่งจุลินทรีย์ที่นำมาใช้จำเป็นต้องนำมาหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อดูความเหมาะสมในการย่อยสลายเบนซีน โดยพารามิเตอร์ที่จะทำการวิเคราะห์มีดังนี้

ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวัดลักษณะของเชื้อจุลินทรีย์

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
pH	pH Meter
COD	Closed Reflux, Titrimetric Method
TKN	Micro-kjeldahl Method
Volatile Suspended Solid	Liquid volatile suspended solid
Benzene vapor	Gas Chromatography

3.5.3 อาหารเลี้ยงเชื้อ

อาหารเลี้ยงเชื้อจะแบ่งเป็น 2 ประเภท คืออาหารหลักและอาหารเสริม จะใช้เพื่อให้จุลินทรีย์นำไปใช้ในการเจริญเติบโตและการแบ่งเซลล์ และสารอาหารยังถูกใช้ในการสเปรย์เข้าไปในหอกรองด้วยในระหว่างช่วงของการทดลอง

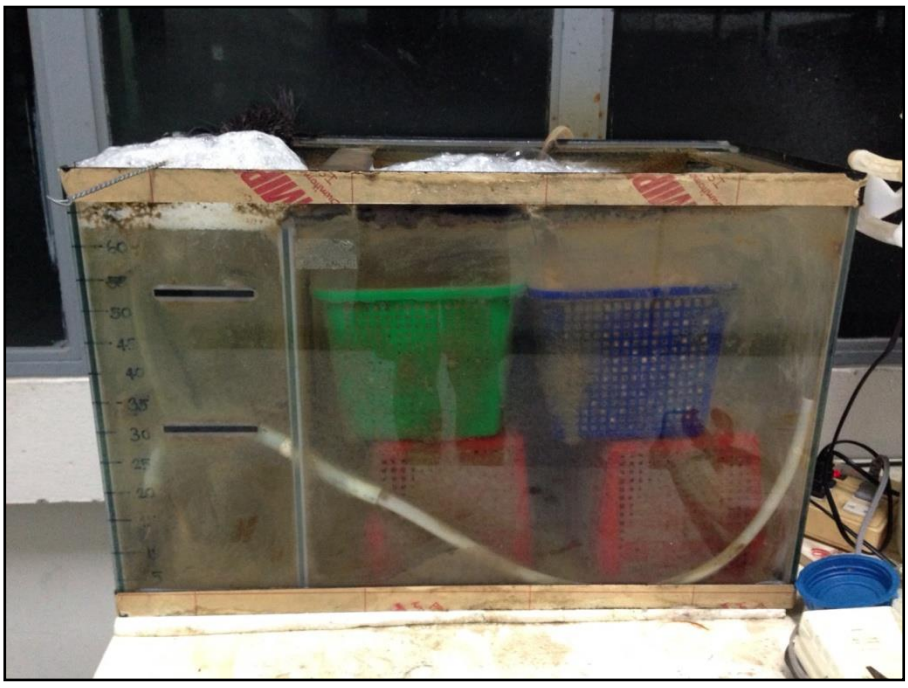
ตารางที่ 3.2 องค์ประกอบของสารอาหาร

(ที่มา: Sene et al., 2002)

องค์ประกอบสารอาหารหลัก	องค์ประกอบสารอาหารเสริม	
Carbon Source: $C_{12}H_{22}O_{11}$	Na_2HPO_4	5.0 g
Nitrogen Source: NH_4Cl	KH_2PO_4	4.0 g
	K_2HPO_4	4.0 g
	$(NH_4)_2SO_4$	1.0 g
	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0.2 g
	$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	0.34 g
	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	0.08 g
	$CaCl_2 \cdot 6H_2O$	0.07 g
	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	0.002 g
	$MnSO_4 \cdot H_2O$	0.002 g

3.5.4 การเตรียมเชื้อและการตรึงฟิล์มชีวภาพ

การเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์จะใช้เชื้อจุลินทรีย์จากระบบแอคทิเวเตดสลัดจ์ ของโรงบำบัดน้ำทุ่งครุ โดยนำมาเลี้ยงโดยใช้น้ำตาลซูโครส ($C_{12}H_{22}O_{11}$) เป็นแหล่งคาร์บอน และใช้แอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl)เป็นแหล่งไนโตรเจน โดยเลี้ยงในตู้ปลาขนาด 60 ลิตร ทำการควบคุมค่า COD:N เท่ากับ 20 : 1 และมีการเติมออกซิเจนอยู่ตลอดเวลา จากนั้นทำการวิเคราะห์ค่า COD ของน้ำขาออก เพื่อดูติดตามตรวจสอบการย่อยสลายสารอินทรีย์ และทำการวิเคราะห์ค่า SS และ VSS เพื่อดูปริมาณการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในตู้เลี้ยงเชื้อ เมื่อเลี้ยงจุลินทรีย์ให้คุ้นเคยกับการใช้คาร์บอนแล้ว จะทำการตรึงฟิล์มชีวภาพโดยการนำตัวกลางทั้ง 2 ชนิดใส่ลงในตะกร้าพลาสติกขนาด 10 ลิตร ที่มีช่องว่างเพื่อให้จุลินทรีย์สัมผัสกับตัวกลางได้ แช่ลงในตู้ที่ทำการเลี้ยงจุลินทรีย์ โดยจะติดตั้งปั๊มจม (Submerge Pump) เพื่อเป็นการวนน้ำในระบบให้จุลินทรีย์ไหลผ่านตัวกลางคล้ายการกรอง จนกระทั่งเกิดฟิล์มชีวภาพเป็นเมือกรอบๆตัวกลาง จากนั้นจึงจะสามารถนำตัวกลางบรรจุเข้าสู่หอกรองเพื่อทำการบำบัดไอระเหยเบนซีนต่อไป



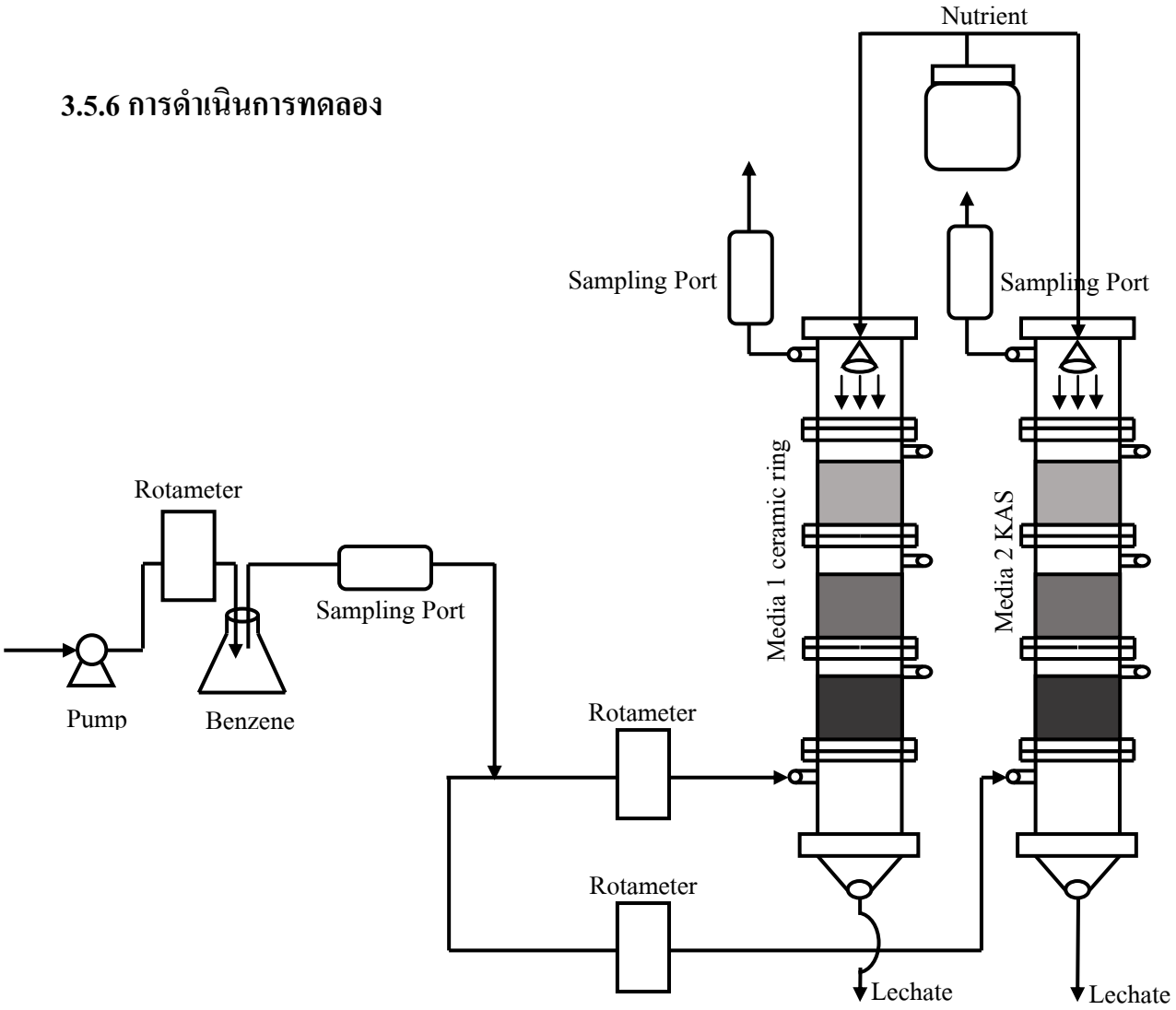
รูปที่ 3.8 ตู้เลี้ยงจุลินทรีย์ขนาด 60 ลิตร

3.5.5 ชุดระบบกรองชีวภาพ

ชุดกรองชีวภาพเป็นระบบกรองในระดับห้องปฏิบัติการ (Lab Scale) หอกรองเป็นท่ออะคลิลิคใสเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 9 เซนติเมตร มีความหนา 5 มิลลิลิเมตร โดยหอกรองจะแบ่งออกเป็น 3 ชั้น แต่ละชั้นสูง 22 เซนติเมตร มีแผ่นตาข่ายสแตนเลสเพื่อเป็นตัวแบ่งวัสดุกรองให้อยู่ในแต่ละชั้น ระหว่างชั้นจะมีการปะเก็นยางเพื่อป้องกันการรั่วซึมของอากาศ และใช้น็อต 8 ตัวขันปิดรอบจาน ด้านบนจะมีท่อไว้สำหรับการสเปรย์น้ำและสารอาหารและด้านล่างสุดขอหอกรองมีท่อไว้สำหรับระบายน้ำชะและมีท่อเก็บตัวอย่างในแต่ละชั้นของหอกรอง

รูปที่ 3.9 หอกรองชีวภาพ

3.5.6 การดำเนินการทดลอง



รูปที่ 3.10 แผนผังการดำเนินการทดลอง

เมื่อเตรียมชุดกำเนิดไอระเหยได้ตามหัวข้อที่ 3.1 แล้วไอระเหยถูกแบ่งออกเป็น 2 ทางในอัตราการไหลและความเข้มข้นที่เท่ากันผ่านหอกรองชีวภาพทั้ง 2 ที่ทำการบรรจุตัวกลางต่างชนิดกัน โดยตัวกลางที่บรรจุในแต่ละชั้นปริมาตรที่เท่ากันชั้นละ 0.6 ลิตร คิดเป็น 42.9% ของปริมาตรในแต่ละชั้น จะควบคุมอัตราการไหลของระเหยเบนซีนเข้าสู่ระบบเท่ากับ 1 ลิตรต่อนาทีเพื่อให้ได้ค่า EBRT (Empty Bed Residence time) เท่ากับ 1.8 นาที การเดินระบบจะเป็นแบบ Upflow โดยมีการเติมสารอาหารเสริมและความชื้นจากทางด้านบนปฏิกรณ์วันละ 50 มิลลิลิตร โดยทำการวัดความเข้มข้นของสารเบนซีนทั้งขาเข้าและออกวันละหนึ่งครั้ง วิเคราะห์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และค่าสารอินทรีย์ละลายน้ำในน้ำชะระบบ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยการดึงตัวอย่างออกมาวิเคราะห์จะใช้ Syringe เก็บตัวอย่างออกจากกระบอกแก้ว ทั้งขาเข้าและออก

3.6 การวิเคราะห์ไอระเหยเบนซีน

เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟฟีที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้คือรุ่น GC-14BFIDยี่ห้อ Shimadzu ชนิดของคอลัมน์ที่ใช้เป็นแบบCapillary รุ่น RestekRtx 502.2 กำหนดให้อุณหภูมิ Inject 100, Column 100 และ Detector 150 องศาเซลเซียส โดยการเก็บตัวอย่างจะใช้ Syringe ขนาด 1 มิลลิลิตร ดึงตัวอย่างออกจากกระบอกแก้วที่มีจุกยาง (Septum) ทำหน้าที่เป็น Sampling port จากนั้นจึงจะนำตัวอย่างฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟฟี โดยสำหรับสารเบนซีนแล้ว จะสามารถทราบค่าพื้นที่ใต้กราฟ (Peakarea) ได้ภายในระยะเวลาประมาณ 4 นาที จากนั้นจึงนำค่าพื้นที่ใต้กราฟที่ได้ไปแปลงค่าออกมาจากกราฟสแตนดาร์ดของสารเบนซีนอีกทีหนึ่ง (Standard curve) เพื่อเปลี่ยนค่าพื้นที่ใต้กราฟที่ได้ให้อยู่ในหน่วย ppmอีกครั้งหนึ่ง