บทที่ 4

การวางแผนการทดลองและวิจัย

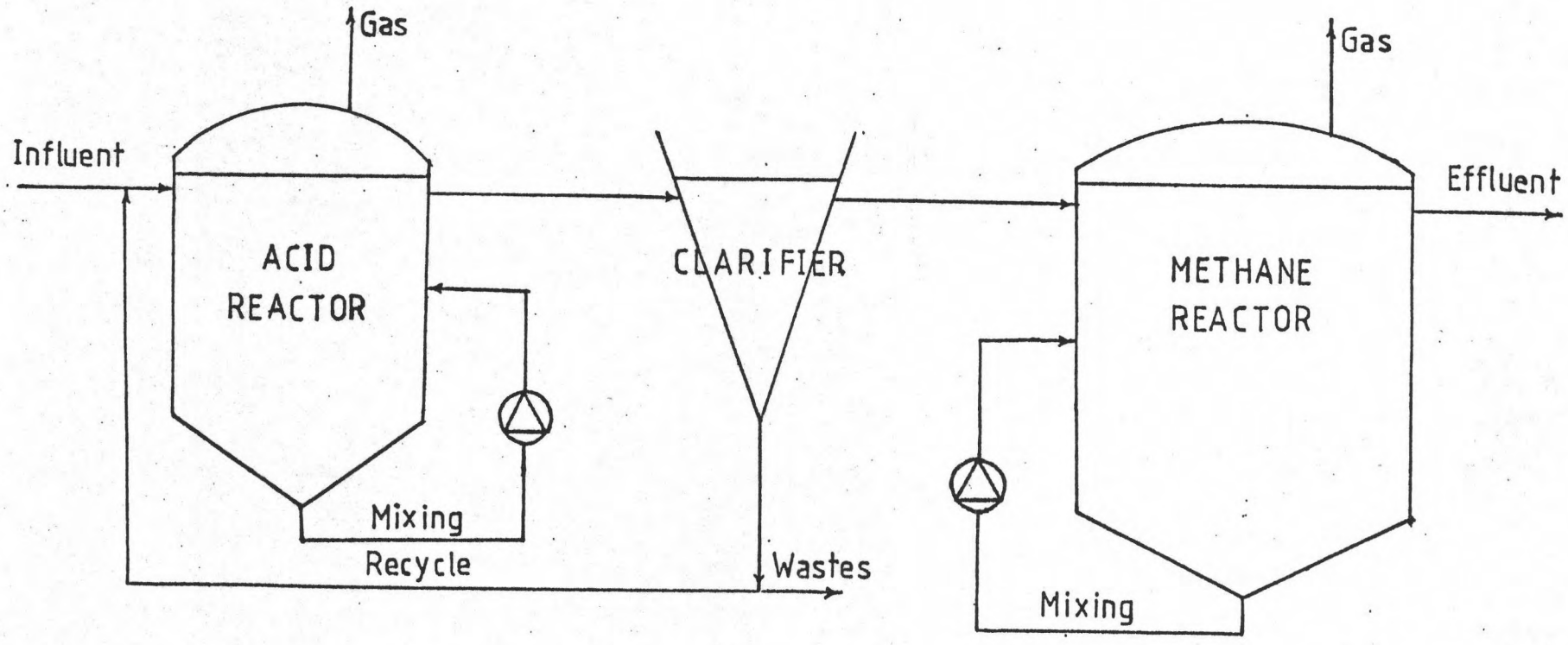
4.1 แผนการทดลอง

การวิจัยทั้งหมดทำที่ห้องปฏิบัติการ ของภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล จุฬาลงกรณ์-มหาวิทยาลัย ที่อุณหภูมิปกติ โดยมีขั้นตอนการทำงานตามรูปที่ 4.1 โดยการป้อนสารอาหารที่ได้-เตรียมไว้แล้ว เข้าสู่ถังหมักกรด (Acid Reactor) และให้มีระยะเวลาในการหมัก (HRT, Hydraulic Retention Time) ที่จะทำให้เกิดกรดโวลาไทล์ได้สูงสุด เมื่อผ่านออกจากถัง-หมักกรด ก็จะเข้าถังตกตะกอน (Clarifier) เพื่อทำการตกตะกอนแยกตะกอนออกให้น้ำใส และตะกอนจะถูกเวียนกลับไปเข้าสู่ถังหมักกรดใหม่ โดยให้มีอัตราการเวียนกลับ 100 % น้ำใส ส่วนบนจะถูกจ่ายเข้าถังหมักก๊าซ (Methane Reactor) และให้มีระยะเวลาในการหมักต่าง ๆ กันคือ ตั้งแต่ประมาณ 2 วัน ถึง 20 วัน สำหรับการวิจัยนี้ได้ใช้ถังหมักก๊าซจำนวน 2 ใบ เพื่อเป็นการประหยัดเวลาในการวิจัย และแต่ละใบใช้หาค่าต่าง ๆ ได้สองค่า โดยจัดแผนผังในห้องปฏิบัติการตามรูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 แสดงลักษณะการจัดอุปกรณ์จริงในห้องปฏิบัติการ

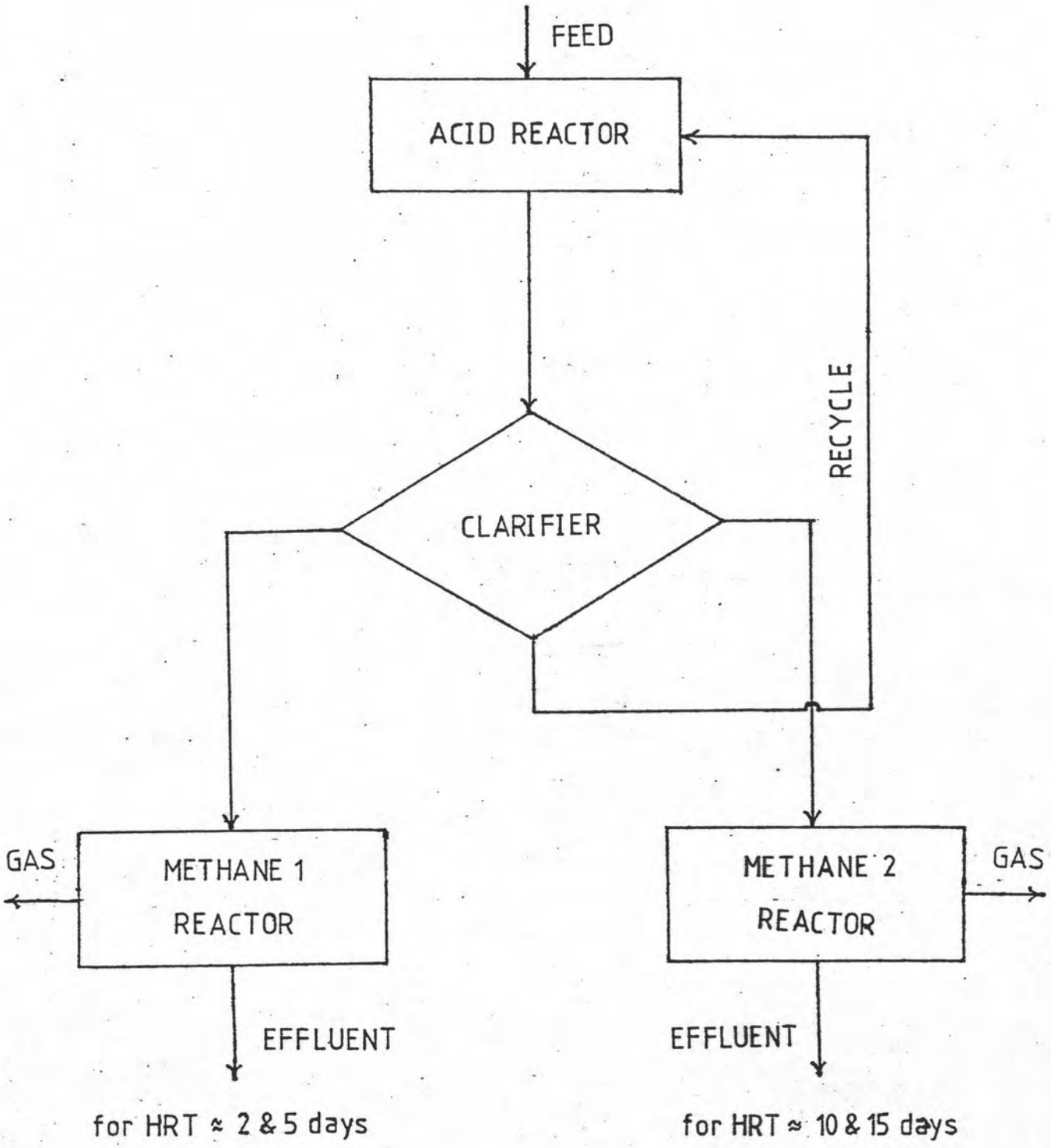
การให้อาหารจะใช้ปั๊มพ์สายรีด (Peristaltic pump) ที่ใช้เครื่องตั้งเวลา (Timer) เพื่อควบคุมการทำงานให้ได้อัตราการจ่ายสารอาหารตามกำหนด ส่วนระบบการกวน (mixing) ทั้งในถังหมักกรดและถังหมักก๊าซใช้วิธีสูบน้ำหมุนเวียน (pump recirculation) ด้วยปั๊มพ์หอยโข่งที่ควบคุมด้วยเครื่องตั้งเวลาเช่นกัน

4.2 วิธีเริ่มการทดลอง

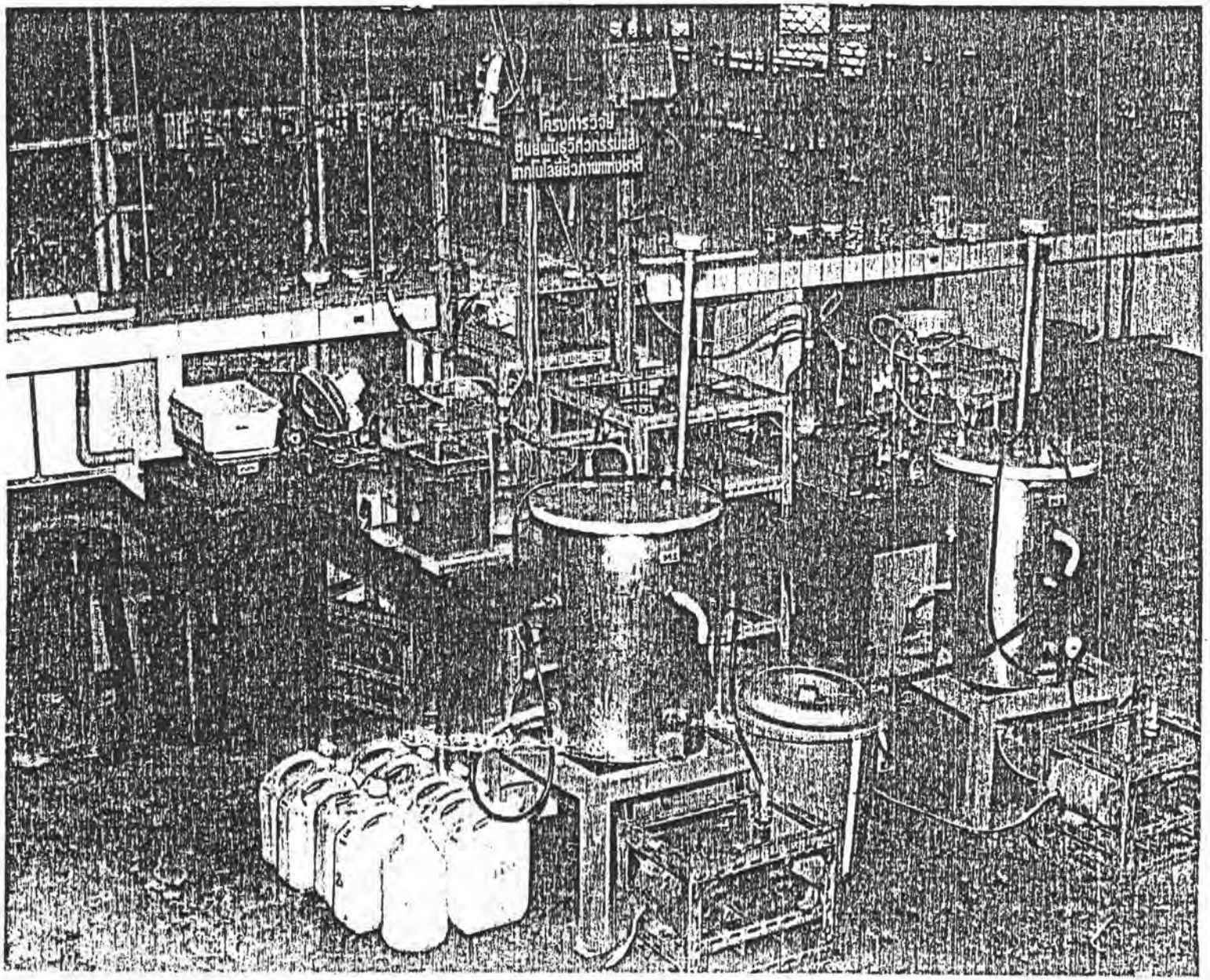
ในขั้นแรกของการทดลองจะใช้ถังหมักกรดและถังหมักก๊าซสองใบเริ่มต้น (start up) พร้อมกันโดยนำสลัดจ์ (sludges) จากถังหมักของโรงกำจัดของเสียชุมชนห้วยขวางมาใช้เพื่อ-เป็นเชื้อ (seed) เพื่อการเริ่มต้น วิธีการก็คือใส่สลัดจ์ลงไปในถังหมักทั้งสาม ประมาณครึ่งหนึ่ง



รูปที่ 4.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบการย่อยสลายแบบไร้อากาศสองขั้นตอน



รูปที่ 4.2 แผนผัง (flow chart) การจัดระบบถังหมักในห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 4.3 ชุดอุปกรณ์การวิจัยในห้องปฏิบัติการ

ของปริมาตร ซึ่งเท่ากับประมาณ 15 ลิตร สำหรับถังหมักกรด และ 25 ลิตร สำหรับถังหมักก๊าซ การเริ่มต้นโดยใช้สลัดจ์ ในปริมาณมากเช่นนี้ จะช่วยให้ระบบปรับตัวได้รวดเร็วและง่ายขึ้น เมื่อใส่สลัดจ์เรียบร้อยแล้ว จะต้องตรวจดูจนแน่ใจว่าถังหมักไม่มีการรั่วซึมหลังจากนั้นจึงเริ่มป้อนขยะที่เตรียมไว้ซึ่งมีค่า ซีโอดี ประมาณ 5,000 มิลลิกรัม/ลิตร ทำการป้อนให้มีค่าระยะเวลาการหมักในถังหมักกรด ประมาณ 1 วัน ซึ่งค่านี้ได้จากการทดลองหมักขยะเพื่อหาค่าผลผลิตของกรดโวลาไทลล์ที่เหมาะสมก่อนหน้าแล้ว น้ำที่ล้นออกจากถังหมักกรด จะไหลเข้าถังตกตะกอนที่มีขนาดเล็ก ดังนั้นจึงถือว่าเวลาที่อยู่ในถังตกตะกอนสั้น จนไม่ต้องนำมาคำนวณหาระยะเวลาการหมักตะกอนในถังตกตะกอนจะถูกเวียนกลับไปสู่ถังหมักกรดใหม่ ด้วยอัตราการไหลเดียวกับการป้อนเข้าสู่ถังหมักกรด (อัตราการเวียนกลับเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์) ขณะเดียวกันน้ำใสส่วนบนจากถังตกตะกอนก็จะถูกป้อนเข้าถังหมักก๊าซ โดยให้มีระยะเวลาการหมักในถังทั้งสองประมาณ 5 วัน และ 10 วัน ตามลำดับ

ระบบจะค่อย ๆ ปรับตัวเอง คือในถังหมักกรด จะมีความเข้มข้นของกรดโวลาไทล์สูงและค่า พีเอช จะลดลงจนแบคทีเรียประเภทผลิตมีเทนจะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดี ขณะเดียวกันภายในถังหมักก๊าซก็จะมีสภาวะแวดล้อม เหมาะสำหรับแบคทีเรียประเภทผลิตมีเทน ซึ่งในระยะแรกได้ทำการปรับสภาพแวดล้อมในถังหมักก๊าซ โดยการเติมโซเดียมไบคาร์บอร์เนต เพื่อให้เกิดความเป็นด่างเพียงพอ ทำการตรวจสอบตัวแปรต่าง ๆ ที่จำเป็นเช่น พีเอช, ความเป็นด่าง, กรดโวลาไทลล์, ซีโอดี และปริมาตรก๊าซ เมื่อระบบเข้าสู่ภาวะสมดุลย์ (stedy state) จึงนำข้อมูลที่ได้มาใช้วิเคราะห์

สำหรับการเปลี่ยนระยะเวลาการหมัก ของถังหมักก๊าซจาก 5 วัน และ 10 วัน ให้เป็น 2 วัน และ 15 วัน ทำได้โดยการปรับอัตราการจ่ายให้แก่ถังหมักก๊าซและรอจนระบบเข้าสู่ภาวะคงที่ (steady state) อีกครั้งจึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์ การเก็บตัวอย่างจากแต่ละถังจะเก็บทุกวันประมาณถังละ 80-100 มิลลิลิตร

4.3 การเตรียมสารอาหาร

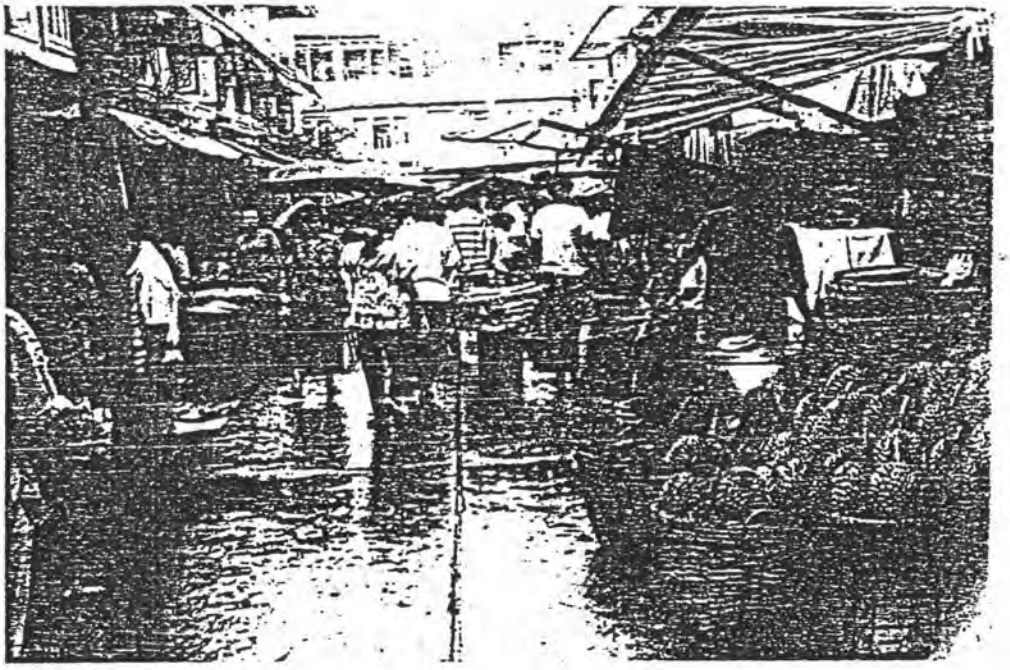
ในตอนแรกของการทดลอง ได้นำขยะที่ผ่านการคัดและบดแล้ว จากโรงกำจัดขยะอ่อนนุชมา เพื่อจะใช้เป็นสารอาหาร เมื่อมาแยกดูพบว่า องค์ประกอบของขยะส่วนใหญ่เป็นพวกถุงพลาสติคที่ถูกบดจนขาดยุ่ย, เศษดิน, เศษผ้า, เศษแก้ว, เศษกระเบื้องที่แตกละเอียด, เศษยาง, เศษกระดาษและอื่น ๆ ที่ไม่สามารถชี้ชัดว่าเป็นอะไรจึงได้นำขยะมาผสมน้ำกวนให้ทั่วและตักกากทิ้งไป นำเฉพาะน้ำไปทำการทดลองหมัก ปรากฏว่าผลผลิตของกรดโวลาไทล์ต่ำเกินไปที่จะนำมาใช้สำหรับทดลอง จึงเปลี่ยนเป็นขยะที่เก็บจากตลาดสามย่าน ซึ่งมีสภาพลักษณะของตลาดและขยะดังรูปที่ 4.4 และ 4.5 ขยะโดยทั่วไปเป็นขยะเปียกที่มีความชื้นสูง องค์ประกอบส่วนใหญ่ก็คือเศษพืชผัก ผลไม้ เปลือกผลไม้ ทั้งนี้ไม่รวมพวกเศษกระดาษ และถุงพลาสติค เพราะจะคัดออกก่อนนำมาทดลองหมัก ขยะจะถูกสับจนละเอียด และบดด้วยเครื่องบดความเร็วสูง ผลการทดลองปรากฏว่า เกิดกรดโวลาไทล์มากพอที่จะนำมาใช้ทำการทดลองได้ ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวัดค่าเปอร์เซ็นต์ของแข็ง และของแข็งระเหยของพืชผักบางชนิดที่นำมาใช้ทดลอง

สำหรับการวิจัย เมื่อได้ขยะมาและทำการคัดเสร็จแล้วจะนำมาสับ จนละเอียดด้วยมีดก่อน แล้วจึงบดด้วย เครื่องบดความเร็วสูง ในการบดนี้จะต้องเติมน้ำเข้าไปด้วยทุกครั้ง มิฉะนั้นจะไม่สามารถบดได้ เมื่อบดขยะจนละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันแล้ว จะนำไปเก็บไว้ในตู้เย็นเพื่อป้องกันปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่จะเกิดขึ้น เพราะในการเตรียมแต่ละครั้งจะเก็บไว้ใช้ได้เป็นเวลาประมาณ 3-5 วัน เมื่อต้องการใช้ก็นำเอาขยะที่เตรียมไว้นี้ มาเจือจางด้วยน้ำประปา ให้มีค่าซีโอดี ประมาณ 5,000 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งจะใช้ค่านี้เป็นหลักตลอดการทดลอง ภายหลังจากที่เจือจางแล้วก็ใส่ในถังที่ติดชุดเครื่องกวน เพื่อเตรียมสำหรับการป้อนต่อไปและ จะทำการหาคุณลักษณะต่าง ๆ ของขยะที่เตรียมไว้นี้ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์

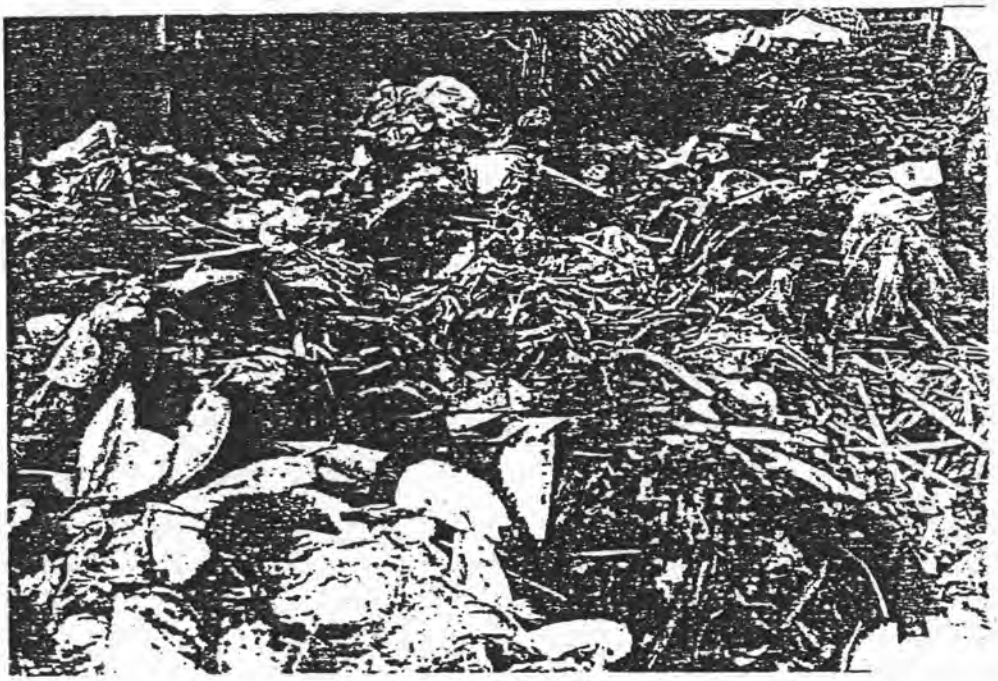
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยของสารอาหารที่ใช้ในการทดลองในถังกวนใส่อาหาร

4.4 การป้อนสารอาหาร

ลักษณะการป้อนสารอาหาร จะเป็นแบบกึ่งต่อเนื่อง (semi continuous) คือจะใช้ปั๊มพ์สายรีด ที่ถูกควบคุมด้วยเครื่องตั้งเวลา เพื่อควบคุมให้ได้ปริมาตรตามระยะเวลาการหมักที่



รูปที่ 4.4 สภาพทั่วไปของตลาดสามย่านที่เป็นแหล่งเก็บตัวอย่างขยะเพื่อการทดลอง



รูปที่ 4.5 ขยะทั่วไปที่เกิดประจำวันจากตลาดสามย่านที่นำมาใช้ทดลอง

ตารางที่ 4.1 ผลการวัดค่าเปอร์เซ็นต์ของแข็ง และของแข็งระเหยของพืชผักบางชนิดที่ใช้เป็นตัวอย่างขยะ

ชนิดของพืช	เปอร์เซ็นต์ของแข็ง	เปอร์เซ็นต์ของแข็งระเหย
ผักบุ้ง	9.59	-
ใบตอง	32.97	-
กะหล่ำ	7.10	85.56
ผักกาดขาว	6.53	88.94
กะเพรา	13.24	90.56
แกนสับปรด	11.40	97.91
ค่าเฉลี่ย	13.47	90.74

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยของสารอาหารที่ใช้ในการทดลองในถังกวนใส่อาหาร

ตัวแปร	การทดลองชุดที่ 1	การทดลองชุดที่ 2
พีเอช (pH)	5.20	4.76
ความเป็นด่างทั้งหมด, มก/ล (Total Alkalinity, mg/l)	468.13	369.90
กรดโวลาไทล์, มก/ล (Volatile Fatty Acid)	917.15	729.20
ซีโอดีทั้งหมด, มก/ล (Total COD, mg/l)	4,681.88	4,908.38
ซีโอดีละลาย, มก/ล (Soluble COD)	1,418.75	1,549.38
ของแข็งทั้งหมด, มก/ล (Total Solid, mg/l)	-	3,523.13
ของแข็งระเหยทั้งหมด, มก/ล (Total Volatile Solid, mg/l)	-	2,811.88
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน, มก/ล (NH_3-N, mg/l)	47.34	71.76
แอมโมเนียอินทรีย์, มก/ล (Organic-N, mg/l)	113.83	119.04
ไนโตรเจนทั้งหมด, มก/ล (TKN, mg/l)	161.17	190.81

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยของขยะที่ผ่านการบดด้วยเครื่องบดและเก็บไว้ในตู้เย็นเพื่อใช้เป็นสารอาหารก่อนการเจือจางด้วยน้ำประปา มีค่าดังนี้

ของแข็งทั้งหมด = 4.14 %

ของแข็งระเหย = 86.52 %

ซีโอดีทั้งหมดประมาณ = 42,000 มก/ล

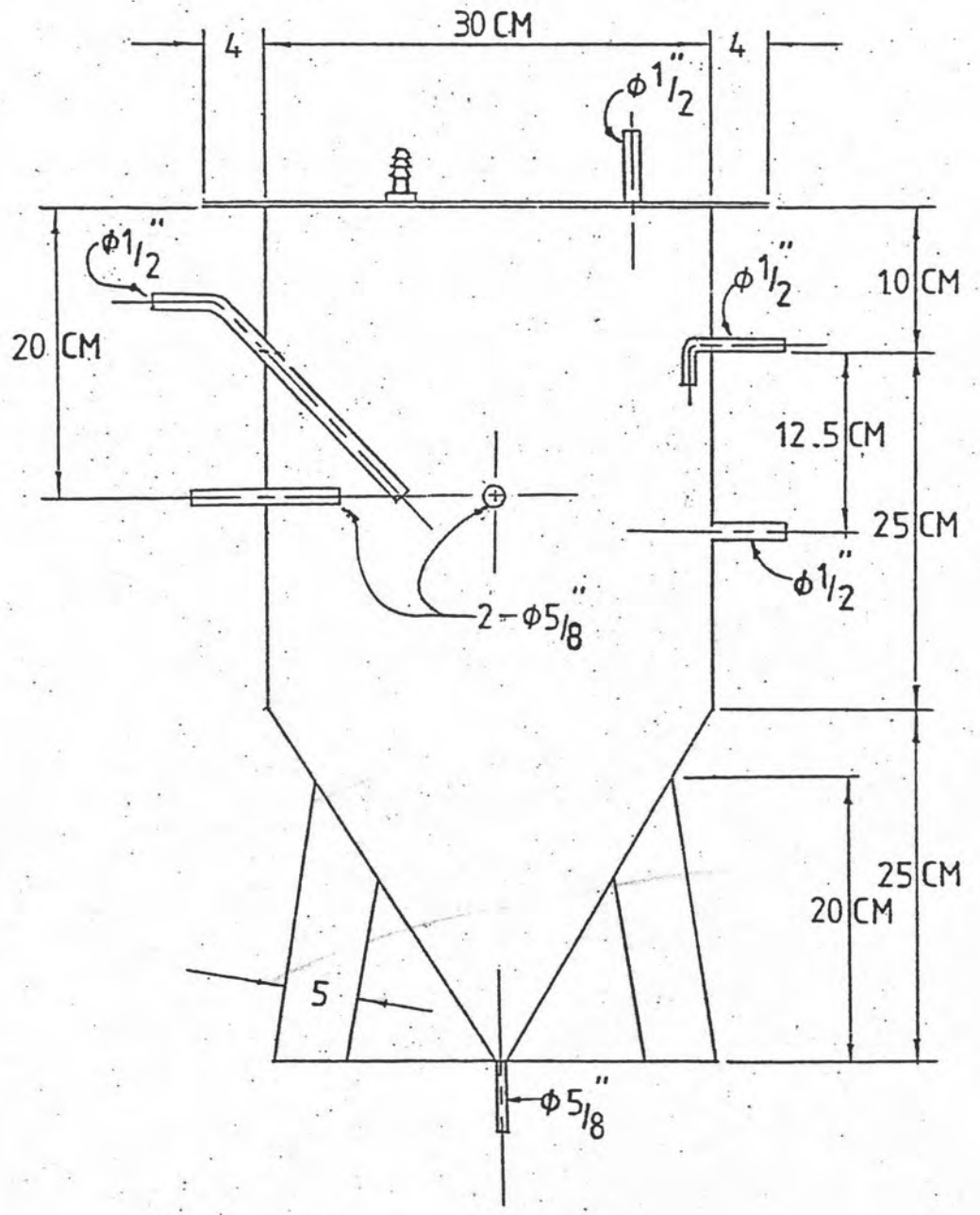
กำหนดไว้ โดยที่ถังหมักกรดซึ่งมีขนาด 30 ลิตร กำหนดให้มีระยะเวลาการหมักประมาณ 0.88-0.89 วัน ดังนั้นอัตราการจ่ายสารอาหารจะเป็น 33.91 ถึง 33.71 ลิตรต่อวันตามลำดับ เมื่อน้ำล้น (over flow) จากถังหมักกรดเข้าสู่ถังตกตะกอน ตะกอนจะถูกเวียนกลับด้วยอัตราเดียวกับการเข้าสู่ถังหมักกรด (อัตราการเวียนกลับเท่ากับ 100 เปอร์เซนต์) ด้วยการใช้ปั๊มพ์สายรีดตัวเดียวกันที่สามารถต่อได้หลายหัว น้ำส่วนบนของถังตกตะกอน จะถูกปั๊มพ์สายรีดอีกสองตัวดูดเข้าสู่ถังหมักก๊าซทั้งสองใบเพื่อให้ได้ ระยะเวลาการหมักตามกำหนด ด้วยการใช้เครื่องตั้งเวลาควบคุมเช่นกัน

ขนาดที่แน่นอนของถังหมักก๊าซ ใบแรกเท่ากับ 50.0 ลิตร และใบที่สองเท่ากับ 52.3 ลิตร โดยให้ใบแรกรับอัตราการจ่ายสำหรับระยะเวลาการหมักเท่ากับ 2.61 และ 4.28 วัน ดังนั้นอัตราการป้อนน้ำจากถังตกตะกอนจะเท่ากับ 19.17 ลิตร/วัน และ 11.69 ลิตร/วัน ตามลำดับ สำหรับถังหมักก๊าซใบที่สอง ซึ่งมีขนาด 52.3 ลิตร ให้มีระยะเวลาการหมัก 10.50 และ 15.03 วัน อัตราการป้อนสารอาหารจะเท่ากับ 4.98 และ 3.48 ลิตร/วัน ตามลำดับ

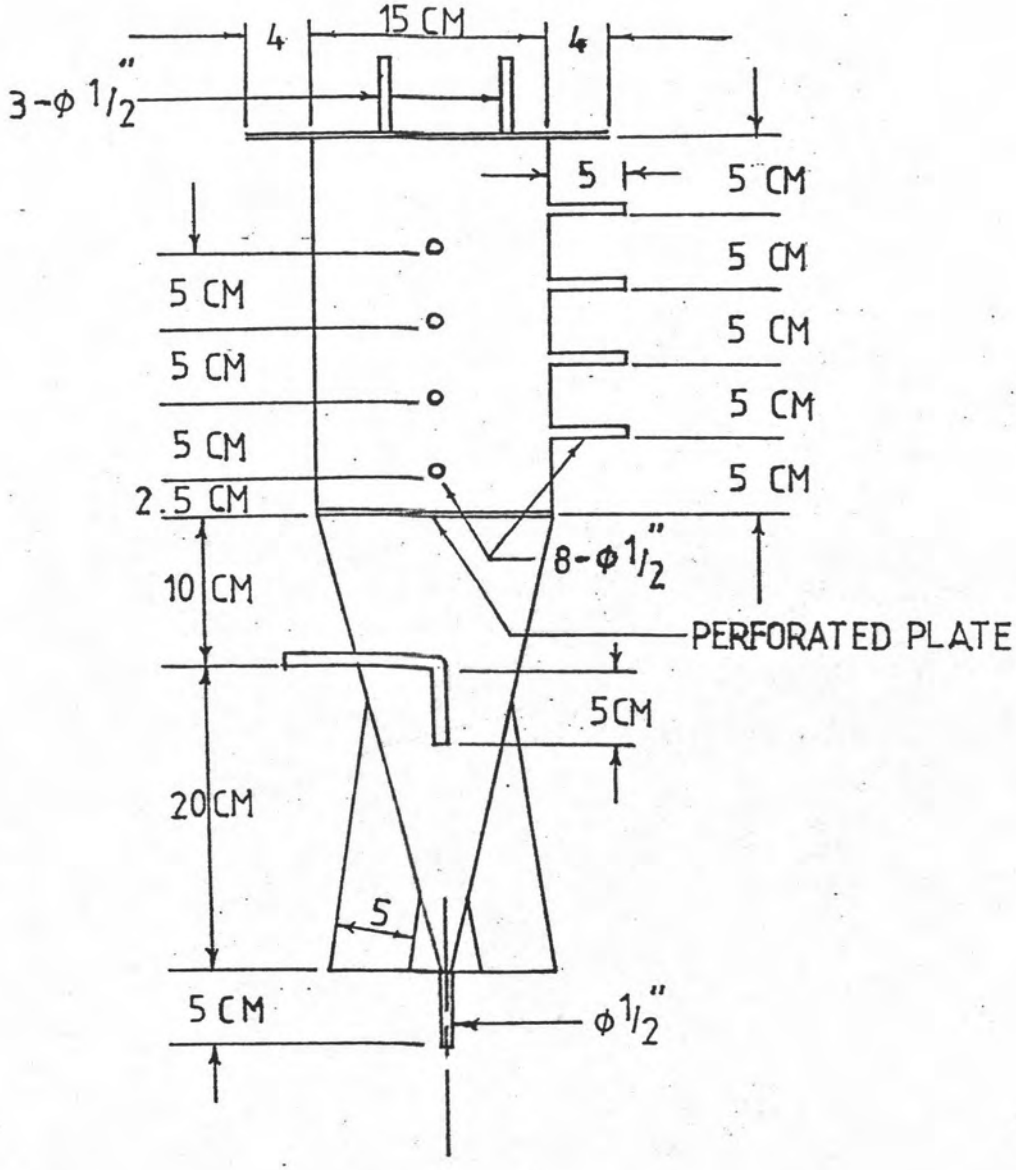
4.5 <u>เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง</u>

4.5.1 <u>ถังหมักกรด</u> (Acid Reactor) ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 4.6 ทำด้วยพลาสติคอะครีลิค (acrylic) หนา 3 มิลลิเมตร หน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีขนาดกว้าง 30 เซ็นติเมตร ด้านล่างเป็นกรวย ความลึกรวม 60 เซนติเมตร ปริมาตรปรับได้ตามช่องทางออกระดับต่าง ๆ แต่ที่ใช้ในการทดลองใช้ปริมาตร 30 ลิตร ฝาปิดมีปะเก็นยางเพื่อกันการรั่วซึม และยาด้วยกาวซิลิโคน ขณะทำการทดลองภายในถังจะทำให้เกิดการกวนอย่างสมบูรณ์ (completely mix) โดยการใช้ปั๊มพ์หอยโข่งสูบน้ำจากก้นถังแล้วเวียนกลับเข้าที่กลางถัง ซึ่งควบคุมด้วยการใช้เครื่องตั้งเวลา ตั้งไว้ให้ทำงาน 3 ชั่วโมง หยุด 1 ชั่วโมง เพื่อป้องกันไม่ให้มอเตอร์ทำงานหนักเกินไป นอกจากนี้ภายในถัง ยังได้ติดตั้งชุดกวน โดยมีใบกวนเพื่อตีตะกอนลอย (scum) ซึ่งจะเกิดสะสมอยู่ที่ผิวบนให้แตกออก เพื่อให้การไหลของน้ำเป็นไปอย่างสม่ำเสมอขึ้น

4.5.2 <u>ถังตกตะกอน</u> (Clarifier) แสดงตามรูปที่ 4.7 ทำด้วยพลาสติคอะครีลิคใส หนา 3 มิลลิเมตร มีฝาปิดพร้อมปะเก็นยาง ลักษณะเป็นกระบอกสี่เหลี่ยมจัตุรัส ตอนล่างเป็น-



รูปที่ 4.6 ถังหมักกรด (Acid Reactor)



รูปที่ 4.7 ถังตกตะกอน (Clarifier)

กรวย มีขนาดหน้าตัด 15 เซ็นติเมตร ลึก 55 เซ็นติเมตร เหนือกรวยตอนล่างมีแผ่นกั้นเจาะรู เพื่อทำหน้าที่ดักตะกอนให้อยู่ตอนล่างโดยยอมให้เฉพาะน้ำใสไหลขึ้น มีช่องออกระดับต่าง ๆ เพื่อปรับปริมาตรตามต้องการ (ภายหลังได้นำแผ่นกั้นออกเนื่องจากมีปัญหาการอุดตัน)

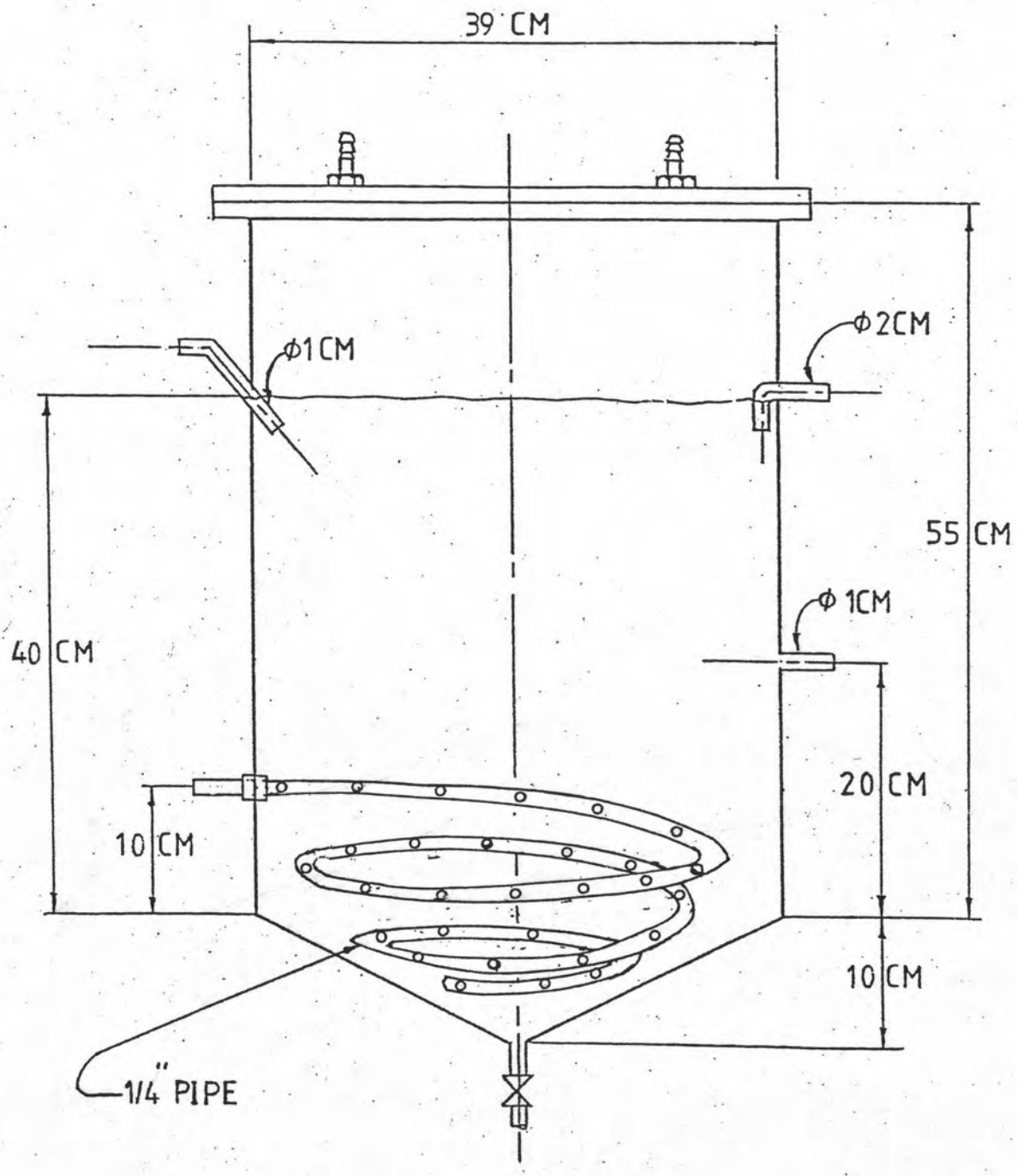
4.5.3 ถังหมักก๊าซ (Methane Reactor) สำหรับงานวิจัยนี้ใช้ถังหมักตามรูปที่ 4.8 ทำด้วยสเตนเลส (stainless steel) หนา 2 มิลลิเมตร โดย มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 39 เซ็นติเมตร ลึก 65 เซ็นติเมตร มีปริมาตรที่แท้จริง 50 ลิตร ภายในถังเดินท่อทองแดงขนาด 3/8 นิ้ว เจาะรูตลอดความยาวและมีปลายปิดลักษณะเป็น perforated pipe สำหรับการกวน โดยใช้ปั๊มพ์หอยโข่งสูบน้ำ จากก้นถังและผ่านเข้าท่อทองแดงที่ขดที่พื้นถัง ไหลขึ้นทางรูที่เจาะไว้ การควบคุมใช้เครื่องตั้งเวลา โดยให้ทำงาน 3 ชั่วโมง หยุด 1 ชั่งโมง

4.5.4 เครื่องตั้งเวลา (Timer) ใช้ในการควบคุมเวลาการทำงานของปั๊มพ์ ที่ป้อนสารอาหาร เพื่อให้ได้อัตราตามกำหนด 3 ตัว และอีก 2 ตัว ใช้สำหรับควบคุมการทำงานของปั๊มพ์ที่ใช้สำหรับการกวนในถังหมักกรด และถังหมักก๊าซ สำหรับเครื่องตั้งเวลาที่ใช้ในการวิจัยนี้ ใช้ตรา REX 3 ตัว และ KAWAMURA 2 ตัว

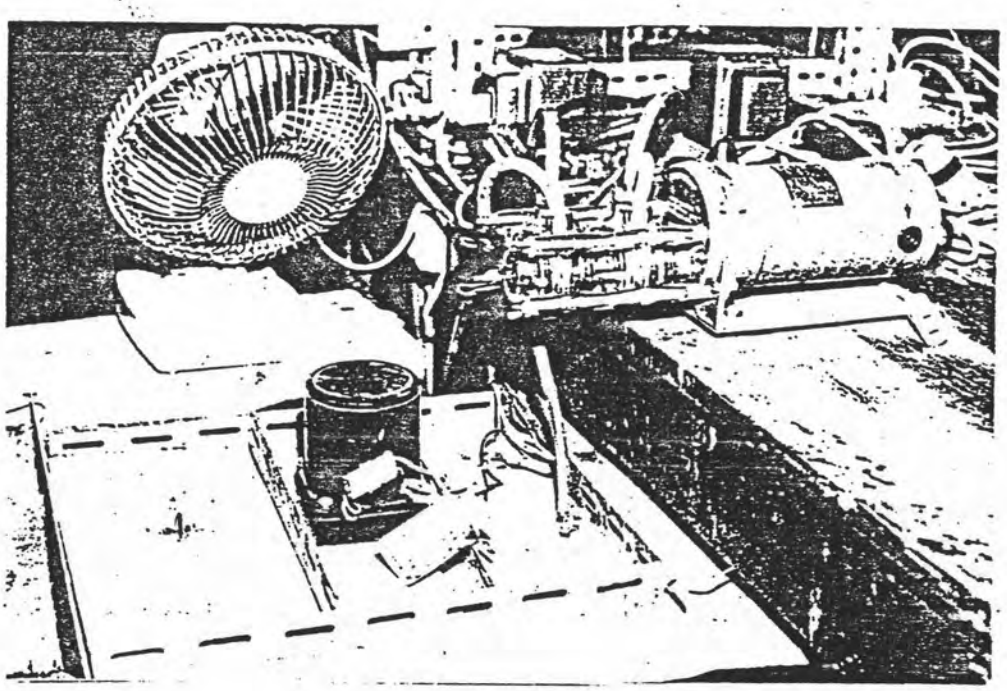
4.5.5 ปั๊มพ์ป้อนสารอาหารและเวียนตะกอน (Substrate feed pump & Recirculation pump) ในการป้อนสารอาหารเข้าสู่ถังหมักกรด และการเวียนสลัดจ์กลับจากถังตกตะกอน ใช้ปั๊มพ์สายรีดตรา MASTERFLEX Catalog No. 7554-00 (รูปที่ 4.9) ซึ่งสามารถปรับความเร็วรอบได้ 6-600 รอบ/นาที โดยต่อได้หลายหัวพร้อมกัน สำหรับการป้อนสารอาหารเข้าสู่ถังหมักก๊าซ ใช้ปั๊มพ์สายรีดตรา WATSON-MARLOW รุ่น 502S ซึ่งปรับความเร็วรอบด้วยระบบตัวเลข(digital)

4.5.6 ปั๊มพ์สำหรับการกวน (Mixing pump) ใช้ปั๊มพ์หนีศูนย์กลางหรือที่เรียกว่าปั๊มพ์หอยโข่ง ตรา TOSHIBA ขนาดเล็ก และขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ขนาด 1/4 แรงม้า หมุนด้วยความเร็วรอบประมาณ 1,400 รอบ/นาที

4.5.7 มอเตอร์สำหรับการกวนสารอาหาร (Stirring motor) ใช้มอเตอร์ขนาดเล็กและมีเฟืองทดความเร็วรอบให้เหลือประมาณ 100 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.8 ถังหมักก๊าซ (Methane Reactor)



รูปที่ 4.9 ปั๊มพ์สำหรับป้อนสารอาหารและเวียนตะกอนกลับ

4.5.8 <u>เครื่องบดขยะ</u> (Blender) ใช้สำหรับบดขยะ ที่ผ่านการสับมาแล้วให้เป็นเนื้อเดียวกัน สามารถปรับความเร็วได้ 2 จังหวะ ตรา BRAUN

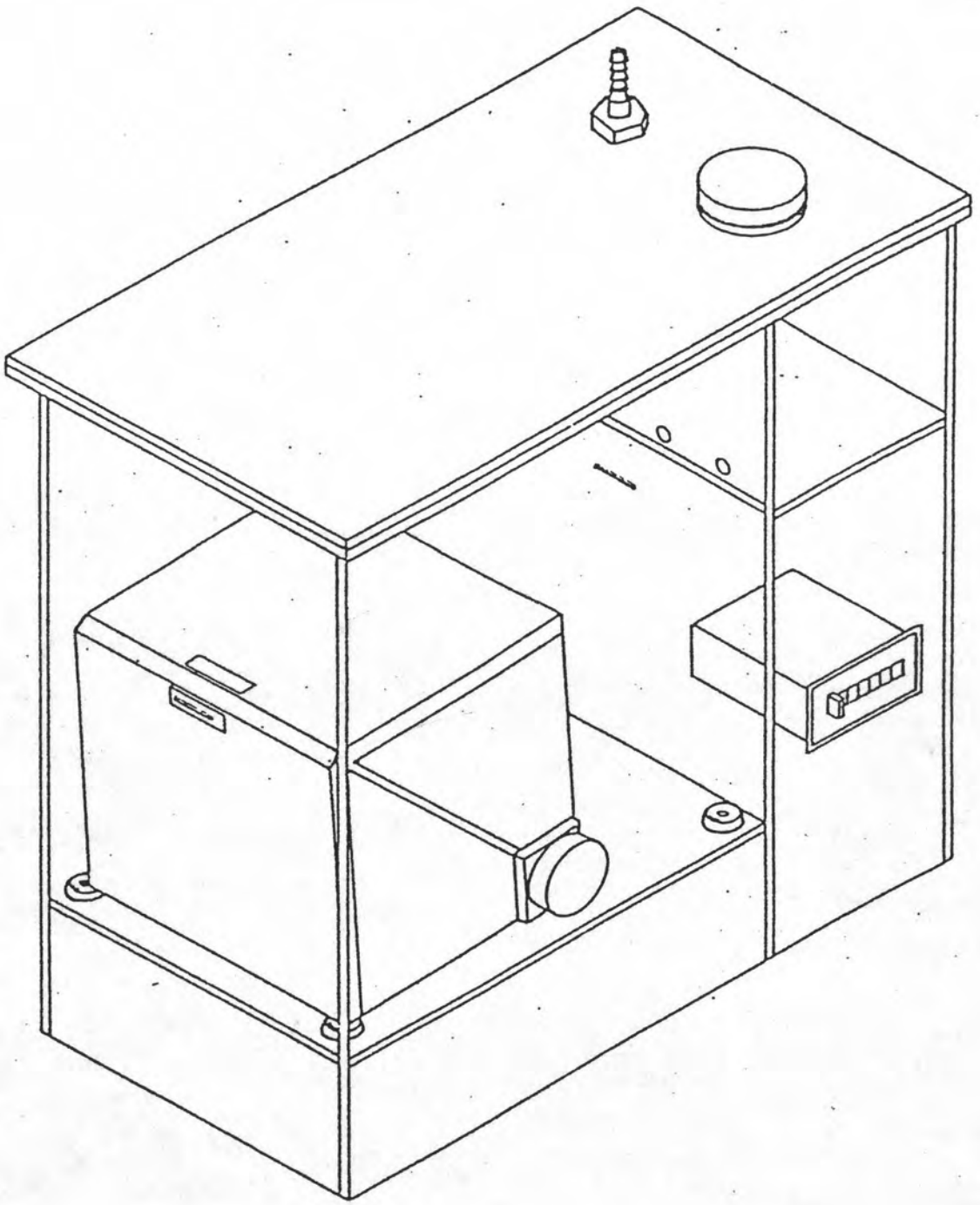
4.5.9 <u>ก๊าซมิเตอร์</u> (Gas meter) รูปที่ 4.10 โดยเครื่องนี้จะวัดผลรวมของปริมาตรที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน แล้วแสดงออกมาเป็นตัวเลขบนเครื่องวัด โดยก๊าซที่เกิดขึ้นจะถูกส่งมาตามสายยางจากฝาของถังหมักก๊าซ และผ่านขวดที่ใส่น้ำอยู่เพื่อปรับความดัน จากนั้นจะผ่านมาทางด้านล่างของเครื่องวัด และเมื่อก๊าซออกจากแครื่องวัดแล้วก็จะถูกระบายทิ้งสู่ภายนอก (ศักดิ์ชัย โอภาสวัตชัย, 2527)

4.6 <u>วิธีวิเคราะห์</u>

เทคนิคในการวิเคราะห์ที่ใช้ในการวิจัยทั้งหมด ทำตามวิธีในเอกสารประกอบการสอน Chemistry of Wastewater (วีรวรรณ ปัทมาภิรัต, 2526) และ Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1975)

4.6.1 <u>พีเอช</u> การวัดค่าพีเอชของน้ำในถังหมักต่าง ๆ จะทำพร้อมกับการหาค่าสภาพความเป็นด่าง และปริมาณของกรดโวลาไทล์ โดยการอ่านค่าพีเอชจะทำทันที หลังจากเก็บตัวอย่างมาจากถังต่าง ๆ คือ ในถังสารอาหาร, ถังหมักกรด, ถังตกตะกอน และถังหมักก๊าซ สำหรับเครื่องมือที่ใช้คือ pH Meter 7020 ของ Electronic Instruments Limited

4.6.2 <u>สภาพความเป็นด่าง และกรดโวลาไทล์</u> โดยการนำเอาตัวอย่างน้ำใส่ในหลอดทดลอง และไปเข้าเครื่องแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifuge) ที่ความเร็วรอบประมาณ 7,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที เพื่อแยกตะกอนออกจากน้ำ จากนั้นนำเอาน้ำใสที่อยู่ส่วนบนมา 20 มล มาหาค่าความเป็นด่างด้วยวิธี Direct titration โดยไตเตรดด้วยกรด H_2SO_4 0.05 N จนถึงพีเอช 4 จดค่าที่ได้ นำมาคำนวณค่าความเป็นด่างทั้งหมดสมดุลย์กับ $CaCO_3$ และไตเตรดตัวอย่างต่อจนถึงพีเอช 3.5-3.3 ในการทดลองต้องใช้ magnetic stirrer กวนเพื่อให้มีการผสมที่สมบูรณ์ จากนั้นนำไปต้มให้เดือดเพื่อไล่คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นเวลา 2-3 นาที ทำให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง แล้วทำให้ตัวอย่างมีพีเอช 4 ตามเดิมด้วย NaOH 0.02 N ต่อจากนั้นไตเตรดต่อจนถึงพีเอช 7 ค่าที่ได้นำมาคำนวณหาความเข้มข้นของกรด



รูปที่ 4.10 ก๊าซมิเตอร์ (Gas meter)

(ศักดิ์ชัย โอภาสวัตชัย, 2527)

โวลาไทล์ สมดุลย์กับความเป็นด่าง (Volatile acid alkalinity) ในหน่วยของ มก/ล และนำผลที่ได้มาหาค่าความเข้มข้นของกรดโวลาไทล์ สมดุลย์กับ CH_3COOH โดยแบ่งเป็นสองกรณีคือ

<u>กรณีที่ 1</u> ถ้า Volatile acid alkalinity < 180 mg/l

VFA as CH_3COOH, mg/l = Vol. acid alkalinity x 1.0

<u>กรณีที่ 2</u> ถ้า Volatile acid alkalinity > 180 mg/l

VFA as CH_3COOH, mg/l = Vol. acid alkalinity x 1.5

4.6.3 <u>ของแข็งทั้งหมดและของแข็งระเหย</u> ใช้หาค่าตัวอย่างสารอาหารในถังกวนก่อนถูกป้อนเข้าสู่ถังหมักกรด ใช้ตัวอย่าง 20 มล ใส่ลงใน crucible ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน แล้วนำไประเหยบนเครื่องอังไอน้ำ (water bath) จนแห้ง อบด้วยเตาอบ (oven) ที่อุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา 30 นาที - 1 ชม ทิ้งให้เย็นในเดสิกเกเตอร์ (desiccator) ชั่งน้ำหนักและคำนวณค่าของแข็งทั้งหมด

ค่าของแข็งระเหยหาได้โดยนำตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้ง หาค่าของแข็งทั้งหมดแล้ว ไปเผาต่อในเตาเผา (muffle furnance) ที่อุณหภูมิ 550°C จนกระทั่งเหลือแต่เถ้าสีขาว จะใช้เวลาประมาณ 30-45 นาที นำไปลดอุณหภูมิจาก 550°C ในเตาอบที่ 103°C ก่อนสักระยะหนึ่ง แล้วจึงทำให้เย็นในเดสิกเกเตอร์จนถึงอุณหภูมิห้อง ชั่นน้ำหนักและคำนวณหาค่าของแข็งระเหย

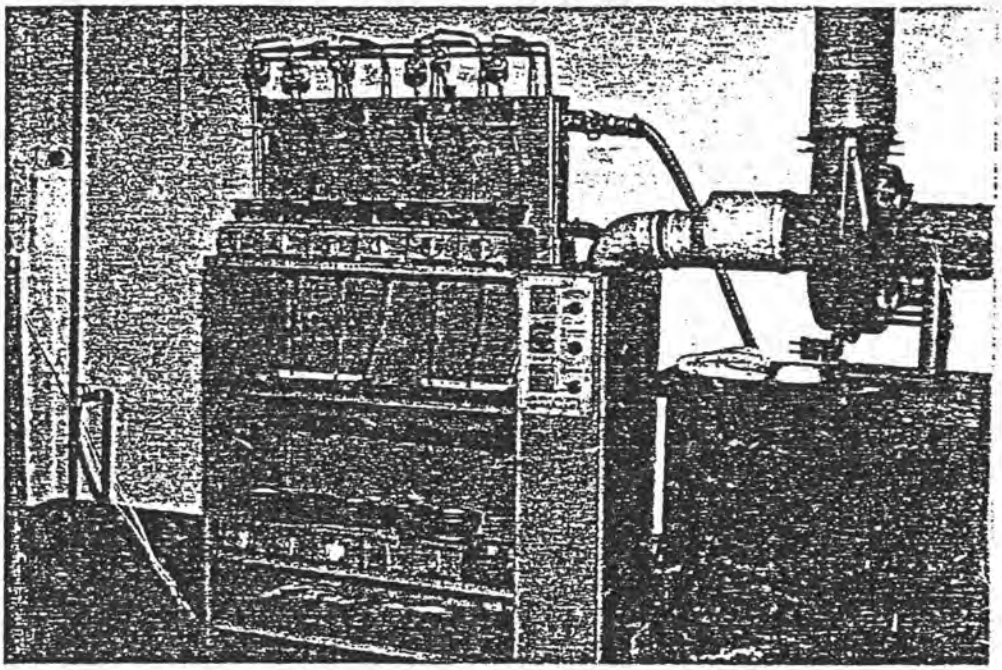
4.6.4 <u>ของแข็งแขวนลอยและของแข็งระเหยแขวนลอย</u> คือค่า TSS และ TVSS โดยหาค่าภายในถังหมักกรด และถังหมักก๊าซ ในถังหมักก๊าซใช้แทนค่า MLSS และ MLVSS แต่ในถังหมักกรดไม่ใช่ เนื่องจากมีพวกเศษพืชผักอยู่เป็นจำนวนมาก วิธีวิเคราะห์ ใช้กระดาษกรอง GF/C ที่ทราบน้ำหนำแน่นอน วางบน Buchner funnel ฉีดน้ำกลั่นไปบนกระดาษ เปิดเครื่อง Suction filter จนกระดาษ GF/C แนบติดกับ funnel เมื่อดูดน้ำออกหมดแล้วจึงปิเปตตัวอย่างน้ำ ที่ได้คนให้ทั่วกันดีแล้วใส่บน filter เปิด Suction pump จากนั้นนำกระดาษ GF/C ไปอบให้แห้งในเตาอบประมาณ 1 ชม หรือกว่านั้น แล้วทำให้เย็นในเดสิกเกเตอร์จนถึงอุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนัก คำนวณหา TSS ส่วนการหา TVSS ก็เช่นเดียวกับการหา TVS คือนำไปเผา

ต่อที่อุณหภูมิ 550°C แล้วชั่งน้ำหนัก และนำมาคำนวณได้

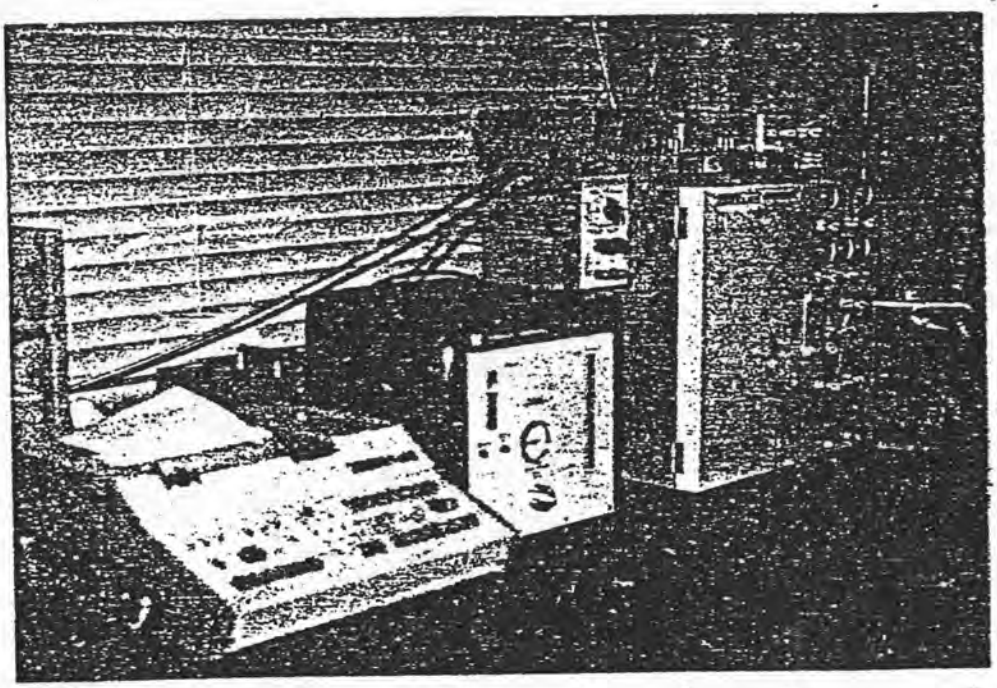
4.6.5 <u>ซีโอดี และไนโตรเจน</u> การวิเคราะห์ค่าซีโอดีและไนโตรเจนทำตามเอกสารประกอบการสอน Chemistry of Wastewater (วีรวรรณ ปัทมาภิรัต, 2526) โดยได้วิเคราะห์ทั้งซีโอดีทั้งหมด และซีโอดีละลาย ค่าซีโอดีละลายเตรียมโดยใช้น้ำตัวอย่างที่ถูกนำไป centrifuge แยกตะกอน เอาน้ำใสมากรองผ่านกระดาษ GF/C แล้วจึงนำไปวิเคราะห์

สำหรับไนโตรเจนวิเคราะห์ทั้งค่า แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และค่าไนโตรเจนทั้งหมด ในถังของสารอาหาร, ถังหมักกรด และถังหมักก๊าซ ชุดอุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์แสดงตามรูปที่ 4.11

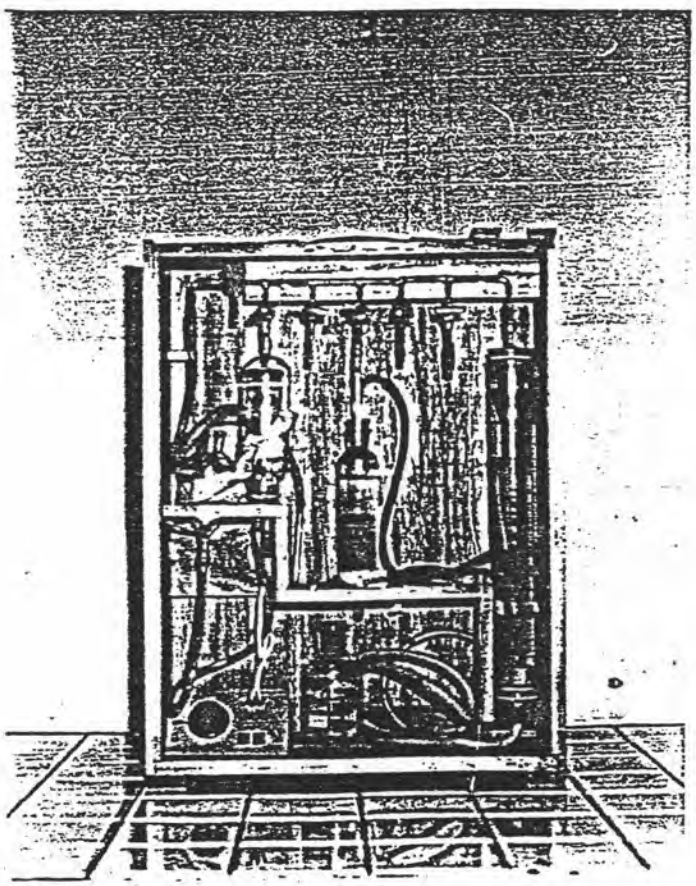
4.6.6 <u>องค์ประกอบของก๊าซ</u> ในการวิเคราะห์หาค่าเปอร์เซ็นต์ของก๊าซอย่างละเอียด ใช้เครื่อง GC-7AG (รูปที่ 4.12) และใช้ ORSAT GAS ANALYZER (รูปที่ 4.13) ในการวัดค่าเปอร์เซ็นต์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว



รูปที่ 4.11 เครื่องต้มกลั่นสำหรับหา แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และทีเคเอ็น



รูปที่ 4.12 เครื่อง GC-7AG และอุปกรณ์ประกอบสำหรับวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของก๊าซ



รูปที่ 4.13 เครื่อง Orsat Gas Analyzer