บทที่ ๔

การทดลอง (Experimental Investigation)

๔.๑ การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์น้ำทิ้ง

น้ำทิ้งที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ใช้น้ำทิ้งในส่วนที่เป็นของเหลวไม่รวมไขมันที่แขวนลอยเป็นชั้นที่ผิวของบ่อเก็บกักน้ำทิ้ง เนื่องจากไขมันในรูปสารแขวนลอยมีความยุ่งยากในการวิเคราะห์และสามารถกำจัดได้ง่ายโดยการตักออกจากบ่อเก็บกักน้ำทิ้ง ไขมันที่ละลายปะปนอยู่ในน้ำทิ้งจึงเป็นไขมันที่อยู่ในรูปสารละลายและอีมัลชั่น วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งเพื่อการวิเคราะห์เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากบ่อเก็บกักน้ำทิ้งหลังโรงงานและเก็บในเวลาเดียวกัน คือ เวลา ๑๗.๐๐ น. ของทุก ๆ วัน เพื่อวิเคราะห์หาค่า COD,BOD,TS, SS, NH_3-N, Org-N, $PO_4^{\equiv}$, ไขมันและ pH ตาม "Standard Method (1971)"

๔.๒ ขั้นตอนในการวิจัย

น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตบะหมี่สำเร็จรูปมีคุณลักษณะพิเศษแตกต่างจากน้ำทิ้งทั่ว ๆ ไป คือ มีไขมันปะปนอยู่ ปริมาณไขมันที่ปะปนอยู่ในน้ำทิ้งแต่ละวันจะมีค่าไม่คงที่ขึ้นอยู่กับปริมาณการผลิตและการล้างเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต วันใดไม่มีการล้างเครื่องจักร (ซึ่งล้างด้วยโซดาไฟเพื่อละลายไขมัน) ความเข้มข้นของไขมันในน้ำทิ้งจะมีค่าสูง เป้าหมายสำคัญในการวิจัยครั้งนี้คือการกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตบะหมี่สำเร็จรูปทางชีววิทยาโดยระบบแอคทิเวตเทตสลัดจ์ แต่ด้วยเหตุที่น้ำทิ้งประเภทนี้มีไขมันละลายอยู่และถ้าไม่ได้มีการกำจัดไขมันดังกล่าวออกแล้วอาจก่อให้เกิดปัญหาต่อระบบแอคทิเวตเทตสลัดจ์ได้ เนื่องจากไขมันจะห่อหุ้มตัวแบคทีเรียทำให้ไม่สามารถกินอาหารและหายใจได้และอาจทำให้ตายได้ การวิจัยครั้งนี้จึงแบ่งขั้นตอนการวิจัยอย่างกว้าง ๆ เป็น ๒ ขั้นตอน

ขั้นที่ ๑ ศึกษาการกำจัดน้ำทิ้งระบบแอคทิเวตเทดสลัดจ์โดยใช้ตัวอย่างน้ำทิ้งที่ไม่ได้ผ่านกรรมวิธีกำจัดไขมันซึ่งละลายอยู่ออกเสียก่อน การศึกษาในขั้นนี้ยังแบ่งขั้นตอนย่อย ๆ ออกได้เป็น ๒ ขั้นตอนดังนี้ คือ

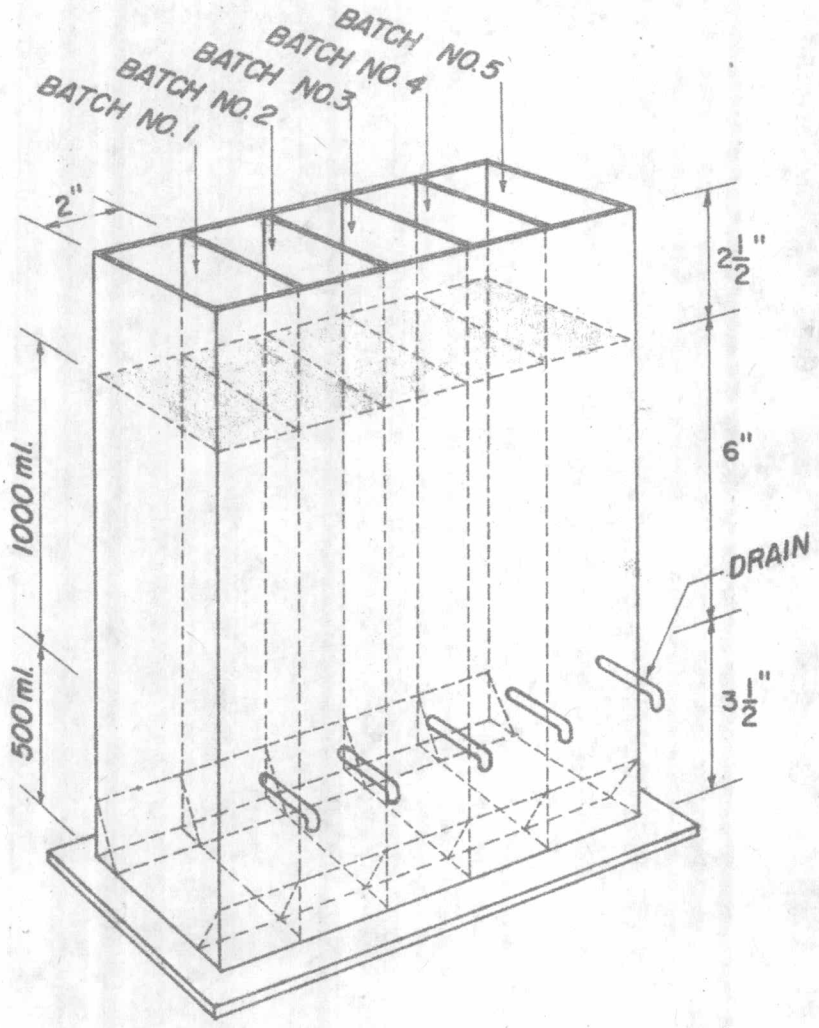
๑. การศึกษาแบบเติมน้ำทิ้งเป็นครั้งคราว (Batch fed Study)

๒. การศึกษาแบบเติมน้ำทิ้งอย่างต่อเนื่อง (Continuous-fed Study)

๑) การศึกษาแบบเติมน้ำทิ้งเป็นครั้งคราวใช้ batch ดังรูปที่ ๒๑ นำ "seed" ซึ่งมีจุลินทรีย์ปริมาณมากจากถังเติมอากาศ (aeration tank) ของระบบกำจัดน้ำทิ้งแบบแอคทิเวตเทดสลัดจ์จากโรงงานผลิตน้ำอัดลมบริษัทเสริมสุขจำกัดใส่ใน batch 2 batch ซึ่งแต่ละ batch ใส่ "seed" ๒๐๐ ซี.ซี. แล้วเติมน้ำกลั่นจนครบ ๑.๕ ลิตร ใช้เครื่องเป่าอากาศให้ปริมาณอากาศในอัตรา ๑๐๐๐-๒๐๐๐ ซีซี.ต่อนาที เนื่องจากจุลินทรีย์ต้องใช้อาหารในการเจริญเติบโตและขยายจำนวนในแต่ละวันจึงต้องเติมอาหารคาร์โบไฮเดรตสังเคราะห์ (synthetic carbohydrate waste)ซึ่งประกอบด้วย

- คาร์โบไฮเดรต ๑๐๐๐ มก.ต่อลิตร
- $FeCl_3.6H_2O$ ๐.๕ มก.ต่อลิตร
- $CaCl_2.2H_2O$ ๗.๕ มก.ต่อลิตร
- K_2HPO_4 ๑๐๐๐ มก.ต่อลิตร

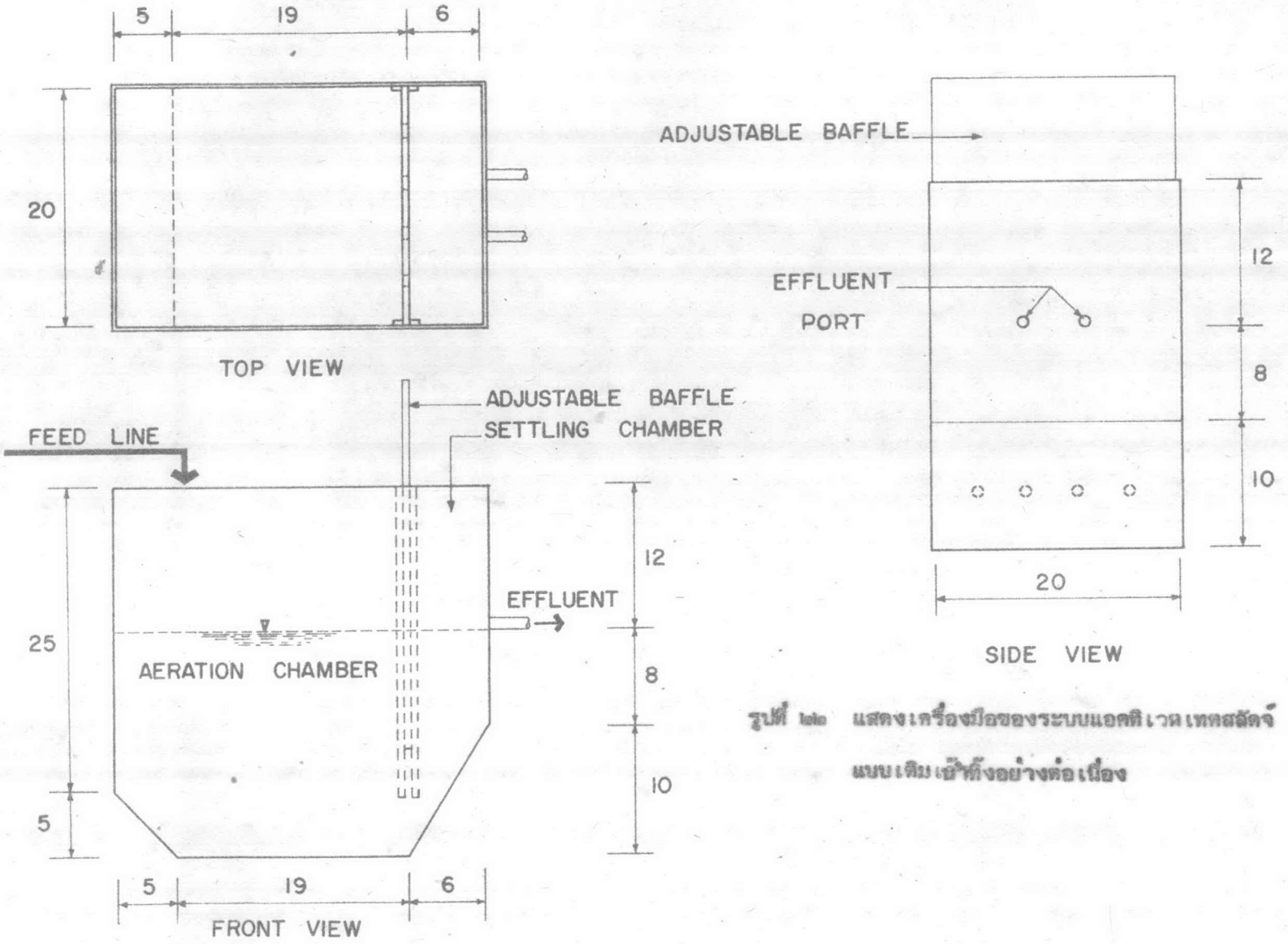
เนื่องจากต้องการให้จุลินทรีย์ได้มีโอกาสพักการทำงานของตัวเองบ้างประมาณวันละ ๑ ชม. ดังนั้นจึงเป่าอากาศวันละ ๒๓ ชม. และหยุด ๑ ชม. ทุกวัน พร้อมกันนี้ต้องปรับ pH ให้อยู่ระหว่าง ๗-๗.๔ โดยใช้ K_2HPO_4 หรือ KH_2PO_4 ให้อาหารและเป่าอากาศทุกวันตามปริมาณดังกล่าวแล้วข้างต้น จนกระทั่ง MLSS ในแต่ละ batch



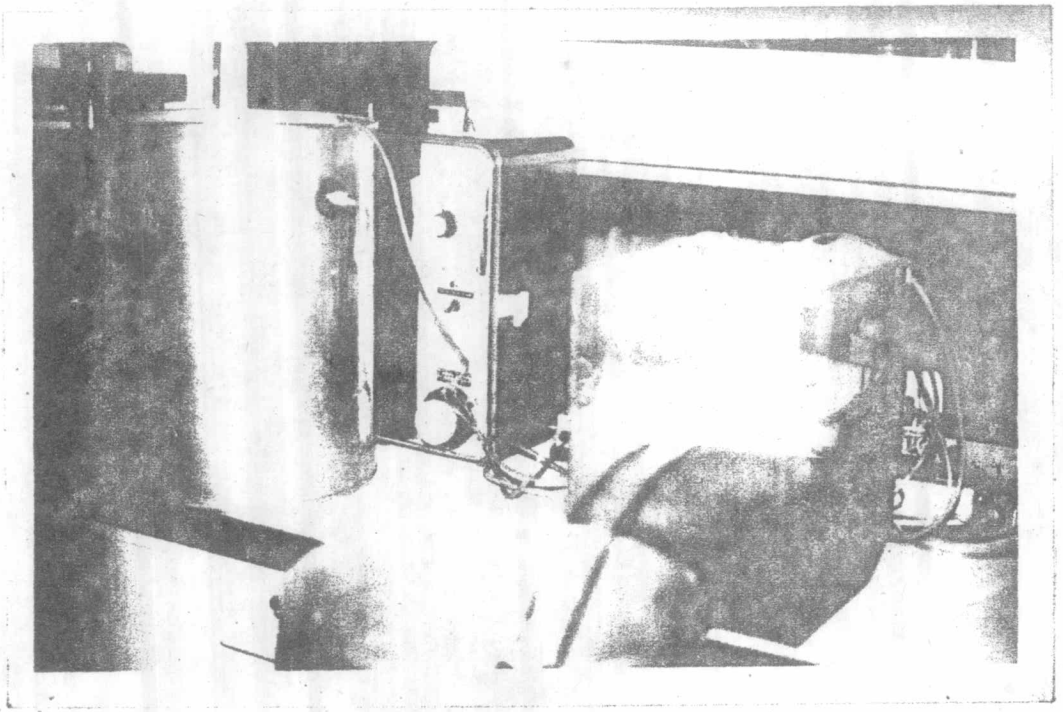
รูปที่ ๒๑ แสดง batch ที่ใช้ในการทดลอง

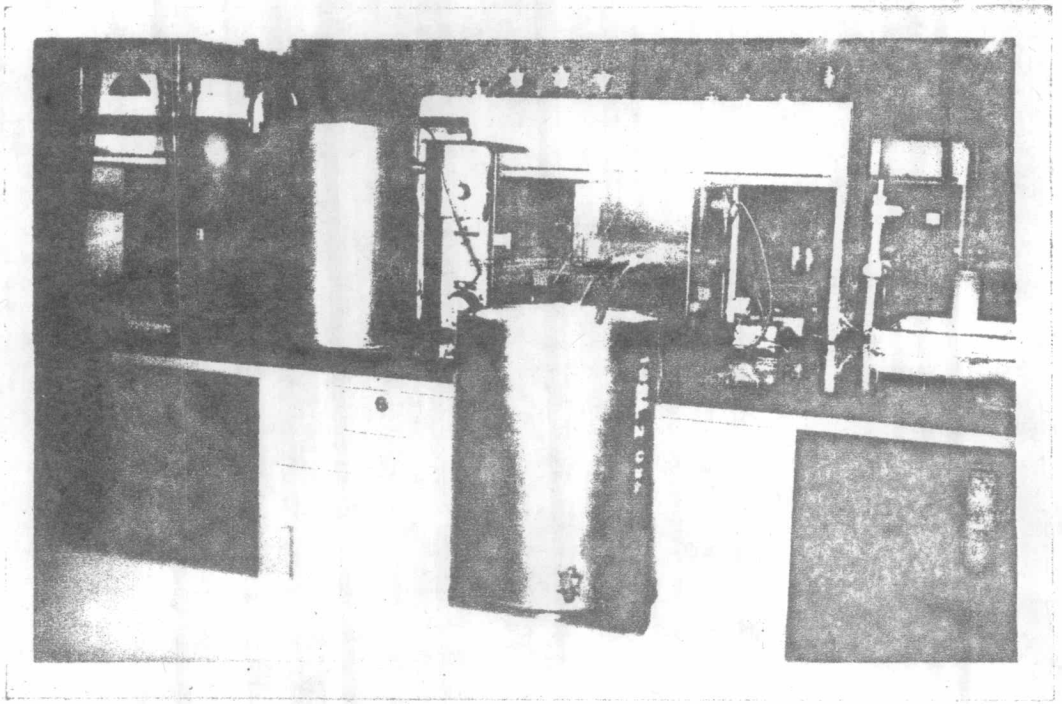
มีค่าอยู่ระหว่าง ๒๐๐๐-๓๐๐๐ มก.ต่อลิตร จึงเริ่มทำให้จุลินทรีย์มีความเคยชินต่อน้ำทิ้ง (acclimatization) โดยหยุดเป่าอากาศปล่อยให้สลัดจ์ตกตะกอน ดูดเอาส่วนที่ใส (supernatant) ออก ๑๐% ของปริมาตรของของเหลวทั้งหมด แล้วเติมตัวอย่างน้ำทิ้งลงไปให้ปริมาตรของของเหลวเท่าเดิม วันต่อไปนำส่วนที่ใสออกเพิ่มเติมขึ้นอีก (เป็น ๒๐%) และเติมตัวอย่างน้ำทิ้งให้ปริมาตรของของเหลวเท่าเดิมทำเช่นนี้เรื่อย ๆ จนครบ ๑๐๐% เมื่อการทำงานของจุลินทรีย์ใน batch อยู่ในภาวะคงที่ (steady syate) แล้ว จึงทำการวิเคราะห์หาค่า COD,BOD และ TS ของส่วนที่ใสหลังจากการเติมอากาศเป็นระยะเวลา ๐, ๓๐, และ ๖๐ นาที,๒,๓,๔,๖,๘,๑๐ และ ๒๔ ชม. ตามลำดับพร้อมทั้งหาค่า MLSS ของแต่ละจุดเพื่อหาว่าน้ำทิ้งนี้จะทำการกำจัดทางชีววิทยาได้มากน้อยเท่าใด

๒) การศึกษาแบบเติมน้ำทิ้งอย่างต่อเนื่อง ใช้เครื่องมือดังรูปที่ ๒๒ และ ๒๓ ประกอบด้วย ๒ ส่วน คือ ส่วนที่เติมอากาศ (aeration tank) ปริมาตร ๑๐ ลิตร และส่วนที่ให้สลัดจ์ตกตะกอน ปริมาตร ๒.๗ ลิตร โดยสมมติให้มีตะกอนหมุนเวียน (return sludge) ๑๐๐% ใช้ตัวเป่าอากาศ ๑๒ อัน ให้อากาศประมาณ ๒๔ ลิตรต่อนาที ซึ่งปริมาณอากาศขนาดนี้จะมากเกินพอที่จุลินทรีย์จะใช้ น้ำทิ้งจะถูกนำเข้าสู่ถังเติมอากาศโดย "peristaltic pump" ซึ่งควบคุมอัตราการไหลได้ สลัดจ์ต้องถูกทำให้เคยชินกับน้ำทิ้งเสียก่อน ซึ่งการเลี้ยงสลัดจ์และการทำให้เคยชินกับน้ำทิ้งก็ทำคล้ายกับการศึกษาโดยใช้ batch แต่ "seed" ใช้ "night soil" (น้ำทิ้งจากส้วมเอาแต่ส่วนที่ใส ซึ่งมีจุลินทรีย์เป็นจำนวนมาก) ปรับ pH ของตัวอย่างน้ำทิ้งก่อนเข้าสู่ถังเติมอากาศโดยใช้กรดซัลฟูริคหรือด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์เจือจาง อัตราการไหลของน้ำทิ้งที่กำหนดเริ่มตั้งแต่อัตราน้อยที่สุด คือ ๕ ลิตรต่อวัน ซึ่งมีระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง (detention time) นาน ๒๔ ชั่วโมง ซึ่งเป็นระยะเวลาที่นานสำหรับระบบนี้ เพิ่มอัตราการไหลจนกระทั่งพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดลดลงโดยการวิเคราะห์หาค่า COD,BOD,NH_3-N,Org-N,$PO_4^{\equiv}$, ไขมันและ



รูปที่ ๒๒ แสดงเครื่องมือของระบบแอคทิเวเทดสลัดจ์
แบบเติมเข้าทั้งอย่างต่อเนื่อง





รูปที่ ๒๓ แสดงเครื่องมือทั้งหมดที่ใช้ในการศึกษาระบบแอคทิเวตเทดสลัดจ์แบบเติมน้ำทิ้งอย่างต่อเนื่อง

pH ของตัวอย่างน้ำทิ้งก่อนเข้าสู่ถังเติมอากาศ (influent) และตัวอย่างน้ำทิ้งหลังการกำจัด (effluent) พร้อมทั้งหาค่า MLSS และ MLVSS

ขั้นที่ ๒ ศึกษาการกำจัดน้ำทิ้งระบบแอคทิเวตเทดสลัดจ์ โดยใช้ตัวอย่างน้ำทิ้งที่ผ่านกรรมวิธีกำจัดไขมันซึ่งละลายอยู่ออกเสียก่อนจากวิธีที่ได้ศึกษาและวิจัยแล้วว่าให้ประสิทธิภาพในการกำจัดไขมันได้ดีที่สุด การศึกษาในขั้นนี้แบ่งออกเป็น ๒ ขั้นตอนดังนี้ คือ

๑. การศึกษาการกำจัดไขมันในรูปสารละลายและอีมัลชั่นที่ละลายอยู่ในน้ำทิ้ง

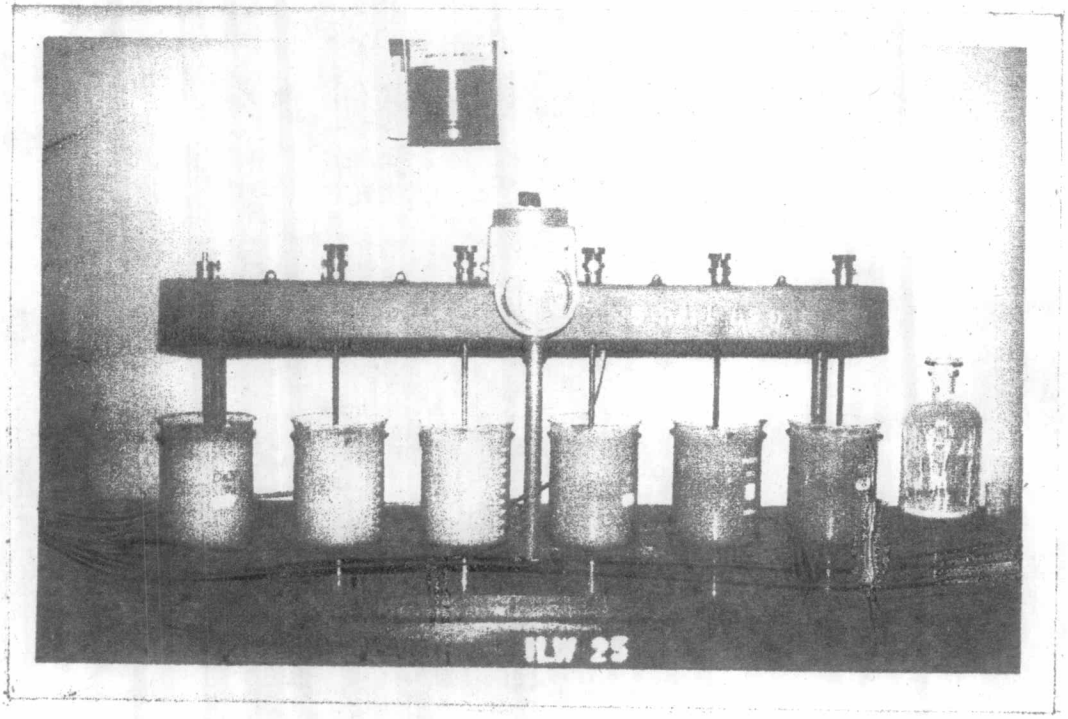
๒. การศึกษาการกำจัดน้ำทิ้งโดยระบบแอคทิเวตเทดสลัดจ์แบบเติมตัวอย่างน้ำทิ้งอย่างต่อเนื่อง ซึ่งใช้ตัวอย่างน้ำทิ้งที่กำจัดไขมันออกเสียก่อนจากขั้นตอนแรก

๑) การกำจัดไขมันในรูปสารแขวนลอยและอีมัลชั่นที่ละลายอยู่ในน้ำทิ้ง การศึกษาครั้งนี้มี ๒ วิธี คือ

ก. การทำให้ลอย (Flotation) ใช้แบบ Aeration Type Unit คือการเป่าอากาศเพื่อให้ฟองอากาศยกไขมันขึ้นสู่ผิว ทำการทดลองในโหลแก้ว ๒ อัน แต่ละอันมีความจุมากกว่า ๓ ลิตร ใช้ตัวเป่าอากาศซึ่งสามารถให้อากาศในโหลได้ ๐.๑ ลบฟ.ต่อแกลลอน ใส่ตัวอย่างน้ำทิ้งซึ่งเก็บแบบตัวอย่างแยกใส่ในโหล ๆ ละ ๒ ลิตร โดยมีระยะเวลาในการเป่าอากาศ ๑๐, ๒๐, และ ๓๐ นาที ตามลำดับ แต่ละครั้งที่หยุดเป่าอากาศตักไขมันที่ลอยอยู่ที่ผิวออกให้หมด นำตัวอย่างน้ำในโหลแต่ละระยะเวลาไปวิเคราะห์หาค่าไขมัน เพื่อดูประสิทธิภาพการกำจัดไขมัน

ข. การตกตะกอนโดยใช้สารเคมี (Chemical Precipitation) ใช้ Jar Test ดังรูปที่ ๒๔ เพื่อศึกษาการตกตะกอนไขมันโดยใช้ปูนขาว (lime) หาปริมาณปูนขาวที่เหมาะสมในการกำจัดไขมันให้ได้ประสิทธิภาพดีที่สุด การวิจัยใช้บีคเกอร์ขนาด ๑ ลิตร ๖ ใบ ใส่ตัวอย่างน้ำทิ้งซึ่งเก็บมาจากถังเก็บกักน้ำทิ้งจากโรงงาน ใส่บีคเกอร์ละ ๑ ลิตร หลังจากทดสอบโดย Jar Test ในปริมาณปูนขาวต่าง ๆ กัน ทิ้งให้ตกตะกอน ๓๐ นาที นำน้ำส่วนที่ใสในแต่ละบีคเกอร์และตัวอย่างน้ำทิ้งที่ใช้ในการทดสอบมาวิเคราะห์หาค่า COD, Alkalinity, ไขมันและ pH

๒) การศึกษาการกำจัดน้ำทิ้งโดยระบบแอคทิเวเทดสลัดจ์แบบเติมตัวอย่างน้ำทิ้งต่อเนื่อง ซึ่งใช้ตัวอย่างน้ำทิ้งที่กำจัดไขมันออกเสียก่อน เมื่อได้ศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการกำจัดไขมันในรูปสารละลายและอีมัลชั่นในน้ำทิ้งแล้วก็นำวิธีนั้นมาใช้เพื่อกำจัดไขมันออกเสียก่อน จึงนำตัวอย่างน้ำทิ้งนั้นมากำจัดให้ได้คุณลักษณะตามมาตรฐานน้ำทิ้งของกระทรวงอุตสาหกรรมโดยระบบแอคทิเวเทดสลัดจ์ แบบเติมน้ำทิ้งอย่างต่อเนื่อง เครื่องมือที่ใช้ดังแสดงในรูปที่ ๒๒ และ ๒๓ ขบวนการในการกำจัดเหมือนกับที่กล่าวมาแล้วในการศึกษาแบบเติมน้ำทิ้งอย่างต่อเนื่องของขั้นที่ ๑



รูปที่ ๒๔ เครื่องมือ Jar Test ศึกษาการตกตะกอนไขมันโดยปูนขาว