

บทที่ 5

ผลการทดลองและวิจารณ์

5.1 ระยะเวลาในการทดลอง

การทดลองทั้งหมดนี้ใช้เวลารวม 12 เดือน ดังนี้

- (1) การสร้างและติดตั้งระบบหมัก 2 เดือน
- (2) การปรับให้แบคทีเรียในระบบอยู่ในสภาพที่เหมาะสมและมีความคุ้นเคยกับน้ำทิ้งแป้งมันสำปะหลัง 2 เดือน
- (3) การทดลองการหมักกรดอินทรีย์ 4 เดือน
- (4) การทดลองการหมักมีเทน (การหมักแบบ 2 ชั้นคอน) $2\frac{1}{2}$ เดือน
- (5) การทดลองการหมักแบบชั้นคอนเดี่ยว $1\frac{1}{2}$ เดือน

5.2 ลักษณะน้ำเสียจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง

น้ำเสียจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง ประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่เป็นพวกแป้งเป็นส่วนใหญ่ ตารางที่ 5.1 แสดงลักษณะสมบัติของน้ำเสียรวมจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง จากตารางดังกล่าวค่าบีโอดี/ซีโอดีมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.5 ซึ่งถือว่าสูงมาก เมื่อเทียบกับค่าบีโอดี/ซีโอดีของน้ำโสโครกจากชุมชนซึ่งมีค่าเพียง 0.41(30) แสดงให้เห็นว่าน้ำเสียจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังนี้สามารถย่อยสลายโดยกระบวนการชีววิทยาได้ง่าย ทั้งนี้เนื่องมาจากสารอินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นพวกแป้ง ส่วนปริมาณสารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมีค่าอยู่ระหว่าง 0.75 - 242 มก./ล. และ 0-17 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งอัตราส่วนธาตุอาหารเสริมที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนอิสระนั้น ควรมีค่า COD : N : P = 100 : 1.1 : 0.2 ดังนั้นปริมาณสารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจึงยังไม่เพียงพอสำหรับการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนอิสระ

ตารางที่ 5.1 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียรวมจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังชนิด
สลักแห้ง (เกรทหนึ่ง) (1)

| Item | Unit | Combined Waste water |
|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Temperature | °C | 23.0 - 33.0 |
| pH | - | 3.4 - 6.0 |
| Suspended Solids (SS) | mg/l | 793 - 8,400 |
| Volatile Suspended Solids (VSS) | mg/l | 752 |
| Total Solids (TS) | mg/l | 3,560 - 6,800 |
| Total Volatile Solids (TVS) | mg/l | 3,188 - 3,628 |
| Settleable Solids | ml/l | 21 - 200 |
| Volatile Fatty Acids | mg/l asCH ₃ COOH | 130 - 1,200 |
| COD | mg/l | 3,100 - 19,500 |
| BOD | mg/l | 3,000 - 8,407 |
| Total Kjeldahl Nitrogen (TKN) | mg/l as N | 0.75 - 242 |
| Ammonia Nitrogen | mg/l as N | 0 - 22 |
| Organic Nitrogen | mg/l as N | 0.75 - 220 |
| Phosphate | mg/l as P | 0 - 17 |

น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองนี้เก็บมาจากเครื่องแยก (separator or decanter) ซึ่งมีปริมาณซีไอที ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และพีเอสตามตารางที่ 5.2 ในการทดลองนี้ได้เก็บรากอาหาร เสริมไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งดังกล่าวในปริมาณที่เพียงพอ เพื่อให้การทดลองดำเนินไปโดยไม่มีผลจากรากอาหาร เสริมซึ่งอาจมีไม่พอสำหรับการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนอิสระ

5.3 ผลการทดลอง

ผลการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นการหาสภาวะที่เหมาะสมการหมัก กรคอินทรีย์จากน้ำเสียแป้งมันสำปะหลังเพื่อใช้สำหรับผลิตกรคอินทรีย์ในขั้นตอนแรกของการหมักแบบสองขั้นตอน ส่วนที่สองเป็นการหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซมีเทนและการกำจัดสาร

ตารางที่ 5.2 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียแป้งมันสำปะหลังที่เก็บมาจากเครื่องแยก

| Item | Unit | Separator or Decantor Wastewater |
|-------------------------------|-----------|----------------------------------|
| COD | mg/l | 26,000 - 38,000 |
| Total Kjeldahl Nitrogen (TKN) | mg/l as N | 370 - 580 |
| Phosphate | mg/l as P | 4.6 - 5.1 |
| pH | - | 2.8 - 3.2 |

อินทรีย์เป็นการหมักในชั้นคอนที่สองจากกรอินทรีย์ที่ผลิตได้ในชั้นคอนแรก และส่วนที่สามเป็นการหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซมีเทนและการกำจัดสารอินทรีย์จากน้ำทิ้งโดยตรง ซึ่งเป็นการหมักแบบชั้นคอนเดียว รายละเอียดผลการทดลองมีดังนี้

5.3.1 ผลการทดลองการหมักกรอินทรีย์

การทดลองนี้เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม สำหรับการผลิตกรอินทรีย์จากสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งแป้งมันสำปะหลัง โดยควบคุมความเข้มข้นสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งให้คงที่ประมาณ 20,000 มก.ซีไอคิ/ล. และเติมสารอาหารเสริมทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอย่างเพียงพอ น้ำทิ้งนี้จะเตรียมขึ้นในคอนเยนในปริมาณที่เพียงพอสำหรับการป้อนเข้าระบบแต่ละวัน ดังหมักจะถูกควบคุมที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และพีเอช 7.0 ตลอดการทดลอง ในการควบคุมพีเอชที่ค่าเป็นกลางนี้เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบระเทือนต่อการทำงานของแบคทีเรียในระบบ เพื่อที่จะพิจารณาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกรอินทรีย์ โดยไม่มีผลอันเนื่องมาจากค่าพีเอชที่แตกต่างกัน แต่ละการทดลองน้ำทิ้งถูกป้อนเข้าดังหมัก โดยการควบคุมอัตราไหลให้มีเวลาในการกำจัดในดังหมักที่ 0.6, 0.8, 1, 2, 4 และ 6 วัน

ในช่วงแรกของการเปลี่ยนเวลาในการกำจัดและภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ ได้ทำการประเมินการทำงานของระบบ โดยทำการวิเคราะห์ค่าซีไอคิ และกรอินทรีย์ จนกระทั่งระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ (steady state) โดยสังเกตจากค่าซีไอคิและกรอินทรีย์ว่ามีค่าค่อนข้างคงที่ ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 4-5 สัปดาห์ แล้วจึงเริ่มทำการเก็บข้อมูลเพื่อค

ประสิทธิภาพการทำงานของระบบเป็นเวลาประมาณ 10 วันติดต่อกัน ผลการศึกษาคำถามการทำงานของระบบที่สภาวะการทดลองต่าง ๆ ได้รวบรวมแสดงไว้ในภาคผนวกที่ 1 ค่าเฉลี่ยข้อมูลต่างๆในแต่ละการทดลองได้แสดงในตารางที่ 5.3 โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.3.1.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์

ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ ซึ่งศึกษาอยู่ในรูปของการกำจัดซีไอคี่แม่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ใช้ค่าซีไอคี่รวมในน้ำทิ้งที่ออกจากถังตกตะกอน (total effluent COD) มาคำนวณหาประสิทธิภาพ และอีกประเภทหนึ่งใช้การนำน้ำทิ้งที่ออกจากถังตกตะกอนมาผ่านเครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่ความเร็ว 10,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำส่วนที่ใสมาหาค่าซีไอคี่ (centrifuged COD) ซึ่งการคำนวณประสิทธิภาพจะศึกษาเปรียบเทียบกับค่าซีไอคี่รวมของน้ำทิ้ง (total influent COD) ที่เข้าสู่ถังหมัก

ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ในแต่ละการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 5.4 และในรูปของกราฟในรูปที่ 5.1 เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5.1 พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ที่คำนวณจากค่าซีไอคี่รวมในน้ำทิ้งที่ออกจากถังตกตะกอนที่เวลาในการกำจัดช่วงตั้งแต่ 0.6 ถึง 4 วัน มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก กล่าวคือมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอคี่อยู่ระหว่าง 22.4 ถึง 30.5% ส่วนที่เวลาในการกำจัด 6 วัน ประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอคี่มีค่า 49.2% ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากน้ำทิ้งที่ออกจากถังตกตะกอนอาจมีเซลล์แบคทีเรีย ซึ่งจมตัวยากแขวนลอยอยู่ ประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอคี่ที่คำนวณจากน้ำทิ้งถังกล่าว จึงไม่ใช่ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ที่เป็นจริง

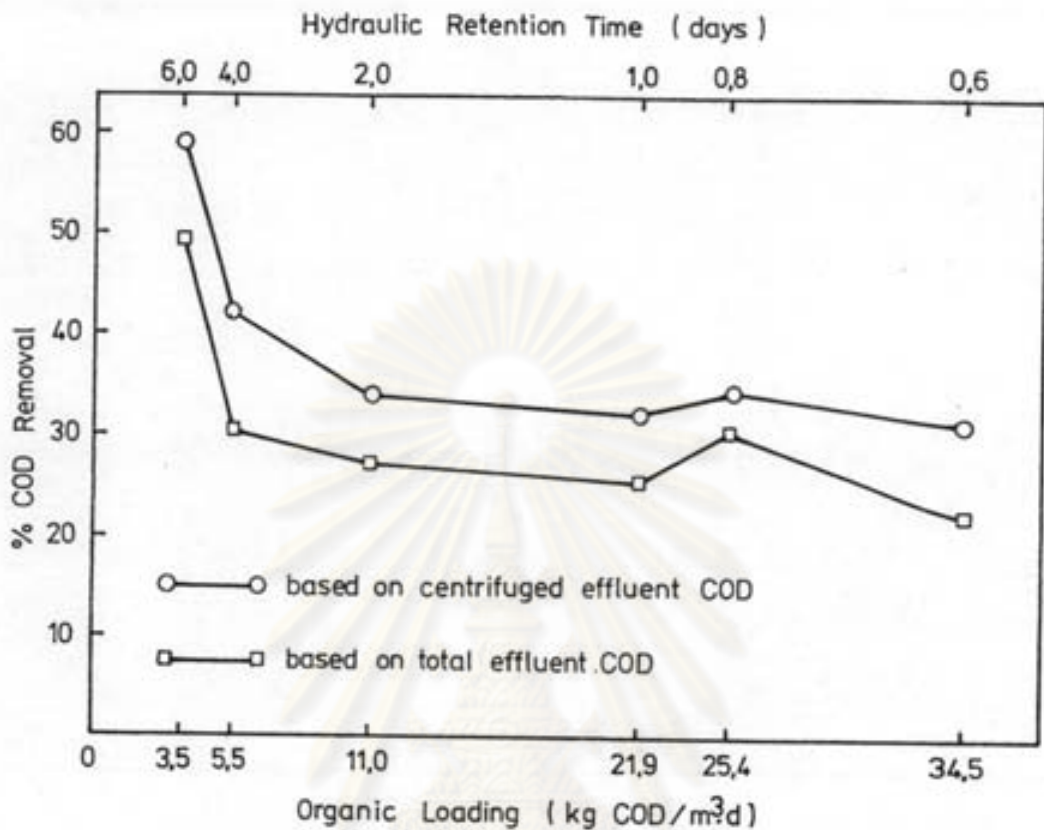
การพิจารณาประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ที่เป็นจริงควรพิจารณาจากค่าซีไอคี่ของน้ำทิ้งที่ผ่านเครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง เพื่อกำจัดเซลล์แบคทีเรียที่แขวนลอยอยู่ ซึ่งจากรูปที่ 5.1 พบว่าที่เวลาในการกำจัดในช่วงตั้งแต่ 0.6 ถึง 2 วัน ตรงกับภาวะบรรทุกลสารอินทรีย์ตั้งแต่ 11.0 ถึง 34.5 กก. ซีไอคี่/ม³-วัน ประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอคี่มีค่าต่ำและใกล้เคียงกัน กล่าวคือ มีประสิทธิภาพในการกำจัดระหว่าง 31.4 ถึง 34.5 % ซึ่งแสดงให้เห็นว่าที่ระยะเวลากำจัดและค่าภาวะบรรทุกลสารอินทรีย์ถังกล่าว ยังเป็นขั้นตอนของ Acidogenesis ซึ่งเป็นขั้นตอนของการผลิตกรดอินทรีย์และสร้างเซลล์ใหม่ ดังนั้น ซีไอคี่ที่ถูกทำลายไปส่วนใหญ่จะเป็นการนำไปสร้างเซลล์ใหม่ของแบคทีเรีย แต่เมื่อเพิ่มเวลาในการ

ตารางที่ 5.3 ค่าเฉลี่ยตัวแปรที่เวลาในการกำจัดต่าง ๆ ในการทดลองการหมักกรดอินทรีย์ โดยความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นกลาง

| Item | Hydraulic Retention Time (days) | | | | | |
|---|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0.6 | 0.8 | 1 | 2 | 4 | 6 |
| Total Influent COD (mg/l) | 20,728 | 20,306 | 21,921 | 21,921 | 21,921 | 20,861 |
| Total Effluent COD (mg/l) | 16,088 | 14,121 | 16,290 | 15,950 | 15,261 | 10,592 |
| Centrifuged Effluent COD (mg/l) | 14,215 | 13,300 | 14,850 | 14,483 | 12,686 | 8,579 |
| Influent VFA (mg/l as CH ₃ COOH) | 1,928 | 1,944 | 1,735 | 1,735 | 1,735 | 1,964 |
| Effluent VFA (mg/l as CH ₃ COOH) | 4,380 | 5,280 | 6,022 | 6,196 | 7,429 | 5,149 |
| MLSS (mg/l) | 7,478 | 7,684 | 8,628 | 7,832 | 4,740 | 3,528 |
| MLVSS (mg/l) | 6,670 | 7,350 | 7,832 | 7,084 | 4,580 | 2,850 |
| Gas production rate (m ³ /m ³ .d) | 3.473 | 2.363 | 1.441 | 0.844 | 0.423 | 0.750 |
| % CO ₂ | 75.0 | 74.7 | 74.4 | 63.0 | 53.7 | 50.0 |
| % CH ₄ | 12.5 | 12.8 | 13.1 | 24.5 | 33.8 | 37.5 |

ตารางที่ 5.4 ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ อัตราการผลิตกรดอินทรีย์ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นกรดอินทรีย์ เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในการทดลองการหมักกรดอินทรีย์ที่เวลาในการกำจัดต่าง ๆ

| Item | Hydraulic Retention Time (days) | | | | | |
|---|---------------------------------|------|------|------|------|------|
| | 0.6 | 0.8 | 1 | 2 | 4 | 6 |
| COD Loading ; kg/m ³ .d | 34.5 | 25.4 | 21.9 | 11.0 | 5.5 | 3.5 |
| %COD Removal (based on total effluent COD) | 22.4 | 30.5 | 25.7 | 27.2 | 30.4 | 49.2 |
| %COD Removal (based on centrifuged effluent COD) | 31.4 | 34.5 | 32.3 | 33.9 | 42.1 | 58.9 |
| VPA Production Rate ;kg as CH ₃ COOH/m ³ .d | 4.09 | 4.17 | 4.29 | 2.23 | 1.42 | 0.53 |
| VPA Yield (based on centrifuged effluent COD) | 0.28 | 0.32 | 0.37 | 0.37 | 0.38 | 0.20 |
| % CH ₄ | 12.5 | 12.8 | 13.1 | 24.5 | 33.8 | 37.5 |
| % CO ₂ | 75.0 | 74.7 | 74.4 | 63.0 | 53.7 | 50.0 |



รูปที่ 5.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ของชั้นคอนการหมักกรดอินทรีย์ ที่เวลาในการกำจัดต่าง ๆ

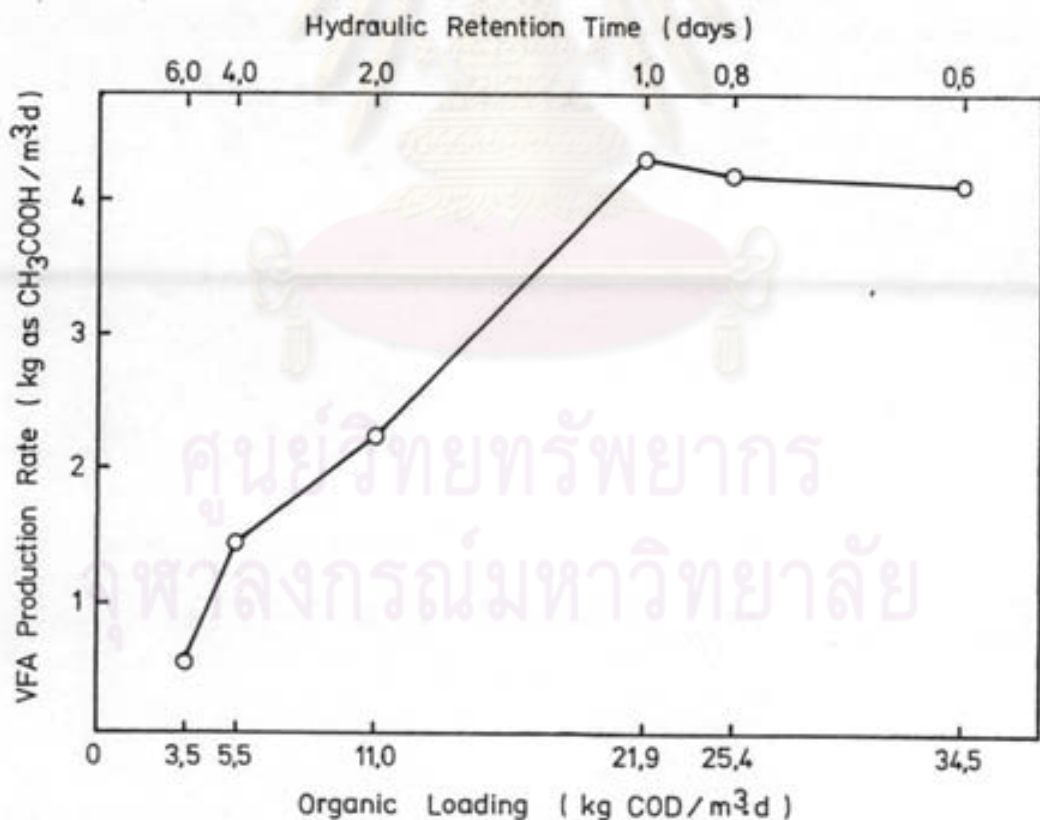
กำจัดหรือลดภาระบรทุกสารอินทรีย์ลง ประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอทีเริ่มมีค่าสูงขึ้น และ จะเห็นได้อย่างชัดเจนเมื่อเพิ่มเวลาในการกำจัดเป็น 6 วัน หรือที่ภาระบรทุกสารอินทรีย์ 11.0 กก.ซีไอที/ม³- วัน ระบบจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอทีเพิ่มขึ้นเป็น 58.9 % ซึ่งแสดงให้เห็นว่าที่เวลาในการกำจัดสูงกว่า 2 วัน หรือที่ภาระบรทุกสารอินทรีย์น้อยกว่า 11.0 กก.ซีไอที/ม³- วัน ระบบหมักเริ่มมีชั้นคอน Methanogenesis เกิดขึ้น เนื่องจก มีการทำลายสารอินทรีย์ไปเป็นรูปของก๊าซมีเทน

ดังนั้นช่วงเวลาในการกำจัดและช่วงภาระบรทุกสารอินทรีย์ที่เหมาะสมในชั้นคอน การหมักกรดอินทรีย์เมื่อพิจารณาจากประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอทีดังกล่าว จึงควรมีค่าตั้งแต่ 0.6 ถึง 2 วัน และ 11.0 ถึง 34.5 กก.ซีไอที/ม³- วัน ตามลำดับ

5.3.1.2 อัตราการผลิตกรดอินทรีย์ (VFA Production Rate)

อัตราการผลิตกรดอินทรีย์ในแต่ละการทดลองนี้ จะแสดงถึงปริมาณของกรดอินทรีย์ที่ผลิตได้คิดในรูปของกรดอะซิติกเป็นกิโลกรัมต่อขนาดถังหมัก 1 ลูกบาศก์เมตรในเวลา 1 วัน ซึ่งต่อไปนี้จะเขียนหน่วยของอัตราการผลิตกรดอินทรีย์เป็น กก. $\text{CH}_3\text{COOH} / \text{m}^3 - \text{วัน}$

อัตราการผลิตกรดอินทรีย์ในแต่ละการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 5.4 และในรูปของกราฟในรูปที่ 5.2 ซึ่งพิจารณาจากภาพจะเห็นว่าอัตราการผลิตกรดอินทรีย์เริ่มมีค่ามากขึ้นเมื่อลดเวลาในการกักขังหรือเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงขึ้น และจะมีค่าสูงสุดและค่อนข้างคงที่ที่เวลาในการกักขังในช่วงตั้งแต่ 0.6 ถึง 1 วัน ซึ่งตรงกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ในช่วงตั้งแต่ 21.9 ถึง 34.5 กก.ซีโอดี/ $\text{m}^3 - \text{วัน}$



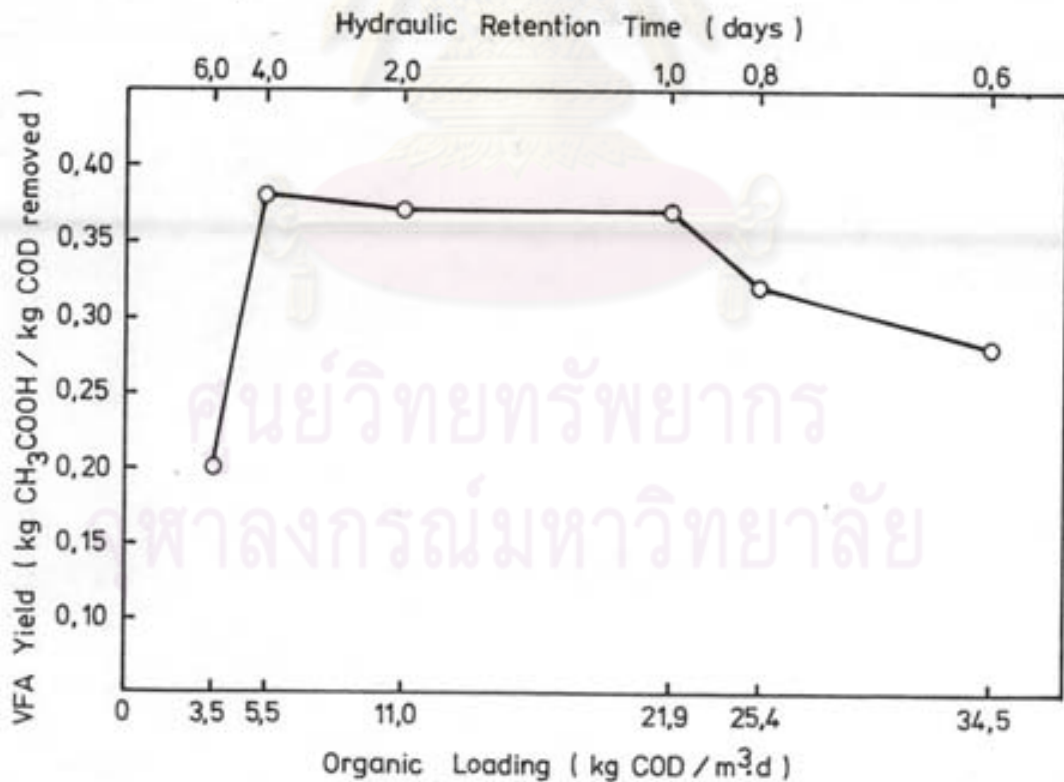
รูปที่ 5.2 อัตราการผลิตกรดอินทรีย์ของขั้นตอนการหมักกรดอินทรีย์ ที่เวลาในการกักขังต่าง ๆ

เมื่อพิจารณาจากอัตราการผลิตกรดอินทรีย์ดังกล่าว ช่วงเวลาในการกำจัด และช่วงภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เหมาะสม ในขั้นตอนการหมักกรดอินทรีย์ จึงควรมีค่าตั้งแต่ 0.6 ถึง 1 วัน และ 21.9 ถึง 34.5 กก.ซีไอคี่/ม³- วัน ตามลำดับ

5.3.1.3 ประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นกรดอินทรีย์ (VFA Yield)

ประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นกรดอินทรีย์เป็นกรณีหนึ่งที่ต้องพิจารณา ซึ่งเป็นค่าของมวลกรดอินทรีย์ คิคในรูปของกรดอะซิติกที่ผลิตได้ต่อหนึ่งหน่วยมวลของสารอินทรีย์คิคในรูปซีไอคี่ที่ถูกนำไปใช้โดยแบคทีเรีย

ประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นกรดอินทรีย์ในแต่ละการทดลอง แสดงไว้ในตารางที่ 5.4 และในรูปของกราฟในรูปที่ 5.3 ซึ่งพิจารณาจากรูปพบว่าที่เวลาในการ



รูปที่ 5.3 ประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นกรดอินทรีย์ของขั้นตอนการหมักกรดอินทรีย์ ที่เวลาในการกำจัดต่าง ๆ

กำจัดในช่วงตั้งแต่ 1 ถึง 4 วัน ซึ่งตรงกับภาวะบรรทุksารอินทรีย์ในช่วงตั้งแต่ 5.5 ถึง 21.9 กก. ซีไอที/ม³- วัน ประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นกรคอินทรีย์มีค่าใกล้เคียงกัน กล่าวคือ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.37 ถึง 0.38 และเป็นค่าสูงสุด

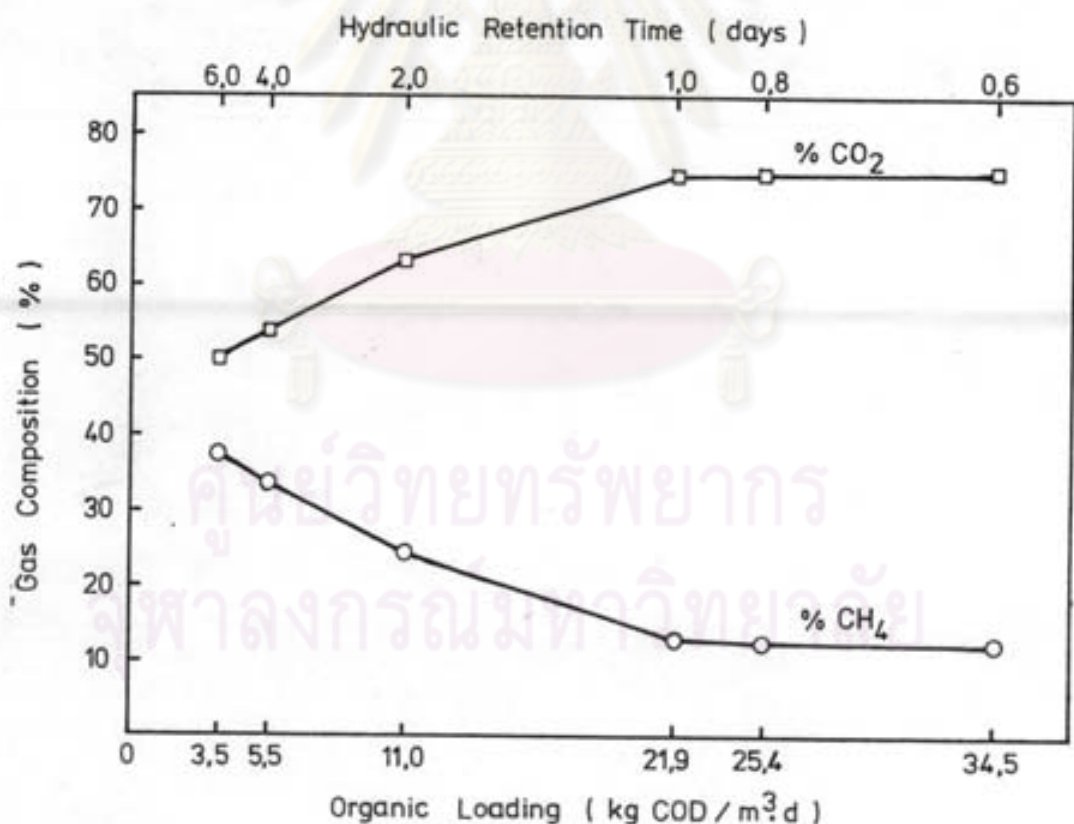
สำหรับที่เวลาในการกำจัด 0.6, 0.8 และ 6 วัน ซึ่งตรงกับภาวะบรรทุksารอินทรีย์ 34.5 25.4 และ 3.5 กก.ซีไอที/ม³- วัน ประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นกรคอินทรีย์มีค่าลดลง ซึ่งสามารถอธิบายโดยสมมุติฐานดังนี้คือ ที่เวลาในการกำจัด 0.6 และ 0.8 วัน ซึ่งตรงกับภาวะบรรทุksารอินทรีย์ 34.5 และ 25.4 กก. ซีไอที/ม³ - วัน สารอินทรีย์พวกแป้งที่ถูกป้อนเข้าถังหมักซึ่งเป็นอาหารโดยตรงของแบคทีเรียพวกสร้างกรคมีจำนวนมากเกินพอ ทำให้แบคทีเรียพวกสร้างกรคสร้าง เซลล์ใหม่ขึ้นมาเพื่อให้ออกเพียงกับสารอินทรีย์ที่อยู่ในถังหมักและทดแทนเซลล์แบคทีเรียที่หลุดออกจากระบบอันเนื่องมาจากอัตราการไหลของน้ำทิ้งที่เพิ่มขึ้น ทำให้สารอินทรีย์ที่ถูกทำลายไปส่วนหนึ่งถูกนำไปใช้ในการสร้างเซลล์ใหม่ของแบคทีเรียมากกว่าปกติ ทำให้ประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นกรคอินทรีย์มีค่าลดลง ส่วนที่เวลาในการกำจัด 6 วัน ซึ่งตรงกับภาวะบรรทุksารอินทรีย์ 3.5 กก.ซีไอที/ม³- วัน สารอินทรีย์ส่วนหนึ่งจะถูกทำลายไปเป็นก๊าซมีเทนโดยแบคทีเรียพวกสร้างมีเทนจึงทำให้ประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นกรคอินทรีย์มีค่าลดลง

เมื่อพิจารณาจากประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นกรคอินทรีย์ทั้งกล่าว ช่วงเวลาในการกำจัดและช่วงภาวะบรรทุksารอินทรีย์ที่เหมาะสมในขั้นตอนการหมักกรคอินทรีย์ จึงควรมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 4 วัน และ 5.5 ถึง 21.9 กก. ซีไอที/ม³- วัน ตามลำดับ

5.3.1.4 การเกิดก๊าซมีเทน

ในการทดลองการหมักกรคอินทรีย์นี้ นอกจากจะเกิดปฏิกิริยาย่อยสลายสารอินทรีย์ไปเป็นกรคอินทรีย์แล้ว ยังเกิดปฏิกิริยาย่อยสลายกรคอินทรีย์ต่อไปเป็นก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งนี้เนื่องจากแบคทีเรียในถังหมักประกอบด้วย 2 กลุ่มคือ กลุ่มสร้างกรค และกลุ่มสร้างมีเทน อยู่ปะปนกัน แต่แบคทีเรีย 2 กลุ่มนี้มีความแตกต่างกัน คือ กลุ่มสร้างกรคจะมีความสามารถทนในสภาวะเป็นกรคได้ และมีอัตราการเจริญเติบโตรวดเร็ว แต่แบคทีเรียกลุ่มสร้างมีเทนทนในสภาวะเป็นกรคได้ไม่ดี กล่าวคือ ถ้าค่าพีเอชต่ำกว่า 6.5 จะมีอันตรายต่อแบคทีเรียกลุ่มสร้างมีเทน นอกจากนี้ยังมีอัตราการเจริญเติบโตช้ามาก เมื่อเปรียบเทียบกับแบคทีเรียพวกสร้างกรค

ในการทดลองนี้จึงได้ควบคุมระบบหมัก ที่อัตราป้อนสารอินทรีย์สูง (high loading) เพื่อให้เกิดการสะสมของกรคอินทรีย์ซึ่งจะเป็นอันตรายค่อแบกที่เรียพวกสร้างมีเทน ทำให้แบกที่เรียพวกสร้างมีเทนมีจำนวนลดลง จากผลการทดลองจะเห็นว่าช่วงการทดลองที่เวลาในการกำจัด 0.6, 0.8, 1, 2, 4 และ 6 วัน ซึ่งตรงกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 34.5, 25.4, 21.9 11.0, 5.5 และ 3.5 กก.ซีโอดี/ม³- วัน ตามลำดับ มีปฏิริยีย่อยสลายสารอินทรีย์ไปเป็นกรคอินทรีย์ควบคู่กับปฏิริยีย่อยสลายกรคอินทรีย์ไปเป็นมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจะเห็นได้จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น ความคาร์างที่ 5.3 และแสดงในรูปของกราฟรูปที่ 5.4 โดยที่เปอร์เซนต์มีเทนจะมีค่าต่ำและคอนซังคังที่ในช่วงเวลาในการกำจัดน้อยกว่า 1 วัน ซึ่งตรงกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงกว่า 21.9 กก.ซีโอดี/ม³- วัน กล่าวคือ มีค่าเปอร์เซนต์มีเทน 12.5 - 13.1 % และ



รูปที่ 5.4 องค์ประกอบของก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ของชั้นคอนการหมักกรคอินทรีย์ ที่เวลาในการกำจัดต่าง ๆ

มีค่าเปอร์ เซนต์คาร์บอนไดออกไซด์สูงถึง 74.4 - 75.0 % เมื่อลดภาระบรรทุกสารอินทรีย์ ลงโดยการเพิ่มเวลาในการกำจัดให้สูงขึ้นเปอร์ เซนต์มีเทนมีค่าสูงขึ้น แสดงให้เห็นว่าในระบบ หมักเริ่มมีแบคทีเรียพวกสร้างมีเทนเพิ่มมากขึ้นที่สภาวะกึ่งกล่าว

ดังนั้นช่วงเวลาในการกำจัดและช่วงภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เหมาะสมใน ขั้นตอนการหมักกรดอินทรีย์เมื่อพิจารณาจากการเกิดก๊าซมีเทนกึ่งกล่าวจึงควรมีค่าตั้งแต่ 0.6 ถึง 1 วัน และ 21.9 ถึง 34.5 กก.ซีไอที/ม³- วัน ตามลำดับ

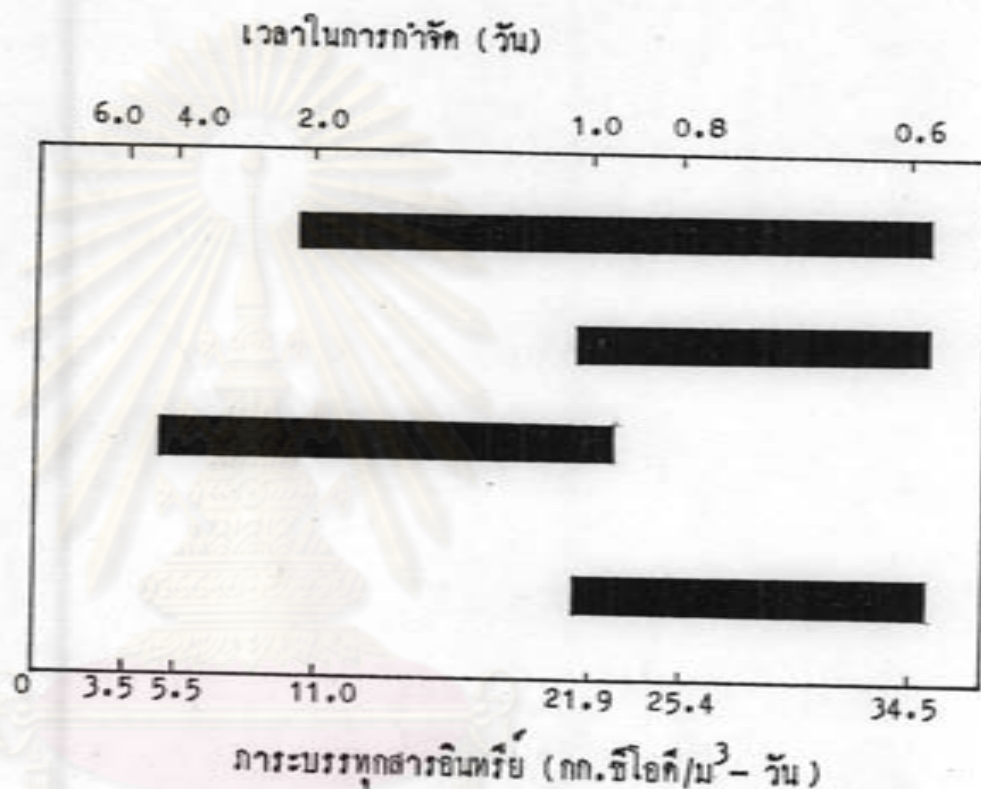
5.3.1.5 สภาวะที่เหมาะสมในขั้นตอนการหมักกรดอินทรีย์

ในการพิจารณาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับขั้นตอนการหมักกรดอินทรีย์จะ พิจารณาจากค่าครวชนที่สำคัญคือ ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ อัตราการผลิตกรดอินทรีย์ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นกรดอินทรีย์ และการเกิดก๊าซมีเทน ความที่ได้กล่าวมา แล้ว ในข้อ 5.3.1.1 ข้อ 5.3.1.2 ข้อ 5.3.1.3 และข้อ 5.3.1.4 ซึ่งสรุปได้ตามรูป ที่ 5.5 จะเห็นว่า ที่เวลาในการกำจัด 1 วัน หรือตรงกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 21.9 กก. ซีไอที/ม³- วัน เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับขั้นตอนการหมักกรดอินทรีย์ เนื่องจาก อยู่ในช่วงสภาวะที่เหมาะสมทุกค่าครวชนที่ได้พิจารณาแล้ว

5.3.1.6 ของแข็งแขวนลอยในระบบ

ปริมาณของแข็งแขวนลอยในระบบแสดงให้เห็นถึงปริมาณของแบคทีเรียในถังหมัก ในหน่วย มก./ล. ซึ่งจะเป็นตัวบ่งชี้เสถียรภาพของระบบ กล่าวคือ ถ้ามิน้อยเกินไปหรือมีแนวโน้ม ลดลง จะแสดงให้เห็นถึงความล้มเหลวของระบบ รูปที่ 5.6 แสดงให้เห็นถึงปริมาณของแบคทีเรีย ในระบบในรูปของ MLSS และ MLVSS ที่เวลาในการกำจัด และภาระบรรทุกสารอินทรีย์ ค่าต่าง ๆ ซึ่งพบว่าปริมาณแบคทีเรียมีค่าสูงสุดที่เวลาในการกำจัด 1 วัน หรือที่ภาระบรรทุกสาร อินทรีย์ 21.9 กก.ซีไอที/ม³- วัน กล่าวคือ มีค่า MLSS 8,628 มก./ล. และ MLVSS 7,832 มก./ล. และจะมีค่าใกล้เคียงกันกับที่เวลาในการกำจัด 0.6, 0.8 และ 2 วัน หรือ ตรงกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 34.5, 25.4 และ 11.0 กก.ซีไอที/ม³- วัน ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าที่เวลาในการกำจัด หรือที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์กึ่งกล่าวระบบมีเสถียรภาพสูง

- 1) ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์
- 2) อัตราการบริโภคออกซิเจน
- 3) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอินทรีย์
เป็นกรคาร์บอน
- 4) การเกิดก๊าซมีเทน

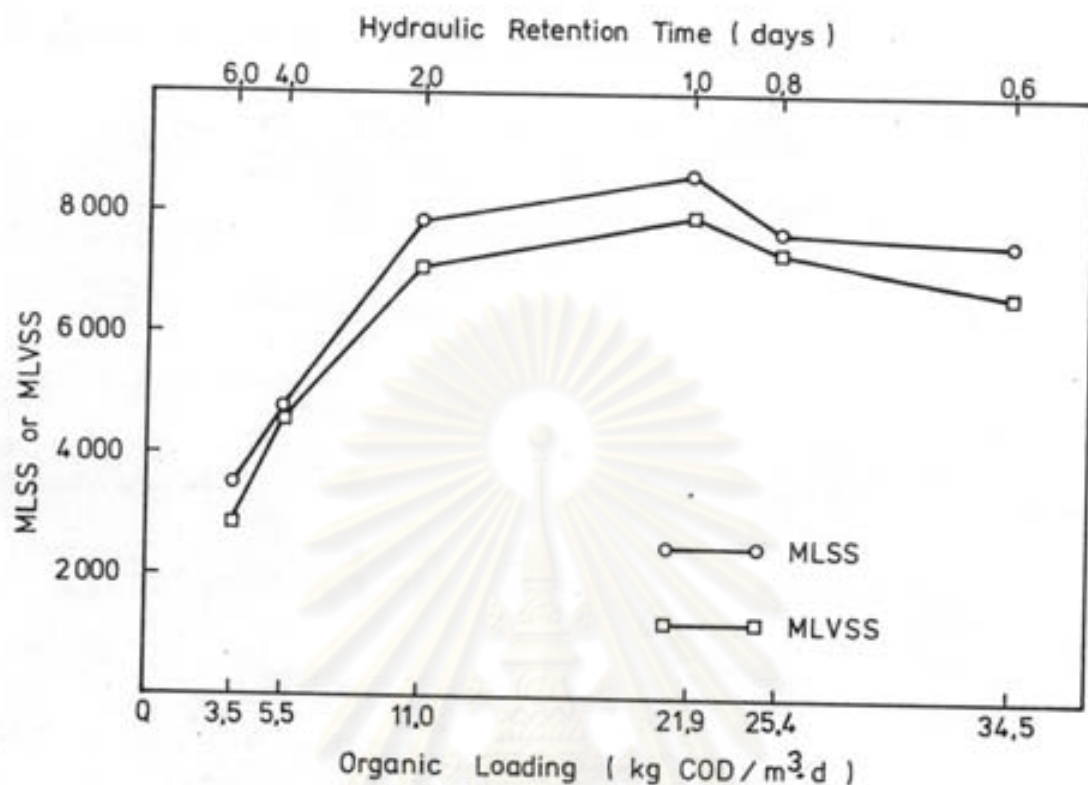


หมายเหตุ



แทนช่วงสภาวะที่เหมาะสมในขั้นตอนการหมักกรคาร์บอน

รูปที่ 5.5 แสดงช่วงสภาวะที่เหมาะสมในขั้นตอนการหมักกรคาร์บอน โดยพิจารณาจากค่าประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ อัตราการบริโภคออกซิเจน ประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นกรคาร์บอน และการเกิดก๊าซมีเทน



รูปที่ 5.6 ของแข็งแขวนลอยในระบบของชั้นคอนการหมักกรคอินทรีย์ ที่เวลาในการการกำจัดต่าง ๆ

ส่วนที่เวลาในการกำจัด 4 และ 6 วัน ซึ่งตรงกับภาระบรทุกสารอินทรีย์ 5.5 และ 3.5 กก.ซีไอที/ม³- วัน ความล้าคัม ปริมาณแบคทีเรียมีค่าลดลงอย่างมาก และจะมีค่าต่ำสุดที่เวลาในการกำจัด 6 วันตรงกับภาระบรทุกสารอินทรีย์ 3.5 กก.ซีไอที/ม³- วัน กล่าวคือ มีค่า MLSS เพียง 3,528 มก./ล. และ MLVSS เพียง 2,850 มก./ล. เนื่องจากที่สภาวะดังกล่าวเซลล์แบคทีเรียจมตัวไคยาก และมีบางส่วนที่ลอยขึ้นมาจากถังคกตะกอนและหลุดออกไปพร้อมกัมน้ำทิ้ง ทำให้การสะสมปริมาณของแข็งในระบบลดลง แสดงให้เห็นว่าระบบมีเสถียรภาพลดลงที่เวลาในการกำจัดหรือที่ภาระบรทุกสารอินทรีย์ดังกล่าว

5.3.1.7 การเปลี่ยนแปลงสารอาหาร เสริมในถังหมักกรคอินทรีย์

สารอาหารเสริมซึ่งไคแก่ สารไนโตรเจน (N) และฟอสฟอรัส (P) ในน้ำทิ้งแปงมันสำปะหลังที่ไค้ทกลองนี้ ไค้ถูกนำไปไค้ใช้ในการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและถูกเปลี่ยนแปลงในปฏิกิริยาย่อยสลายสารอินทรีย์ไปเป็นกรคอินทรีย์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงสารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ดังแสดงในตารางที่ 5.5 จะเห็นว่าอัตราส่วน

ตารางที่ 5.5 การเปลี่ยนแปลงและการใช้สารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เวลาในการกักต้ง ๗

| Item | Hydraulic Retention Time (days) | | | | | |
|--|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 0.6 | 0.8 | 1 | 2 | 4 | 6 |
| Influent TKN ;mg/l | 1,063 | 1,053 | 1,070 | 1,070 | 1,070 | 1,071 |
| NH ₄ ⁺ - N ;mg/l | 102 | 135 | 107 | 107 | 107 | 103 |
| Org - N ;mg/l | 961 | 918 | 963 | 963 | 963 | 968 |
| Effluent TKN ;mg/l | 898 | 979 | 1,028 | 1,047 | 1,016 | 903 |
| NH ₄ ⁺ - N ;mg/l | 789 | 809 | 866 | 875 | 858 | 828 |
| Org - N ;mg/l | 109 | 170 | 161 | 171 | 158 | 76 |
| Influent PO ₄ ³⁻ - P ;mg/l | 66 | 71 | 67 | 67 | 67 | 61 |
| Effluent PO ₄ ³⁻ - P ;mg/l | 43 | 64 | 62 | 71 | 54 | 52 |
| COD:N:P | | | | | | |
| in Influent | 100:5.1:0.3 | 100:5.2:0.3 | 100:4.9:0.3 | 100:4.9:0.3 | 100:4.9:0.3 | 100:5.1:0.3 |
| in Effluent | 100:5.6:0.3 | 100:6.9:0.5 | 100:6.3:0.4 | 100:6.6:0.4 | 100:6.7:0.4 | 100:8.5:0.5 |
| Removal ratio of | | | | | | |
| COD:N:P | 100:3.6:0.5 | 100:1.2:0.1 | 100:0.7:0.1 | - | 100:0.8:0.2 | 100:1.6:0.1 |
| % N uptake | 15.5 | 7 | 4 | 2.2 | 5.6 | 15.7 |
| % Org-N converted | | | | | | |
| to NH ₄ ⁺ - N | 89 | 81.5 | 83.3 | 82.2 | 83.6 | 92.2 |
| % P uptake | 35 | 9.8 | 7.5 | - | 19.4 | 14.8 |

COD : N : P ในน้ำทิ้งที่ไร้ออกซิเจนมีค่าประมาณ 100:5:0.3 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ใช้ได้กับขบวนการหมักแบบไร้ออกซิเจนอิสระ แต่เมื่อผ่านถึงหมักกรดที่เวลาในการกำจัดต่าง ๆ แล้วปรากฏว่าสัดส่วนไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่อซีไอที ได้เพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยสัดส่วนซากอาหารเสริมนี้จะสูงขึ้นเมื่อเวลาในการกำจัดยาวนานมากขึ้น น้ำที่ผ่านขบวนการหมักกรดแล้วจึงยังมีสารอาหารเสริมอยู่อย่างเพียงพอ ดังนั้นเมื่อนำไปหมักต่อในขั้นตอนการหมักมีเทน จึงไม่จำเป็นต้องเติมซากไนโตรเจนและฟอสฟอรัสลงไปอีก เมื่อพิจารณาอัตราส่วนการกำจัด (removal ratio) ของ COD : N : P (ก็งแสดงในตารางที่ 5.5) จะเห็นว่าแปรเปลี่ยนตามสภาวะการทดลอง กล่าวคือ อัตราส่วนการกำจัดสารอาหารเสริมทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจะลดลง เมื่อเวลาในการกำจัดลดลง ส่วนเปอร์เซ็นต์การกูดกลืนสารอาหารทั้งสอง (% N uptake and % P uptake) นั้น จะแปรเปลี่ยนตามเวลาในการกำจัด กล่าวคือ จะมีเปอร์เซ็นต์การกูดกลืนค่าสูงสุดสำหรับซากไนโตรเจน 2.2 % ที่เวลาในการกำจัด 2 วัน และสำหรับซากฟอสฟอรัส 7.5 % ที่เวลาในการกำจัด 1 วัน โดยสารอาหารเสริมทั้งสองนี้ถูกนำไปใช้ในการสร้างเซลล์ใหม่ของแบคทีเรีย แต่ที่น่าสนใจคือการย่อยสลายสารออร์แกนิกไนโตรเจนไปเป็นสารแอมโมเนียไนโตรเจน จากการทดลองพบว่าการย่อยสลายสารออร์แกนิกไนโตรเจนไปเป็นสารแอมโมเนียไนโตรเจนสูงถึง 80 - 90 %

5.3.1.8 อิทธิพลที่เอชต่อการหมักกรดอินทรีย์

ในการศึกษาการทดลองนี้ ได้ทำการทดลองระบบหมักแบบสองขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกเป็นระบบหมักกรดอินทรีย์และขั้นตอนที่สองเป็นระบบหมักมีเทน สำหรับขั้นตอนการหมักกรดอินทรีย์ใช้เวลาในการกำจัด 1.0 วัน มีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ประมาณ 21-22 กก. ซีไอที/ม³-วัน ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมตามที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่ไม่มีการควบคุมพีเอชในถังหมัก ซึ่งผลการติดตามการทำงานภายใต้สภาวะคงที่ที่ได้อธิบายไว้ในตารางที่ ๒2.1 ถึง ๒2.2 และตารางที่ ๒2.3 ถึง ๒2.4 ของภาคผนวกที่ 2 และได้แสดงค่าเฉลี่ยผลการทดลองระบบหมักกรดอินทรีย์ที่มีการควบคุมพีเอชและไม่มีการควบคุมพีเอชในตารางที่ 5.6 ซึ่งจะเห็นว่าระบบที่ไม่มีการควบคุมพีเอช ค่าพีเอชในถังหมักลดลงถึง 5.8 ในขณะที่ถังหมักที่มีการควบคุมอยู่ในช่วงเป็นกลางคือ 6.8 - 7.2 ประสิทธิภาพการทำงานของทั้งสองระบบพบว่าใกล้เคียงกันมาก (ดูตารางที่ 5.6) กล่าวคือ ประสิทธิภาพการผลิตกรดอินทรีย์ การผลิตก๊าซชีวภาพ และเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ มีค่าใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ที่น่าสนใจคือ ระบบที่ไม่มีการควบคุมพีเอช ปริมาณแบคทีเรียในถังหมักซึ่งวัดในรูปแบบ MLSS และ MLVSS มีค่าลดลงสาเหตุเนื่องมาจากเซลล์แบคทีเรียจมตัวไต่ยาก ทำให้การสะสมความหนาแน่นของเซลล์แบคทีเรียที่ก้นถังตกกระทบบ้างเล็กน้อยกว่า ซึ่งสังเกตได้จากความแตกต่าง

ตารางที่ 5.6 ประสิทธิภาพการผลิตรายที่เวลาในการกำจัด 1 วัน
ระหว่างระบบที่มีการควบคุมพีเอช และระบบที่ไม่มีการควบคุมพีเอช

| Item | ระบบที่มีการควบคุมพีเอช | ระบบที่ไม่มีการควบคุมพีเอช |
|--|-------------------------|----------------------------|
| COD Loading ; kg COD/m ³ .d | 21.9 | 21.4 |
| Total Influent COD ; mg/l | 21,921 | 21,390 |
| Total Effluent COD ; mg/l | 16,290 | 14,737 |
| Centrifuged Effluent COD ; mg/l | 14,850 | 12,531 |
| Influent VFA ; mg/l as CH ₃ COOH | 1,735 | 1,134 |
| Effluent VFA ; mg/l as CH ₃ COOH | 6,022 | 5,796 |
| MLSS ; mg/l | 8,628 | 6,151 |
| MLVSS ; mg/l | 7,832 | 5,981 |
| pH | 7.0 | 5.8 |
| Gas Production Rate ; m ³ /m ³ .d | 1.441 | 1.464 |
| % CO ₂ | 74.4 | 74.1 |
| % CH ₄ | 13.1 | 13.4 |
| % COD Removal (based on total effluent COD) | 25.7 | 31.1 |
| % COD Removal (based on centrifuged effluent COD) | 32.3 | 41.4 |
| VFA Production Rate ; kg as CH ₃ COOH/ m ³ .d | 4.29 | 4.62 |
| VFA Yield ; kg VFA Produced/kg COD converted | 0.37 | 0.34 |

ระหว่างค่าซีไอทีรวมในน้ำทิ้งที่ออกจากถังตกตะกอนกับค่าซีไอที น้ำทิ้งส่วนที่ใสที่ผ่านเครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง กล่าวคือ ระบบที่มีการควบคุมพีเอชเป็นกลาง ความแตกต่างดังกล่าวมีค่า 1,440 มก.ซีไอที/ล. ส่วนระบบที่ไม่มีมีการควบคุมพีเอช ความแตกต่างดังกล่าวมีค่า 2,206 มก.ซีไอที/ล. ซึ่งค่าความแตกต่างดังกล่าวนี้เป็นค่าของซีไอทีของแข็งที่แขวนลอยในน้ำทิ้ง ซึ่งเป็นค่าที่แทนปริมาณเซลล์แบคทีเรียได้ จากค่าความแตกต่างดังกล่าวจึงสรุปได้ว่า การจมตัวของแบคทีเรียพวกสร้างกรดที่พีเอช เป็นกลางดีกว่าที่พีเอชต่ำ แต่จากผลการทดลองเปรียบเทียบความเค็มที่ 5.6 สรุปได้ว่าการควบคุมพีเอชให้เป็นกลางและการไม่ควบคุมพีเอชในถังหมัก ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อแบคทีเรียพวกสร้างกรด และประสิทธิภาพของระบบยังคงเดิม ดังนั้นในการควบคุมระบบหมักกรดอินทรีย์ที่เวลาในการกำจัด 1.0 วัน จึงไม่จำเป็นต้องควบคุมพีเอช การไม่ควบคุมพีเอช นอกจากจะช่วยประหยัดค่าสารเคมีแล้ว ยังมีข้อดีอีกประการหนึ่งคือ เมื่อนำน้ำทิ้งไปหมักคือน้ำในขั้นตอนการหมักมีเทน ค่าพีเอชของน้ำทิ้งที่ผ่านระบบหมักมีเทนจะเพิ่มขึ้นเองในช่วงเป็นกลาง โดยไม่ต้องเติมสารเคมีช่วยปรับพีเอช ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อผลการทดลองการหมักมีเทนต่อไป อนึ่งถ้าควบคุมพีเอชให้เป็นกลางในขั้นตอนการหมักกรดอินทรีย์แล้ว จะก่อปัญหาในขั้นตอนการหมักมีเทน เพราะในขั้นตอนการหมักมีเทนนี้ กรดอินทรีย์จะถูกนำไปใช้โดยแบคทีเรียพวกสร้างมีเทน ทำให้พีเอชอาจสูงเกินกว่าช่วงที่เป็นกลาง ซึ่งจะก่อผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของแบคทีเรียพวกสร้างมีเทนได้

5.3.1.9 เสถียรภาพการทำงานและปัญหา

การทำงานของระบบหมักกรดอินทรีย์มีเสถียรภาพสูง โดยสามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ได้สูงถึง 34.5 กก.ซีไอที/ม³-วัน ซึ่งตรงกับเวลาในการกำจัดเพียง 0.6 วัน และคาดว่าระบบจะยังสามารถทำงานต่อไปได้ถ้าภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงกว่านี้ ปัญหาของระบบหมักกรดอินทรีย์ที่ประสบในระหว่างการทดลองคือ การลอยตัวของแบคทีเรียในถังตกตะกอนจำนวนหนึ่ง ซึ่งเกิดจากฟองก๊าซเล็ก ๆ ที่เกาะบนผิวเซลล์แบคทีเรียจนทำให้แบคทีเรียบางส่วนลอยตัวขึ้นมา ค่ายสาเหตุดังกล่าวจึงไม่สามารถทำให้ถังหมักมีปริมาณแบคทีเรียที่สูงได้ กล่าวคือสามารถควบคุมปริมาณแบคทีเรียในถังหมักได้สูงที่สุดในรูป MLSS เพียง 8,628 มก./ล. หรือในรูป MLVSS เพียง 7,832 มก./ล. เท่านั้น การแก้ไขปัญหาลอยตัวของแบคทีเรียในระบบที่มีขนาดใหญ่ สามารถกระทำโดยใช้เครื่องกำจัดเครื่องฟองก๊าซ (degasifying unit) เพื่อขจัดฟองก๊าซที่เกาะบนผิวเซลล์แบคทีเรียก่อนไหลลงถังตกตะกอน หรือใช้เครื่องแยกตะกอนโดยแรงเหวี่ยง ซึ่งถ้าแก้ปัญหาลอยตัวของแบคทีเรียดังกล่าวได้ ก็จะทำให้ปริมาณแบคทีเรียใน

ถึงหมักสูงเพิ่มขึ้น สำหรับระบบหมักขนาดห้องปฏิบัติการมักมีปัญหาในเรื่องการอุกคั้นของท่อยาง และท่อน้ำล้น ซึ่งมีขนาดเล็ก จึงต้องมั่นทำความสะอาดอยู่เสมอ แต่สำหรับระบบหมักที่มีขนาดใหญ่ ปัญหาเรื่องการอุกคั้นจะไม่มี

5.3.2 ผลการทดลองการหมักมีเทน

การทดลองนี้เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซมีเทนและกำจัดสารอินทรีย์ เป็นการหมักในขั้นตอนที่สองจากกรอินทรีย์ที่ผลิตได้ในขั้นตอนแรก โดยขั้นตอนแรกจะเป็นระบบหมักกรอินทรีย์จากน้ำทิ้งแป้งมันสำปะหลัง โดยควบคุมระบบหมักที่สภาวะเหมาะสมคือ ที่เวลาในการกำจัด 1.0 วัน และภาะระบบกรอินทรีย์ประมาณ 21-22 กก.ซีไอคิ/ม³- วัน ตามที่ไคกล่าวมาแล้ว แต่ไม่มีการควบคุมพีเอช กรอินทรีย์ที่ผลิตไคนี้จะถูกป้อนเข้าสู่ถึงหมักมีเทน (ตามแผนผังภาพที่ 4.2) โดยการควบคุมอัตราไหลให้มีเวลาในการกำจัดในถึงหมักที่ 3.5, 5, 7 และ 12 วัน เพื่อหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซมีเทนและกำจัดสารอินทรีย์

แต่ละการทดลองนั้นจะไม่มีกรวิเคราะห์ค่าอื่น นอกจากค่า ซีไอคิ และอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ จนกระทั่งระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ โดยสังเกตุจากค่าซีไอคิและอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพว่ามีค่าค่อนข้างคงที่ ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 3-4 สัปดาห์ แล้วจึงเริ่มทำการเก็บข้อมูลเพื่อกรประสิทธิภาพการทำงานกรระบบเป็นเวลาประมาณ 6-10 วัน คิคค่อกัน คังแสดงในตารางที่ ๒2.5 ถึง ๒2.8 และตารางที่ ๒2.9 ถึง ๒2.12 ในภาคผนวกที่ 2 ค่าเฉลี่ยตัวแปรต่าง ๆ ในขั้นตอนการหมักมีเทนในแต่ละการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 5.7 โดยมีรายละเอียดคังนี้

5.3.2.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์

ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ สำหรับขั้นตอนการหมักมีเทนนี้ คำนวณในรูปของกรกำจัดซีไอคิ โดยใช้ค่าซีไอคิรวมในน้ำทิ้งที่ออกจากถึงคคคคกอนมมาคำนวณหาประสิทธิภาพ และอีกวิธีหนึ่งไคแก่กรนำน้ำทิ้งที่ออกจากถึงคคคคกอนมมาผ่านเครื่องเหวียงหนีศูนย์กลางที่ความเร็ว 10,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำน้ำส่วนที่ใสมาหาค่าซีไอคิ ซึ่งกรคำนวณประสิทธิภาพทั้งสองประ เภทจะคิคเทียบกับค่าซีไอคิรวมของน้ำทิ้งที่ออกจากถึงคคคคกอนกรอินทรีย์ ซึ่งเป็นน้ำทิ้งที่ป้อนเข้าสู่ถึงหมักมีเทน

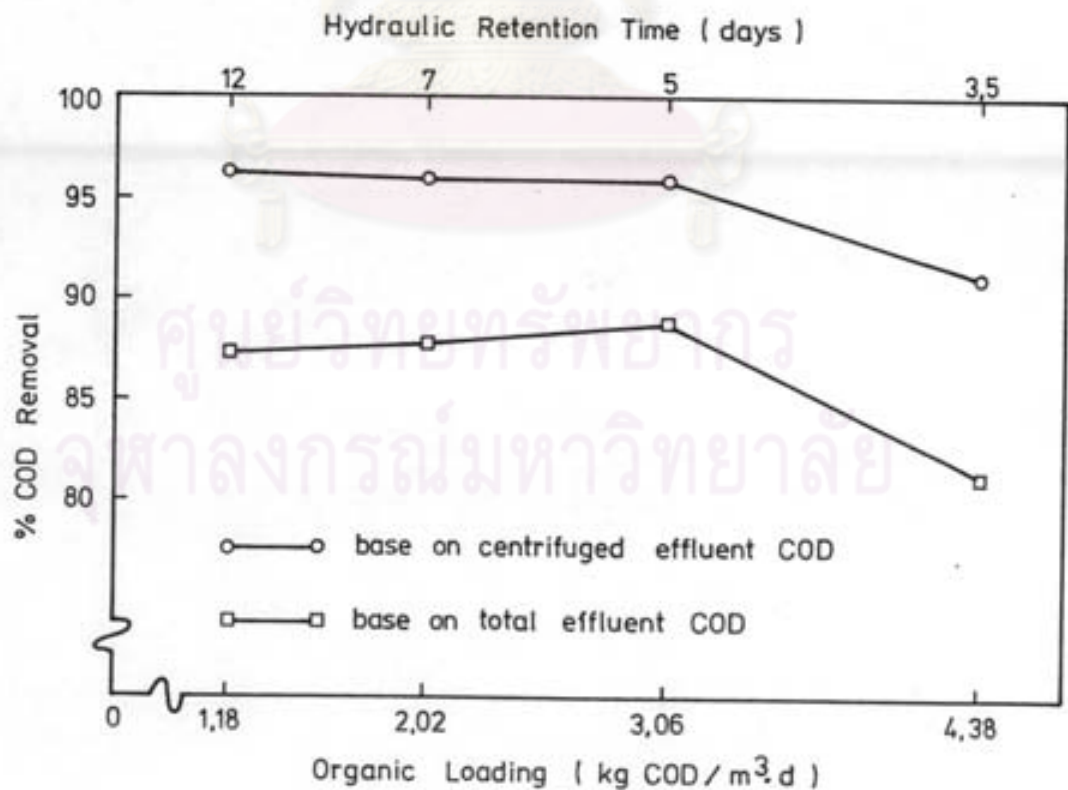
ตารางที่ 5.7 ค่าเฉลี่ยตัวแปรที่เวลาในการกำจัดต่าง ๆ ในการทดลองการหมักมีเทน

| Item | Hydraulic Retention Time (days) | | | |
|---|---------------------------------|--------|--------|--------|
| | 3.5 | 5 | 7 | 12 |
| Total Influent COD (mg/l) | 15,321 | 15,321 | 14,152 | 14,152 |
| Total Effluent COD (mg/l) | 2,886 | 1,712 | 1,738 | 1,813 |
| Centrifuged Effluent COD (mg/l) | 1,303 | 636 | 593 | 552 |
| Influent VFA (mg/l as CH ₃ COOH) | 5,790 | 5,790 | 5,802 | 5,802 |
| Effluent VFA (mg/l as CH ₃ COOH) | 794 | 480 | 464 | 460 |
| Influent SS (mg/l) | 1,464 | 1,464 | 1,814 | 1,814 |
| Effluent SS (mg/l) | 1,078 | 662 | 942 | 958 |
| Influent VSS (mg/l) | 1,458 | 1,458 | 1,664 | 1,664 |
| Effluent VSS (mg/l) | 818 | 582 | 776 | 866 |
| Influent pH | 6.00 | 6.00 | 5.66 | 5.66 |
| Effluent pH | 7.50 | 7.50 | 7.40 | 7.55 |

ตารางที่ 5.7 (ต่อ)

| Item | Hydraulic Retention Time (days) | | | |
|-------------------------------------|---------------------------------|-------|--------|-------|
| | 3.5 | 5 | 7 | 12 |
| MLSS (mg/l) | 9,380 | 8,200 | 10,290 | 7,312 |
| MLVSS (mg/l) | 6,830 | 6,420 | 6,012 | 4,838 |
| Permenter pH | 7.48 | 7.58 | 7.56 | 7.66 |
| Gas Production Rate ($m^3/m^3.d$) | 1.655 | 1.295 | 0.739 | 0.370 |
| % CH ₄ | 59.3 | 61.7 | 62.7 | 65.4 |
| % CO ₂ | 27.7 | 24.8 | 24.3 | 21.6 |

ในขั้นตอนการหมักมีเทนนี้เป็นขั้นตอนที่มีการลดปริมาณสารอินทรีย์อย่างมาก ทั้งนี้เนื่องจากแบคทีเรียพวกสร้างมีเทนจะทำกรย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นกรดอินทรีย์ไปเป็นก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้สารอินทรีย์ในขั้นตอนนี้ถูกลดไปเป็นอย่างมาก ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ในแต่ละการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 5.8 และในรูปของกราฟรูปที่ 5.7 จะเห็นว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอคิที่เวลาในการกำจัด 5, 7 และ 12 วัน หรือตรงกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 3.06, 2.02 และ 1.18 กก.ซีไอคิ/ม³- วัน มีค่าคงที่ กล่าวคือมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอคิที่คิกจากซีไอคิรวมในน้ำทิ้งที่ออกจากถังคกตะกอนเป็น 87.2 - 88.8% และประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอคิที่คิกจากน้ำทิ้งส่วนที่ใสเป็น 95.8 - 96.2% และเมื่อลดเวลาในการกำจัดลงเหลือ 3.5 วัน หรือเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์เป็น 4.38 กก.ซีไอคิ/ม³- วัน ประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอคิจะมีค่าลดลงเล็กน้อย กล่าวคือ มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอคิที่คิกจากซีไอคิรวมในน้ำทิ้งที่ออกจากถังคกตะกอนเป็น 81.2 % และประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอคิที่คิกจากน้ำทิ้งส่วนที่ใส เป็น 91.5 %



รูปที่ 5.7 ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ของขั้นตอนการหมักมีเทน ที่เวลาในการกำจัดต่าง ๆ

ตารางที่ 5.8 ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ การผลิตก๊าซชีวภาพ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทน และประสิทธิภาพการลดกรดอินทรีย์ ในการทดลองการหมักมีเทนที่เวลาในการกำจัดต่าง ๆ

| Item | Hydraulic Retention Time (days) | | | |
|--|---------------------------------|-------|-------|-------|
| | 3.5 | 5 | 7 | 12 |
| COD Loading : $\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ | 4.38 | 3.06 | 2.02 | 1.18 |
| % COD Removal (base on total effluent COD) | 81.2 | 88.8 | 87.7 | 87.2 |
| % COD Removal (base on centrifuged effluent COD) | 91.5 | 95.8 | 95.8 | 96.2 |
| Gas Production Rate ; $\text{m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ | 1.655 | 1.295 | 0.739 | 0.370 |
| Gas Methane Production Rate ; $\text{m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ | 0.981 | 0.799 | 0.463 | 0.242 |
| Methane Yield ; $\text{m}^3\text{CH}_4/\text{kg COD removal}$ | 0.245 | 0.272 | 0.239 | 0.214 |
| VFA Reduction ; % | 86.3 | 91.7 | 92.0 | 92.1 |

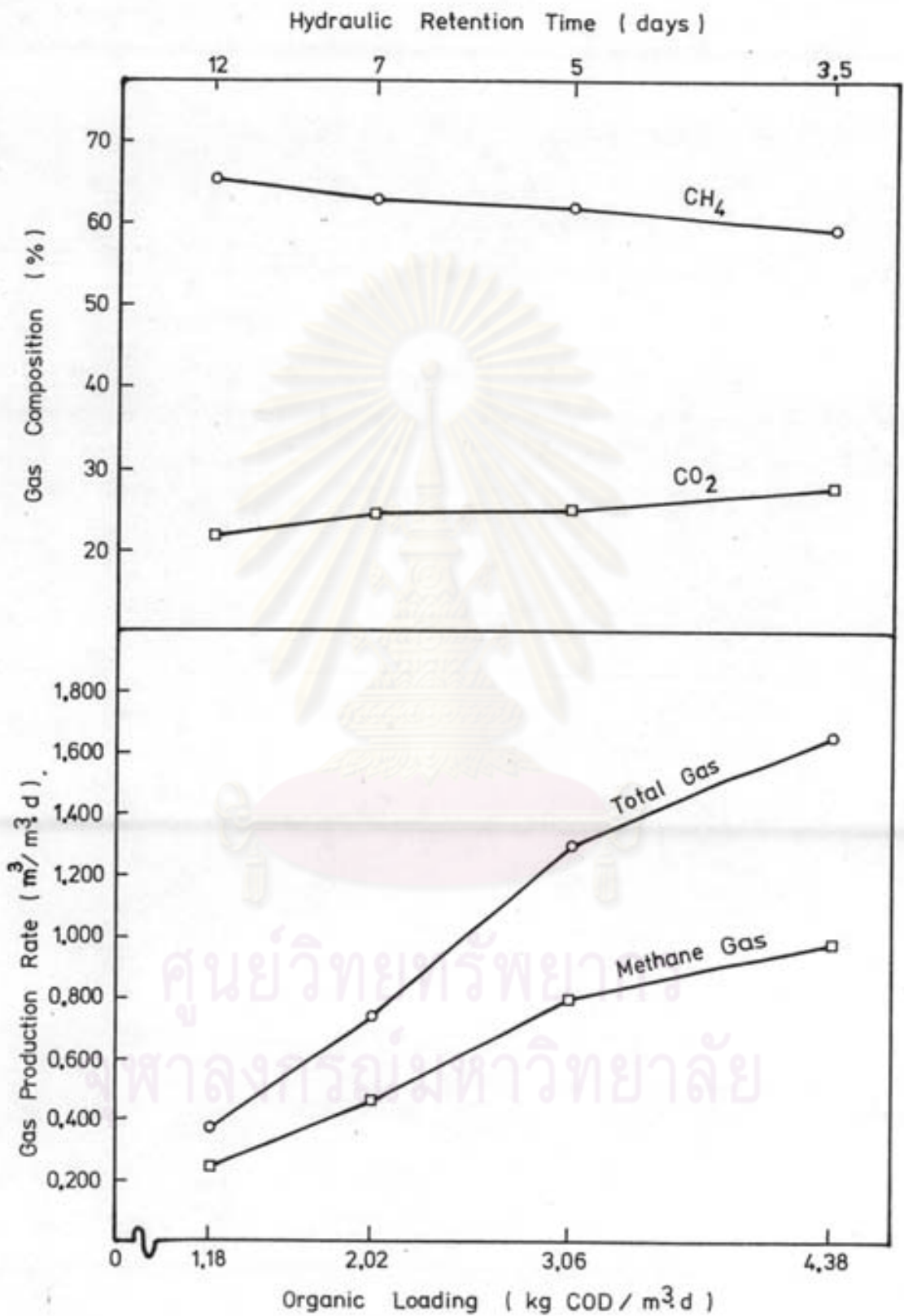
5.3.2.2 การผลิตก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากผลของปฏิกิริยาการย่อยสลายกรดอินทรีย์ โดยแบคทีเรียพวกสร้างมีเทน ซึ่งจะประกอบด้วยก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซอื่นๆ อีกเล็กน้อย ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 5.7 และ 5.8 และในรูปของกราฟรูปที่ 5.8 จะเห็นว่าเมื่อลดเวลาในการก่าจักลง หรือเพิ่มภาวะบรรทุksารอินทรีย์ขึ้น ระบบจะผลิตก๊าซได้สูงขึ้น โดยที่ส่วนประกอบของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย เมื่อลดเวลาในการก่าจักลง หรือเพิ่มภาวะบรรทุksารอินทรีย์ขึ้น กล่าวคือมีส่วนประกอบของก๊าซมีเทนสูงสุดที่เวลาในการก่าจัก 12 วัน หรือตรงกับภาวะบรรทุksารอินทรีย์ 1.18 กก. ซีไอที/ม³- วัน คิดเป็น 65.4% และมีส่วนประกอบของก๊าซมีเทนค่าสูงสุดที่เวลาในการก่าจัก 3.5 วัน หรือตรงกับภาวะบรรทุksารอินทรีย์ 4.38 กก. ซีไอที/ม³- วัน คิดเป็น 59.3 %

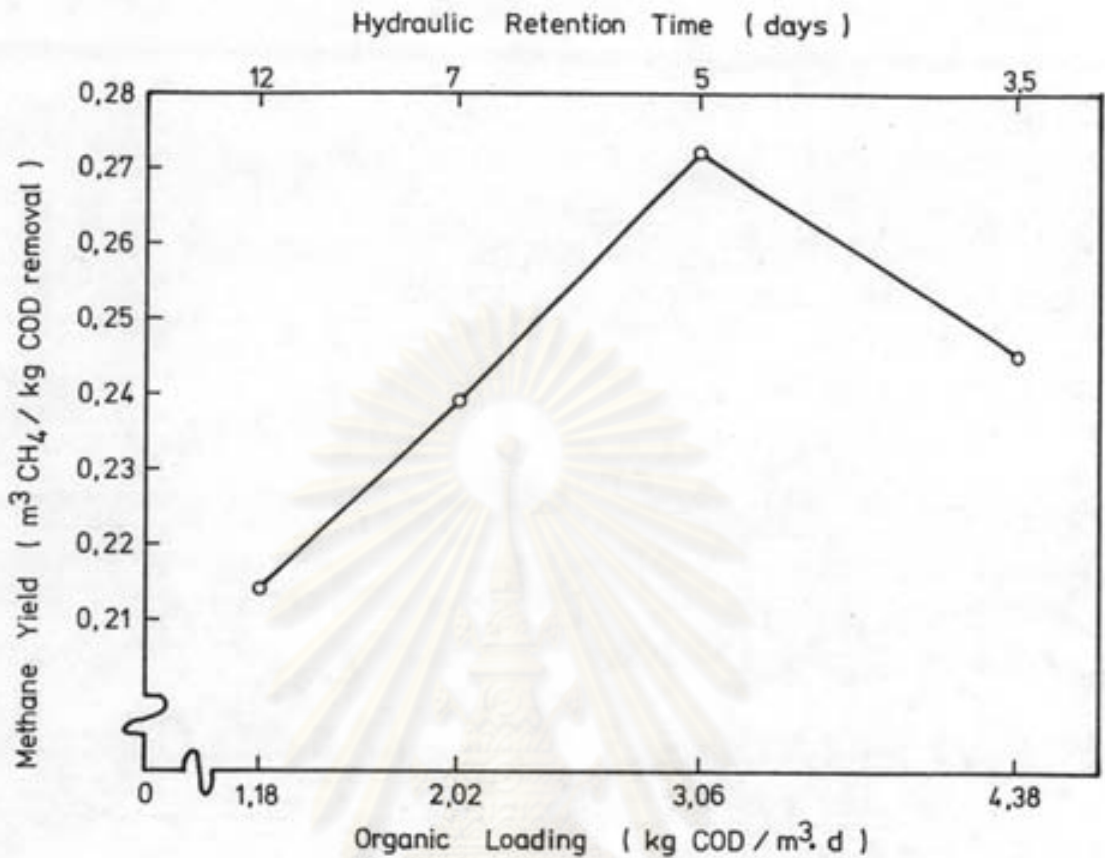
5.3.2.3 ประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทน

ประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทนเป็นค่าของปริมาณก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ต่อหนึ่งหน่วยมวลของสารอินทรีย์ คิดอยู่ในรูปของซีไอทีที่ถูกทำลายไป ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 5.8 และในรูปของกราฟรูปที่ 5.9 จะเห็นว่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทนมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อลดเวลาในการก่าจักลงหรือเพิ่มภาวะบรรทุksารอินทรีย์ขึ้น และจะมีค่าสูงสุดที่เวลาในการก่าจัก 5 วัน หรือที่ภาวะบรรทุksารอินทรีย์ 3.06 กก. ซีไอที/ม³- วัน หลังจากนั้นเมื่อลดเวลาในการก่าจักลงเหลือ 3.5 วัน หรือเพิ่มภาวะบรรทุksารอินทรีย์เป็น 4.38 กก. ซีไอที/ม³- วัน ประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทนจะมีค่าลดลง

ประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทนเป็นกรณีหนึ่งที่จะชี้ให้เห็นว่าระบบมีการสร้างเซลล์มากหรือน้อย กล่าวคือ ที่สภาวะที่มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทนสูง ระบบจะมีการสร้างเซลล์น้อยกว่าเมื่อเทียบกับสภาวะที่มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทนต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากสารอินทรีย์ส่วนใหญ่ที่ถูกทำลายไปถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของการสร้างเซลล์ใหม่และก๊าซมีเทน ดังนั้นประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทนสูง เป็นตัวชี้ให้เห็นว่าสารอินทรีย์ที่ถูกทำลายไป เปลี่ยนไปอยู่ในรูปของก๊าซมีเทนมากกว่าการสร้างเซลล์ใหม่



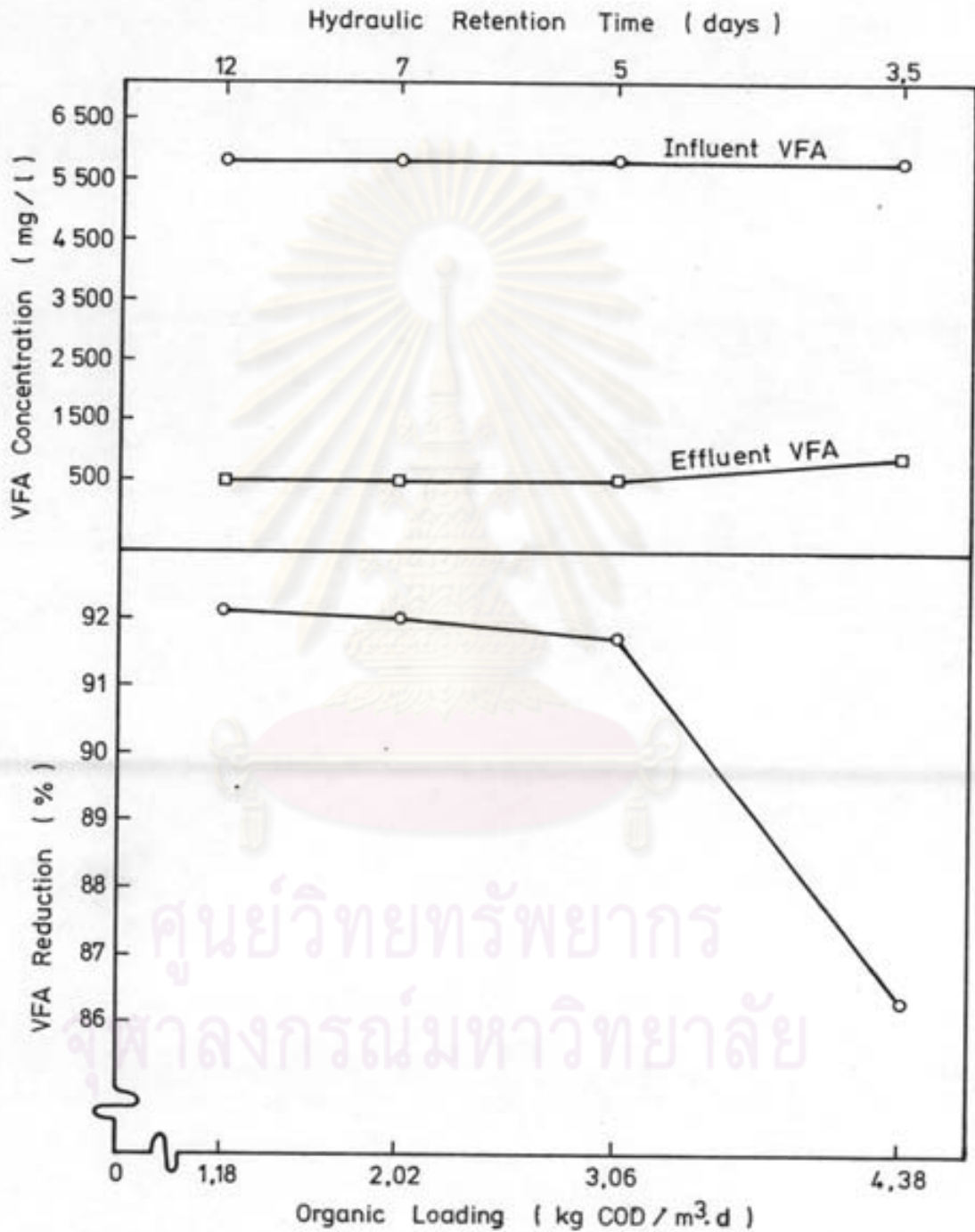
รูปที่ 5.8 การผลิตก๊าซชีวภาพ องค์ประกอบของก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ของ
ขั้นตอนการหมักมีเทน ที่เวลาในการก่ัวจัดค่าง ๆ



รูปที่ 5.9 ประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทนของชั้นคอนการหมักมีเทน ที่เวลาในการกักเก็บต่าง ๆ

5.3.2.4 ประสิทธิภาพการลดกรดอินทรีย์ (VFA Reduction)

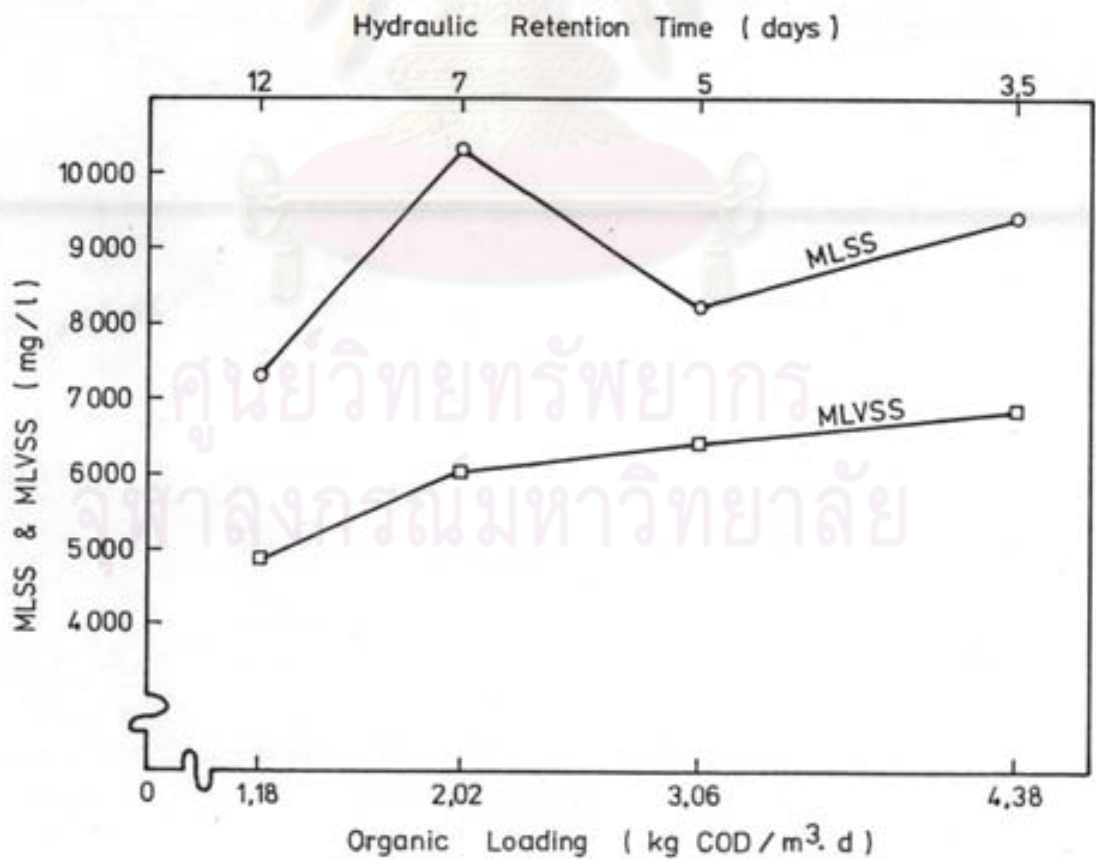
รูปที่ 5.10 แสดงถึงประสิทธิภาพการลดกรดอินทรีย์ของระบบหมักมีเทน ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ที่เข้าถังหมัก และความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ที่ออกจากถังตกตะกอน โดยพบว่าที่เวลาในการกักเก็บ 12, 7 และ 5 วันตรงกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 1.18, 2.02 และ 3.06 กก.ซีไอคิ/ม³- วัน ระบบมีประสิทธิภาพการลดกรดอินทรีย์มีค่าใกล้เคียงกัน กล่าวคือ มีค่า 91.7 - 92 % และเมื่อลดเวลาในการกักเก็บลงเหลือ 3.5 วัน หรือเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์เป็น 4.38 กก.ซีไอคิ/ม³- วัน ระบบจะมีประสิทธิภาพการลดกรดอินทรีย์ลดลง กล่าวคือ มีค่า 86.3 % ประสิทธิภาพการลดกรดอินทรีย์นี้ จะใกล้เคียงคล่องกับประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ ทั้งนี้เนื่องจาก กรดอินทรีย์เป็นสารอินทรีย์ในรูปแบบหนึ่ง การลดกรดอินทรีย์โดยแบคทีเรียพวกสร้างมีเทน จึงเป็นการกำจัดสารอินทรีย์ด้วย



รูปที่ 5.10 ประสิทธิภาพการลดกรดอินทรีย์ ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ที่เข้าถังหมัก และความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ที่ออกจากถังตกตะกอน ที่เวลาในกำจัดต่าง ๆ

5.3.2.5 ของแข็งแขวนลอยในระบบ

ปริมาณของแข็งแขวนลอยในระบบมีความสำคัญมากเนื่องจากเป็นรูปแบบของการรักษาปริมาณแบคทีเรีย ซึ่งเป็นตัวที่ทำลายสารอินทรีย์และมวลสารต่าง ๆ ในระบบ และเป็นตัวบ่งชี้ถึงเสถียรภาพของระบบ กล่าวคือ ถ้ามีน้อยเกินไปหรือมีแนวโน้มลดลงจะแสดงให้เห็นถึงความไม่มีเสถียรภาพของระบบ รูปที่ 5.11 แสดงให้เห็นถึงปริมาณของแบคทีเรียในถังหมักมีเทนในรูปแบบของ MLSS และ MLVSS ที่เวลาในการกัก และภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่าง ๆ จะเห็นว่าค่า MLSS และ MLVSS มีค่าแตกต่างกันมาก กล่าวคือ มีค่า $MLVSS/MLSS$ คิดเป็น 0.66, 0.58, 0.78, 0.73 ที่เวลาในการกัก 12, 7, 5 และ 3.5 วัน หรือที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 1.18, 2.02, 3.06 และ 4.38 กก.ซีโอดี/ม³-วัน ตามลำดับ ในการพิจารณาปริมาณของแข็งแขวนลอยในระบบพิจารณาเฉพาะค่า MLVSS เนื่องจากเป็นค่าที่ปริมาณแบคทีเรียคิดกว่าค่า MLSS ซึ่งจากรูปที่ 5.11 จะได้ว่าเมื่อลดเวลาในการกักลงหรือเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์ขึ้น ค่า MLVSS จะมีค่าสูงขึ้น และมีค่ามากที่สุดที่เวลา

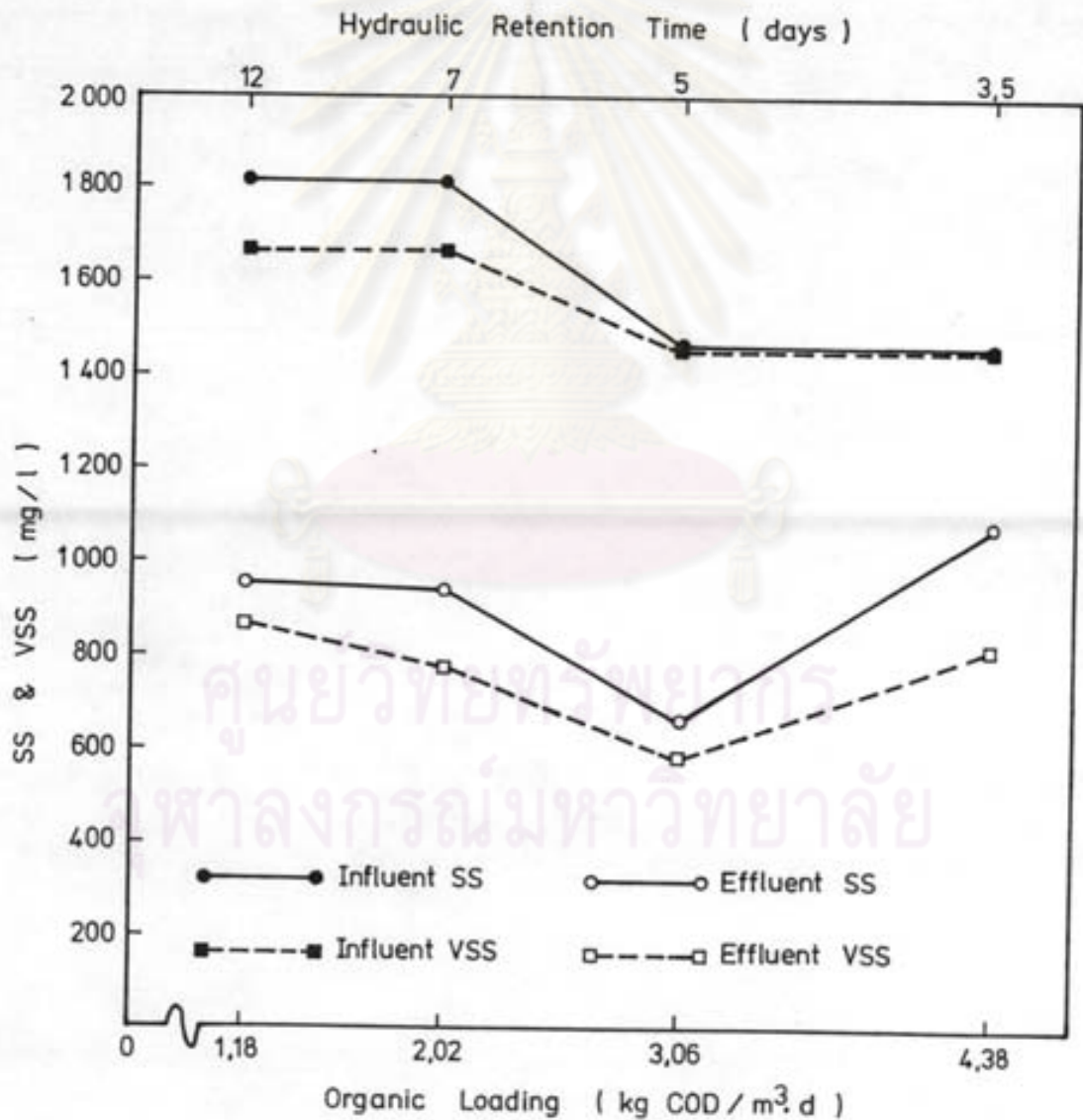


รูปที่ 5.11 ของแข็งแขวนลอยในระบบของถังคอนการหมักมีเทน ที่เวลาในการกักต่าง ๆ

ในการกำจัด 3.5 วัน หรือที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 4.38 กก.ซีโอดี/ม³-วัน กล่าวคือมีค่า MLVSS 6,830 มก./ล.

5.3.2.6 ของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งของระบบ

รูปที่ 5.12 แสดงถึงของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งที่เข้าถังหมักมีเทนและของแข็งแขวนลอยที่หลุดออกไปกับน้ำทิ้งของระบบซึ่งผ่านถังตกตะกอนแล้ว โดยพบว่าค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งที่เข้าถังหมักในแต่ละการทดลอง มีค่า 1464-1814 มก./ล. ในรูปของ SS และมีค่า 1458-1664 มก./ล. ในรูปของ VSS ซึ่งถือว่ามีความใกล้เคียงกัน และพบว่าค่าของแข็งแขวนลอย

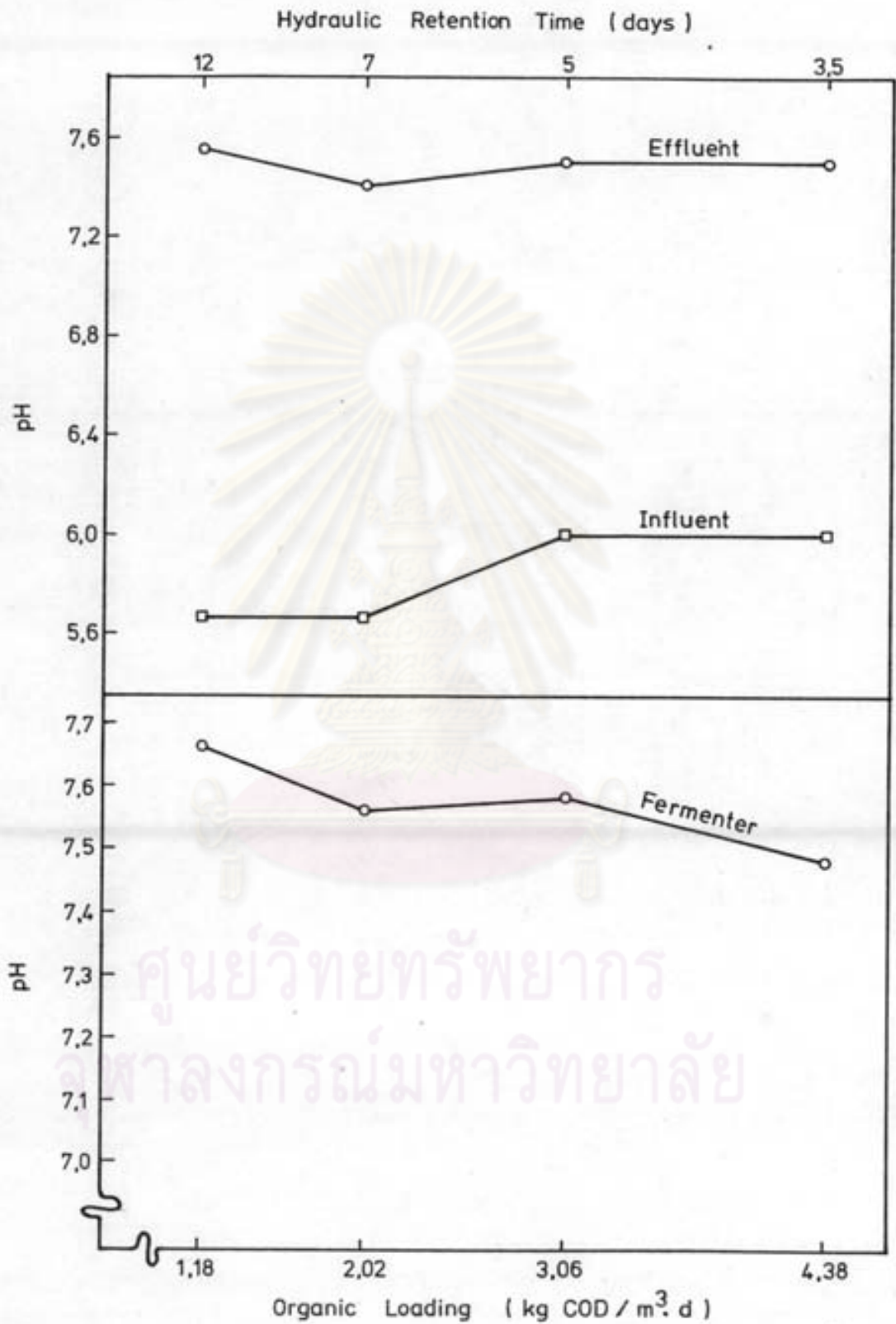


รูปที่ 5.12 ของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งที่เข้าถังหมักและของแข็งแขวนลอยที่หลุดออกไปกับน้ำทิ้งของระบบซึ่งผ่านถังตกตะกอนแล้วของขั้นตอนการหมักมีเทน ที่เวลาในการกำจัดต่าง ๆ

ในน้ำทิ้งที่ออกจากถังตกตะกอนมีค่าค่าสุดที่เวลาในการกำจัด 5 วัน ซึ่งตรงกับภาวะบรรทุกลสารอินทรีย์ 3.06 กก.ซีไอคิ/ม³- วัน กล่าวคือ มีค่า 662 มก./ล. ในรูป SS และ 582 มก./ล. ในรูป VSS ซึ่งแสดงให้เห็นว่าที่เวลาในการกำจัดและภาวะบรรทุกลสารอินทรีย์ ทั้งกล่าว เซลล์แบคทีเรียในระบบมีการจับตัวโคคิ และเริ่มมีค่าสูงขึ้นเมื่อลเวลากำจัดลงเหลือ 3.5 วัน หรือเพิ่มภาวะบรรทุกลสารอินทรีย์ให้สูงขึ้นเป็น 4.38 กก.ซีไอคิ/ม³- วัน กล่าวคือ มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 1078 มก./ล. ในรูปของ SS และ 818 มก./ล. ในรูปของ VSS

5.3.2.7 ค่าพีเอช

ค่าพีเอช เป็นครรชนีควหนึ่งที่ใช้ควบคุมการทำงานของระบบการหมักแบบไร้ออกซิเจนอิสระ เพื่อแสดงสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของแบคทีเรีย แต่ไม่เป็นค่าที่สามารถบอกล่วงหน้าได้ถึงความสำเร็จในการทำงานของแบคทีเรียในระบบใต้อย่างทันที่ เพราะความเสียหายของระบบมักจะเกิดขึ้นก่อนที่ค่าพีเอชจะลดลง ดังนั้นในทางปฏิบัติ จึงต้องหาความเข้มข้นของกรคอินทรีย์และค่าความเป็นค่าคงควบคุมไปคัย ในการทดลองนี้ได้ คิคคังเครื่องควบคุมพีเอชในถังหมัก โดยการควบคุมพีเอชในถังหมักที่ 7.00 ถ้าพีเอชในถังหมัก ลคค่าลงกว่า 7.00 อันเนื่องมาจากมีการสะสมของกรคอินทรีย์เกิดขึ้นในถังหมัก เครื่องควบคุม พีเอชจะปรับพีเอชโดยการสูบลสารละลายโซเคียมไฮดรอกไซด์ 5% เข้าสู่ถังหมักเพื่อปรับพีเอช ในถังหมักให้คคค่า 7.00 แต่ในการทดลองนี้ ปรากฏว่าพีเอชภายในถังหมักในแต่ละการทดลอง มีค่ามากกว่า 7.00 จึงไม่มีการปรับพีเอชในถังหมักคัยสารละลายโซเคียมไฮดรอกไซด์ 5% ค้อย่างใ รูปที่ 5.13 แสดงค่าพีเอชในถังหมักมีเพน พีเอชในน้ำทิ้งที่ป้อนเข้าสู่ถังหมักมีเพน และพีเอชในน้ำทิ้งที่ออกจากถังตกตะกอนมีเพน จะเห็นว่าพีเอชในถังหมักมีค่ามากกว่า 7.00 ทุกการทดลอง โดยมีค่าค่าสุดที่เวลาในการกำจัด 3.5 วัน หรือที่ภาวะบรรทุกลสารอินทรีย์ 4.38 กก.ซีไอคิ/ม³- วัน กล่าวคือ มีค่าพีเอชเป็น 7.48 แสดงให้เห็นว่าระบบหมักมีเพนนี้ยังสามารถ ลเวลาในการกำจัดคคค่ากว่า 3.5 วัน หรือเพิ่มภาวะบรรทุกลสารอินทรีย์ให้มากกว่า 4.38 กก.ซีไอคิ/ม³- วัน ใ สำหรับพีเอชในน้ำทิ้งที่ป้อนเข้าสู่ถังหมักมีเพนมีค่า 5.66-6.00 และ จะคคค่าพีเอชในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบหมักมีเพนโดยผ่านถังตกตะกอน มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 7.40 - 7.55 พีเอชที่เพิ่มขึ้นนี้สาเหตุสำคัญเนื่องมาจากกรคอินทรีย์ในน้ำทิ้งที่ป้อนเข้าสู่ถังหมักมีเพนถูก ย่อยสลายไปโดยแบคทีเรียพวกสร้างมีเพน ทำให้เหลือปริมาณกรคอินทรีย์ในน้ำทิ้งน้อยลง



รูปที่ 5.13 ค่าพีเอชในถังหมัก พีเอชในน้ำทิ้งที่ป้อนเข้าสู่ถังหมัก และพีเอชในน้ำทิ้งที่ออกจากถังคกตะกอนของชั้นคอนการหมักมีเทน ที่เวลาในการกำจัดการต่าง ๆ

5.3.2.8 สภาวะที่เหมาะสมในขั้นตอนการหมักมีเทน

สภาวะที่เหมาะสมสำหรับขั้นตอนการหมักมีเทน เมื่อพิจารณาจากประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ พบว่าที่เวลาในการกำจัด 5 วัน หรือ ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 3.06 กก.ซีไอคิ/ม³- วัน เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการควบคุมดูแล ทั้งนี้เพื่อให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ใกล้เคียงกับที่เวลาในการกำจัด 7 และ 12 วัน หรือที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 2.02 และ 1.18 กก.ซีไอคิ/ม³- วัน กล่าวคือ มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอคิที่คิกจากซีไอคิรวมในน้ำทิ้งเป็น 88.8 % และประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอคิที่คิกจากน้ำทิ้งส่วนที่ใสที่ผ่านเครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง เป็น 95.8 % นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทนและประสิทธิภาพการลดกรดด่างอินทรีย์ก็พบว่ามีความสูง ผลออกจนของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งที่ออกจากถังตกตะกอนก็มีความต่ำสุดด้วย

ข้อดีอีกประการหนึ่งสำหรับการเลือกสภาวะที่เหมาะสมที่เวลาในการกำจัด 5 วัน หรือที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 3.06 กก.ซีไอคิ/ม³- วัน คือ ระบบสามารถรักษาเสถียรภาพต่อการเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์โดยการเพิ่มอัตราไหลของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบ ทั้งนี้เพราะจากการทดลองพบว่าที่เวลาในการกำจัด 3.5 วัน หรือที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 4.38 กก.ซีไอคิ/ม³- วัน ระบบยังสามารถทำงานได้เป็นปกติ เพียงแต่ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ และประสิทธิภาพการลดกรดด่างอินทรีย์มีค่าลดลงเล็กน้อย กล่าวคือ มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอคิที่คิกจากซีไอคิรวมในน้ำทิ้งเป็น 81.2 % และประสิทธิภาพการกำจัดซีไอคิที่คิกจากน้ำทิ้งส่วนที่ใสที่ผ่านเครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลางเป็น 91.5 % ซึ่งต่ำกว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอคิที่เวลาในการกำจัด 5 วัน ทั้งนี้กล่าวข้างต้น

5.3.2.9 การเปลี่ยนแปลงสารอาหารเสริมในถังหมักมีเทน

การเปลี่ยนแปลงสารอาหารเสริมในช่วงการหมักมีเทนที่เวลาในการกำจัดต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 5.9 น้ำทิ้งที่ไซปอนเข้าถังหมักมีเทน เป็นน้ำทิ้งแบ่งมันสำปะหลังที่ไคบ้านชบวนการหมักกรมาแล้ว ดังนั้นสารในโคโรเจนส่วนใหญ่จึงอยู่ในรูปแอมโมเนีย เมื่อน้ำทิ้งดังกล่าวผ่านระบบหมักมีเทนแล้วพบว่าอัตราส่วน COD:N:P เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เนื่องจากสารอินทรีย์ ซึ่งอยู่ในรูปกรดอินทรีย์ส่วนใหญ่ได้ถูกย่อยสลายไปเป็นก๊าซมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ โดยน้ำทิ้งที่ผ่านการหมักมีเทนที่เวลาในการกำจัด 5, 7 และ 12 วัน จะมีอัตราส่วน COD:N:P ประมาณ 100:48:10 ส่วนที่เวลาในการกำจัด 3.5 วัน จะมีอัตราส่วนดังกล่าวเป็น 100:30:5.7 ทั้งนี้เนื่องจากที่เวลาในการกำจัด 3.5 วัน ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ หรือการ

ตารางที่ 5.9 การเปลี่ยนแปลงสารอาหาร เสริมในการหมักมีเทนที่เวลาในการกักต้งต่าง ๆ

| Item | Hydraulic Retention Time (days) | | | |
|---|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | 3.5 | 5 | 7 | 12 |
| Influent TKN ; mg/l | 1,067 | 1,067 | 810 | 810 |
| NH ₄ ⁺ - N ; mg/l | 903 | 903 | 638 | 638 |
| Org - N ; mg/l | 165 | 165 | 172 | 172 |
| Effluent TKN ; mg/l | 889 | 836 | 839 | 865 |
| NH ₄ ⁺ - N ; mg/l | 758 | 764 | 749 | 777 |
| Org - N ; mg/l | 131 | 72 | 90 | 89 |
| Influent PO ₄ ³⁻ - P ; mg/l | 208 | 208 | 218 | 218 |
| Effluent PO ₄ ³⁻ - P ; mg/l | 164 | 178 | 157 | 178 |
| COD:N:P in Influent | 100:7:1 | 100:7:1.4 | 100:5.7:1.5 | 100:5.7:1.5 |
| COD:N:P in Effluent | 100:30:5.7 | 100:49:10.4 | 100:48:9 | 100:48:9.8 |
| Removal ratio of COD:N:P | 100:1.4:0.4 | 100:1.7:0.2 | - * | - * |
| % N uptake | 16.7 | 21.6 | - * | - * |
| % Org - N converted to NH ₄ ⁺ - N | 21.8 | 56.3 | 47.7 | 48.3 |
| % P uptake | 21.1 | 14.4 | 28 | 18.3 |

* ไม่สามารถหาได้เนื่องจากปริมาณสารไนโตรเจนในน้ำออกสูงกว่าในน้ำเข้า

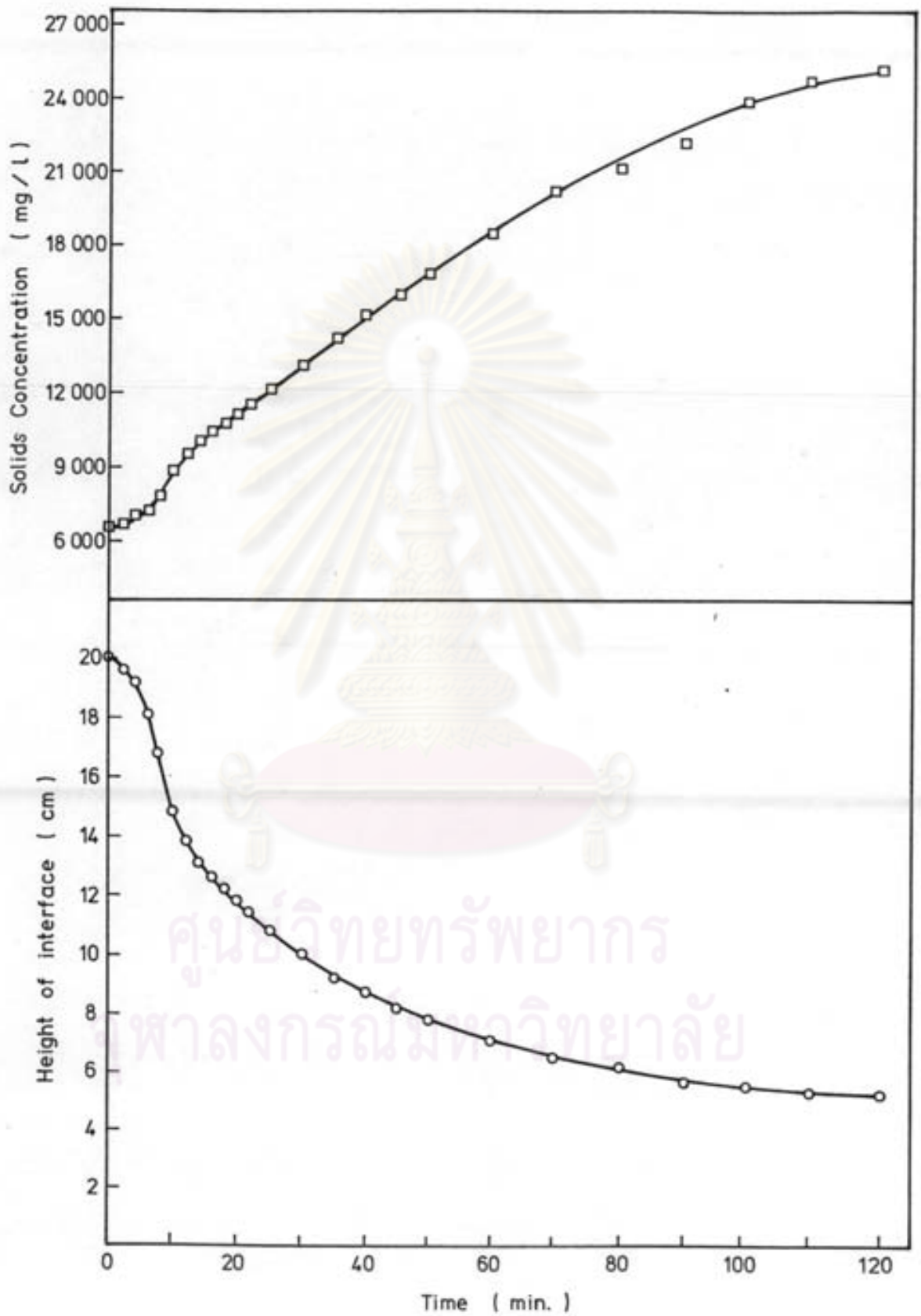
แปรเปลี่ยนเป็นก๊าซชีวภาพต่ำลง เมื่อพิจารณาอัตรากำจัด (removal ratio) ของ COD:N:P ที่เวลาในการกำจัด 3.5 และ 5 วัน เป็น 100:1.4:0.35 และ 100:1.7:0.22 ซึ่งเห็นได้ว่าการคูกกลืนสารอาหารเสริมทั้งในโคโรเจนและฟอสฟอรัสสูง เมื่อเปรียบเทียบกับขั้นตอนการหมักกรดอินทรีย์ที่เวลาในการกำจัด 1 วัน โดยมีค่าอัตรากำจัดของ COD:N:P = 100:0.75:0.05 เมื่อพิจารณาการคูกกลืนสารในโคโรเจนพบว่า ที่เวลาในการกำจัด 5 วัน และ 3.5 วัน ประมาณ 21.6 และ 16.7 % ตามลำดับ ซากในโคโรเจนนี้ถูกนำไปใช้ในการสร้างเซลล์ใหม่ ส่วนสารอินทรีย์ในโคโรเจนที่ถูกย่อยสลายเป็นแอมโมเนียโคโยที่เวลาในการกำจัด 5 วัน จะมีการย่อยสลายสารในโคโรเจนในรูปสารอินทรีย์สูงสุด คือ 56.3 % และที่เวลาในการกำจัดค่าสุดคือ 3.5 วัน สารอินทรีย์ในโคโรเจนถูกย่อยสลายค่าสุดคือ 21.8 % สำหรับซากฟอสฟอรัสแน่นอนว่าจะถูกคูกกลืนค่าสุดที่เวลาในการกำจัด 5 วัน ซึ่งเป็นสภาวะการทำงานที่เหมาะสมตามที่กล่าวมาแล้ว น้ำทิ้งที่ผ่านระบบหมักมีเทนนี้ยังมีซากในโคโรเจนและฟอสฟอรัสอยู่ในปริมาณที่สูงมาก และในปริมาณที่เพียงพอสำหรับการนำไปบำบัดคือโคโยวิธีชีววิทยาแบบใช้อากาศ

5.3.2.10 เสถียรภาพการทำงาน

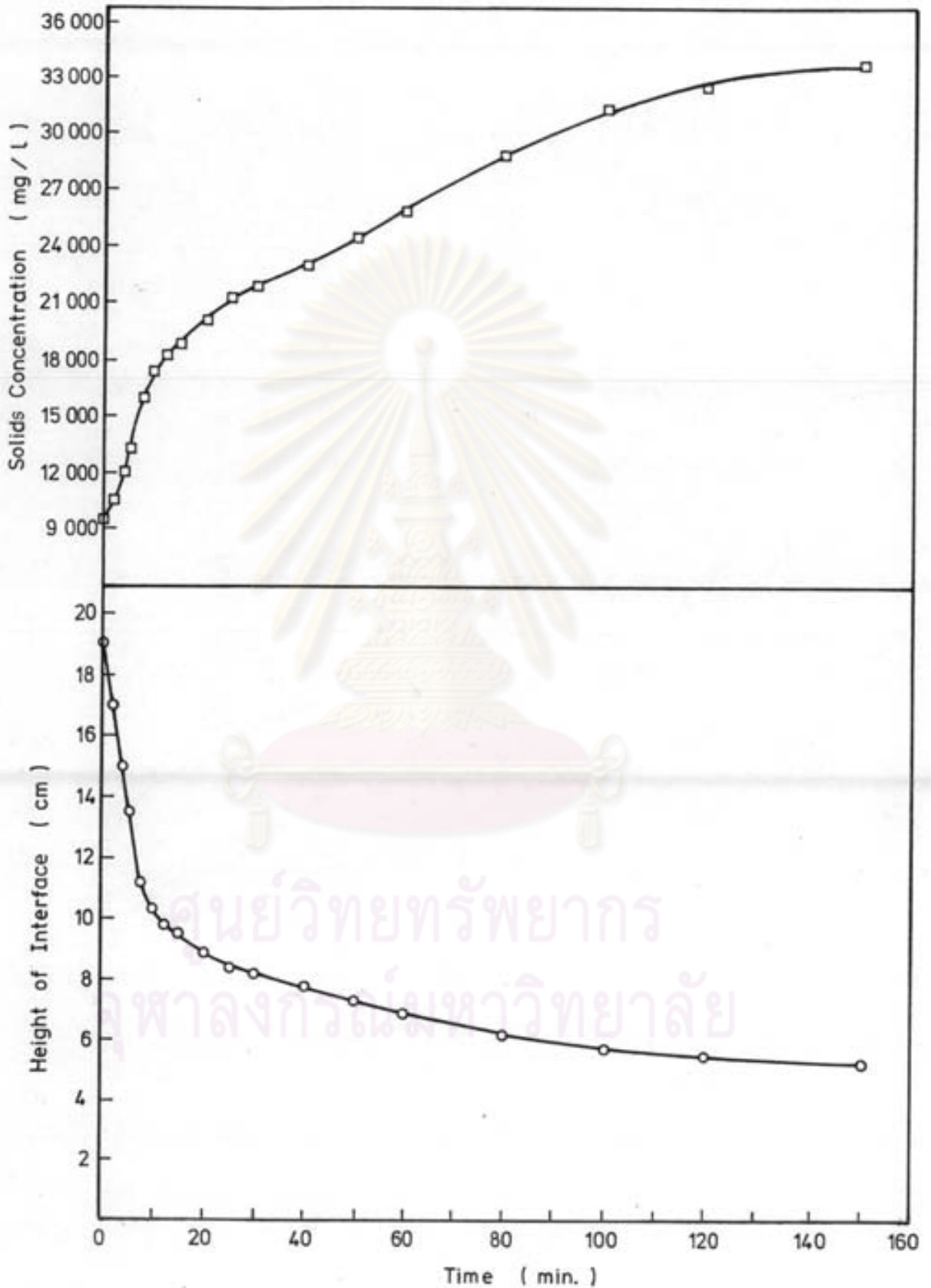
ในช่วงการทดลองที่เวลาในการกำจัดตั้งแต่ 3.5 ถึง 12 วัน สำหรับขั้นตอนการหมักมีเทน พบว่าระบบสามารถทำงานได้ดี มีเสถียรภาพสูง กล่าวคือ ระบบมีการสะสมกรดอินทรีย์ค่า ในช่วง 460 - 794 มก./ล. ในรูป CH_3COOH และค่าพีเอชในถังหมักอยู่ในช่วงเป็นกลาง คือ 7.48 - 7.66 โคโยไม่คงมีการปรับพีเอชด้วยสารเคมี

5.3.3 ลักษณะสมบัติของแบคทีเรีย

ในการศึกษาทดลองนี้ได้นำตะกอนแบคทีเรียจากถังหมักกรดอินทรีย์และถังหมักมีเทน มาตรวจสอบความสามารถในการตกตะกอน โดยนำมาตั้งทิ้งไว้ในหลอดแก้วให้ตกตะกอนเอง ข้อมูลการทดลองการตกตะกอนของแบคทีเรียพวกสร้างกรด และแบคทีเรียพวกสร้างมีเทน แสดงไว้ในตารางที่ ๒4.1 และ ๒4.2 ของภาคผนวกที่ 4 ความสามารถในการตกตะกอนของแบคทีเรียทั้งสองพวก แสดงอยู่ในรูปของกราฟในภาพที่ 5.14 และ 5.15 โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 5.14 ความสามารถในการตกตะกอนของแบคทีเรียพวกสร้างกรก



รูปที่ 5.15 ความสามารถในการตกตะกอนของแบคทีเรียพวกสร้างมีเทน

5.3.3.1 แบกที่เรียพวกสร้างกรก

แบกที่เรียพวกสร้างกรกนี้จะมีสีน้ำตาลอ่อน และมีค่า MLVSS/MLSS ในการทดลองนี้ระหว่าง 0.94 - 1.0 รูปที่ 5.14 แสดงถึงความสามารถในการตกตะกอนของแบกที่เรียพวกสร้างกรก จะเห็นว่าในช่วง 0 ถึง 5 นาทีแรก ชั้นสลักจ์จะตกตะกอนด้วยอัตราเร็วที่ช้าและยังไม่คงที่ ทั้งนี้เพราะอยู่ในระยะของการสร้างฟล็อก (flocculation zone) โดยมีความเข้มข้นของของแข็ง (solids concentration) เริ่มต้นเป็น 6,545 มก./ล. หลังจากนั้นอัตราเร็วในการจมตัวของชั้นสลักจ์ จะเริ่มมีค่าคงที่และเป็นค่าสูงสุดในช่วงเวลา 5 ถึง 10 นาที ซึ่งเป็นอัตราเร็วในการตกตะกอนเริ่มต้น (initial settling velocity) ซึ่งมีค่า 0.825 เซนติเมตร/นาที หรือ 0.495 เมตร/ชั่วโมง อัตราเร็วในการตกตะกอนเริ่มต้นซึ่งคงที่นี้มีความหมายมาก และใช้เป็นกรณีศึกษาถึงความสามารถในการตกตะกอนของชั้นสลักจ์ สลักจ์ที่ตกตะกอนได้ก็จะมีอัตราเร็วในการตกตะกอนเริ่มต้นสูง และสลักจ์ที่ตกตะกอนได้เร็วจะมีอัตราเร็วในการตกตะกอนเริ่มต้นต่ำ (31) เมื่อเวลาในการตกตะกอนผ่านไป 10 นาที ช่องว่างในน้ำจะเหลือน้อยลงเรื่อย ๆ และอัตราเร็วในการตกตะกอนเริ่มต้นจะมีค่าลดลงโดยมีความเข้มข้นของของแข็งในชั้นสลักจ์ มีค่าเป็น 8,845 มก./ล. ที่เวลา 10 นาที กล่าวได้ว่าสลักจ์เริ่มเข้าไปอยู่ในระยะเปลี่ยนแปลง (transition zone) ซึ่งเป็นระยะที่อนุภาคบางส่วน เคลื่อนที่เข้ามาใกล้จนสัมผัสกันพอดี อัตราเร็วในการตกตะกอนจะลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งอนุภาคทั้งหมดสัมผัสกันพอดี ซึ่งจากรูปที่ 5.14 ระยะเปลี่ยนแปลงจะอยู่ในช่วงประมาณ 10 ถึง 60 นาที ต่อจากนี้สลักจ์จะอยู่ในระยะอัดตัว (compression zone) ซึ่งมีการทับถมเพื่อบีบน้ำออกจากชั้นสลักจ์เป็นครั้งสุดท้าย ระยะอัดตัวมีการเคลื่อนที่ช้ามาก โดยจะเห็นว่าเมื่อเวลาผ่านไป 60 นาที ความชันของเส้นกราฟเริ่มลดลง โดยมีความเข้มข้นของของแข็งในชั้นสลักจ์มีค่าเป็น 18,437 มก./ล. ที่เวลา 60 นาที และความชันของกราฟจะมีค่าน้อยลงอย่างชัดเจน หลังจากเวลาผ่านไป 100 นาที โดยมีความเข้มข้นของของแข็งในชั้นสลักจ์มีค่าเป็น 23,800 มก./ล. ที่เวลา 100 นาที หลังจากนั้นอัตราการเพิ่มความเข้มข้นของของแข็งจะมีค่าเพิ่มขึ้นอีกเพียงเล็กน้อย กล่าวคือที่เวลา 120 นาที ความเข้มข้นของของแข็งในชั้นสลักจ์จะเพิ่มขึ้นอีกเป็น 25,173 มก./ล.

ข้อมูลการตกตะกอนดังกล่าว สามารถนำไปใช้ในการออกแบบถังตกตะกอนในระบบหมักกรกอินทรีย์ เพื่อควบคุมปริมาณแบกที่เรียในถังหมักกรกอินทรีย์ให้ไค้ความที่คงการ

5.3.3.2 แบกที่เรียพวกสร้างมีเทน

แบกที่เรียพวกสร้างมีเทนนี้มีสีก่า และมีค่า MLVSS/MLSS ในถังหมักระหว่าง 0.58-0.78 ซึ่งค่ากว่าค่า MLVSS/MLSS ในถังหมักกรคอินทรีย์ซึ่งมีค่าระหว่าง 0.94-1.0 ความสามารถในการตกตะกอนของแบกที่เรียพวกสร้างมีเทน ตามที่แสดงในรูปที่ 5.15 พบว่าในช่วง 0 ถึง 8 นาทีแรก ชั้นของสลักจ์จะตกตะกอนด้วยอัตราเร็วคงที่ ซึ่งเป็นอัตราเร็วในการตกตะกอนเริ่มต้น (initial settling velocity) โดยที่เวลาเริ่มต้นไม่มีระยะของการสร้างฟลอค แสดงให้เห็นว่าสลักจ์จากถังหมักมีเทนมีขนาดอนุภาคและความถ่วงจำเพาะมากพอที่จะตกเป็นอิสระได้เองโดยไม่มีกรสร้างฟลอค จากรูปที่ 5.15 พบว่าอัตราเร็วในการตกตะกอนเริ่มต้นมีค่า 1.040 เซนติเมตร/นาที หรือ 0.624 เมตร/ชั่วโมง โดยมีค่าความเข้มข้นของของแข็ง เริ่มต้นเป็น 9,380 มก./ล. เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราเร็วในการตกตะกอนเริ่มต้นของแบกที่เรียพวกสร้างกรค จะมีค่าสูงกว่า กล่าวคือ อัตราเร็วในการตกตะกอนเริ่มต้นของแบกที่เรียพวกสร้างกรคมีค่าเพียง 0.825 เซนติเมตร/นาที หรือ 0.495 เมตร/ชั่วโมง เท่านั้น แสดงให้เห็นว่าความสามารถในการตกตะกอนของชั้นสลักจ์ที่เป็นแบกที่เรียพวกสร้างมีเทนดีกว่าแบกที่เรียพวกสร้างกรค ช่วงเวลา 8 ถึง 25 นาที อัตราเร็วในการตกตะกอนจะมีค่าลดลง ซึ่งเป็นช่วงที่สลักจ์เข้าไปอยู่ในระยะเปลี่ยนแปลง โดยมีค่าความเข้มข้นของของแข็งในชั้นสลักจ์ที่เวลา 8 นาที และ 25 นาที เป็น 16,190 มก./ล. และ 21,217 มก./ล. ตามลำดับ หลังจากเวลา 25 นาทีไปแล้ว สลักจ์จะอยู่ในระยะอัคคว์ ซึ่งสังเกตจากความชันของกราฟที่แสดงค่าความสูงของชั้นสลักจ์มีค่าลดลงเรื่อย ๆ และเกือบมีค่าคงที่ หลังจากใช้เวลาในการตกตะกอนมากกว่า 100 นาที โดยมีค่าความเข้มข้นของของแข็งเป็น 31,267 มก./ล. ที่เวลา 100 นาที และมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 33,626 มก./ล. ที่เวลา 150 นาที

ข้อมูลการตกตะกอนดังกล่าว สามารถนำไปใช้ในการออกแบบถังตกตะกอนในระบบหมักมีเทน เพื่อควบคุมปริมาณแบกที่เรียในถังหมักมีเทน ให้ได้ค่าที่ต้องการ

5.3.4 ผลการทดลองระบบหมักแบบสองชั้นคอน

ผลการทดลองระบบหมักแบบสองชั้นคอน เป็นการรวมเอาระบบหมัก 2 ระบบ ซึ่งประกอบด้วยระบบหมักกรดอินทรีย์และระบบหมักมีเทนเข้าด้วยกัน โดยชั้นคอนแรกซึ่งเป็นระบบหมักกรดอินทรีย์นี้ได้นำน้ำทิ้งแป้งมันสำปะหลังที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในรูปซีไอทีประมาณ 20,000 มก./ล. ที่เวลาในการก่าจัก 1 วัน คิคเป็นภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 21-22 กก. ซีไอที/ม³- วัน ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับชั้นคอนการหมักกรดอินทรีย์ แต่ไม่มีการควบคุมพีเอชในถังหมัก น้ำทิ้งที่ออกจากระบบหมักกรดอินทรีย์โดยผ่านถังตกตะกอน จะถูกนำไปก่าจักต่อ โดยการป้อนเข้าสู่ถังหมักมีเทนที่เวลาในการก่าจัก 3.5, 5, 7 และ 12 วัน ซึ่งผลการทดลองในชั้นคอนการหมักมีเทนนี้ได้กล่าวผลการทดลองและวิจารณ์แล้วในข้อ 5.3.2 ดังนั้น เวลาในการก่าจักสำหรับการหมักแบบสองชั้นคอนจะรวมเอาเวลาในการก่าจักในชั้นคอนการหมักกรดอินทรีย์และชั้นคอนการหมักมีเทนเข้าด้วยกัน ซึ่งคิคเป็น 4.5, 6, 8 และ 13 วัน ข้อมูลดิบในชั้นคอนการหมักกรดอินทรีย์แสดงไว้ในตารางที่ ๒2.1 ถึง ๒2.4 ส่วนในชั้นคอนการหมักมีเทนแสดงไว้ในตารางที่ ๒2.5 ถึง ๒2.12 ในภาคผนวกที่ 2

ผลการทดลองประสิทธิภาพระบบหมักแบบสองชั้นคอนที่เวลาในการก่าจักต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 5.10 สำหรับสภาวะที่เหมาะสมในระบบหมักแบบสองชั้นคอน ควรเป็นเวลาในการก่าจักรวมทั้งระบบ 6 วัน โดยใช้เวลาในการก่าจักในชั้นคอนการหมักกรดอินทรีย์ 1 วัน และในชั้นคอนการหมักมีเทน 5 วัน ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการหมักในแต่ละชั้นคอนตามที่ไค้พิจารณาไปแล้ว

5.3.5 ผลการทดลองระบบหมักแบบชั้นคอนเดี่ยว

การทดลองนี้เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับระบบหมักแบบชั้นคอนเดี่ยว เพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับระบบหมักแบบสองชั้นคอน ระบบหมักแบบชั้นคอนเดี่ยวนี้มีถังหมักเพียงใบเดียวตามรูปที่ 4.1 น้ำทิ้งแป้งมันสำปะหลังจะถูกป้อนเข้าสู่ถังหมักโดยตรง โดยควบคุมความเข้มข้นสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งดังกล่าวให้คงที่ประมาณ 20,000 มก./ล. และควบคุมอัตราป้อนน้ำทิ้งดังกล่าว เพื่อให้ไค้เวลาในการก่าจัก 4, 6, 8 และ 13 วัน หรือภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5.48, 3.48, 2.67 และ 1.64 กก.ซีไอที/ม³- วัน ตามลำดับ ในแต่ละสภาวะการทดลองนั้นไค้ควบคุมระบบจนกระทั่งเข้าสู่สภาวะคงที่ การติดตามการทำงานของระบบไค้แสดงไว้ในภาคผนวกที่ 3 ค่าเฉลี่ยตัวแปรต่าง ๆ ในแต่ละการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 5.11 รายละเอียดผลการทดลองมีดังนี้

ตารางที่ 5.10 ผลการทดลองประสิทธิภาพระบบหมักแบบสองขั้นตอนที่เวลาในการกำจัดต่าง ๆ

| Item | Hydraulic Retention Time(days) | | | |
|--|--------------------------------|--------|--------|--------|
| | 4.5 | 6 | 8 | 13 |
| Total Influent COD ;mg/l | 21,760 | 21,760 | 21,021 | 21,021 |
| Total Effluent COD ;mg/l | 2,886 | 1,712 | 1,738 | 1,813 |
| Centrifuged Effluent COD ;mg/l | 1,303 | 636 | 593 | 552 |
| Influent VFA ;mg/l as CH ₃ COOH | 1,152 | 1,152 | 1,116 | 1,116 |
| Effluent VFA ;mg/l as CH ₃ COOH | 794 | 480 | 464 | 460 |
| Influent SS ;mg/l | 6,490 | 6,490 | 8,702 | 8,702 |
| Effluent SS ;mg/l | 1,078 | 662 | 942 | 958 |
| Influent VSS ;mg/l | 6,462 | 6,462 | 8,666 | 8,666 |
| Effluent VSS ;mg/l | 818 | 582 | 776 | 866 |
| Influent pH | 2.92 | 2.92 | 3.09 | 3.09 |
| Effluent pH | 7.50 | 7.50 | 7.40 | 7.55 |
| Averaged MLSS ;mg/l | 8,707 | 7,892 | 9,748 | 7,207 |
| Averaged MLVSS ;mg/l | 6,723 | 6,408 | 5,962 | 4,898 |

ตารางที่ 5.10 (ต่อ)

| Item | Hydraulic Retention Time (days) | | | |
|--|---------------------------------|-------|-------|-------|
| | 4.5 | 6 | 8 | 13 |
| COD Loading ;kg/m ³ .d | 4.84 | 3.63 | 2.63 | 1.62 |
| %COD Removal (based on total effluent COD) | 86.7 | 92.1 | 91.7 | 91.4 |
| %COD Removal (based on centrifuged effluent COD) | 94.0 | 97.1 | 97.2 | 97.4 |
| Gas Production Rate ;m ³ /m ³ .d | 1.614 | 1.325 | 0.828 | 0.454 |
| Average CH ₄ Composition ;% | 50.1 | 52.9 | 51.9 | 52.5 |
| Methane Gas Production Rate ;m ³ /m ³ .d | 0.807 | 0.699 | 0.430 | 0.239 |
| Methane Yield ;m ³ /kg COD removed | 0.178 | 0.199 | 0.168 | 0.152 |

ตารางที่ 5.11 ผลการทดลองประสิทธิภาพระบบหมักแบบขึ้นคอนเกี่ยวกับเวลาในการก่อกำเนิดต่าง ๆ

| Item | Hydraulic Retention Time (days) | | | |
|---|---------------------------------|--------|--------|--------|
| | 4 | 6 | 8 | 13 |
| Total Influent COD (mg/l) | 21,921 | 20,861 | 21,339 | 21,339 |
| Total Effluent COD (mg/l) | 15,261 | 10,592 | 2,843 | 955 |
| Centrifuged Effluent COD (mg/l) | 12,686 | 8,579 | 1,254 | 345 |
| Influent VFA (mg/l as CH ₃ COOH) | 1,735 | 1,964 | 1,146 | 1,146 |
| Effluent VFA (mg/l as CH ₃ COOH) | 7,429 | 5,149 | 876 | 426 |
| Influent SS (mg/l) | - | - | 5,247 | 5,247 |
| Effluent SS (mg/l) | - | - | 757 | 505 |
| Influent VSS (mg/l) | - | - | 5,187 | 5,187 |
| Effluent VSS (mg/l) | - | - | 737 | 497 |
| Influent pH | - | - | 3.10 | 3.10 |
| Effluent pH | - | - | 7.17 | 7.31 |

ตารางที่ 5.11(คธ)

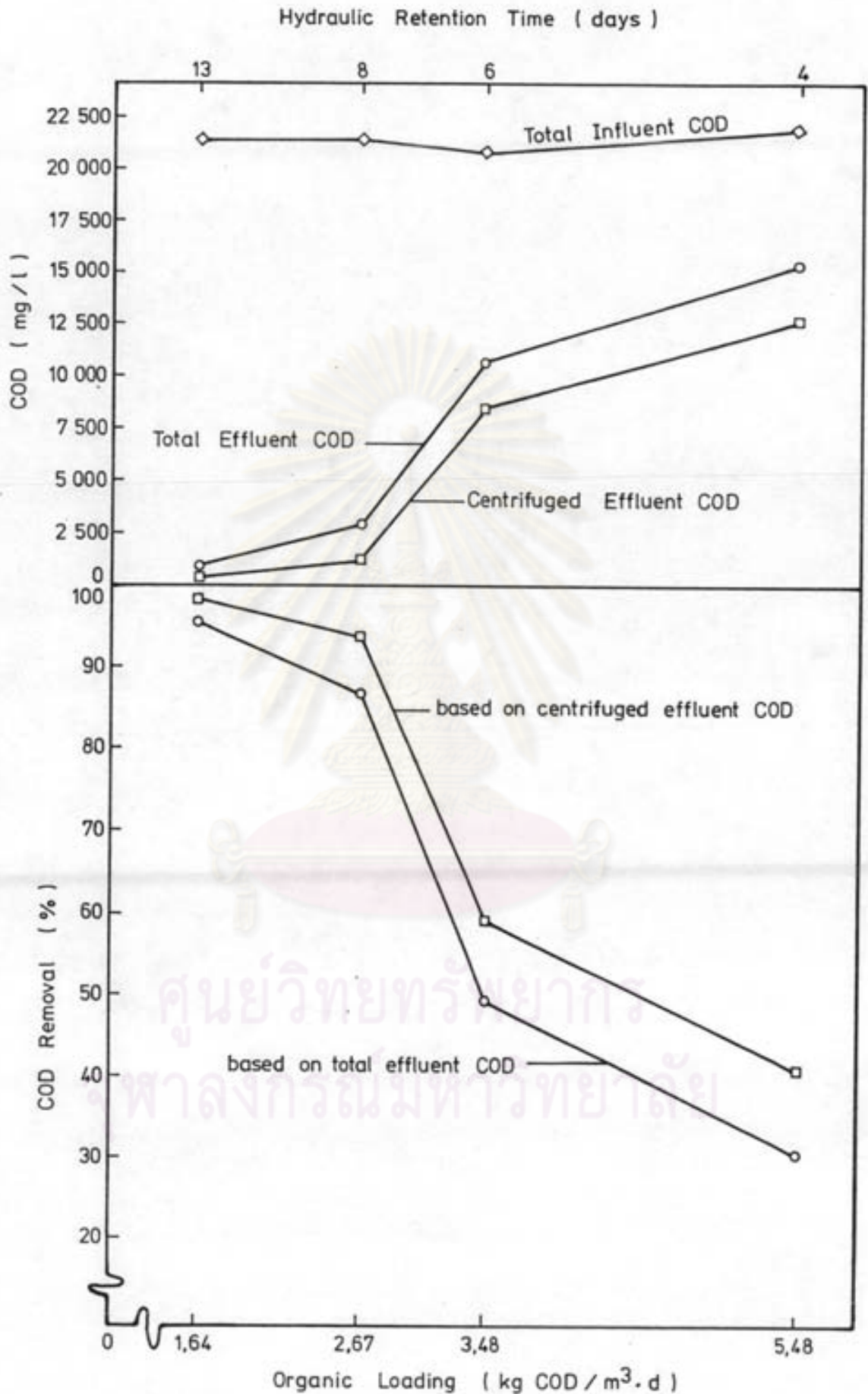
| Item | Hydraulic Retention Time (days) | | | |
|---|---------------------------------|-------|-------|--------|
| | 4 | 6 | 8 | 13 |
| Fermenter pH | 7.0 | 7.0 | 7.12 | 7.30 |
| MLSS (mg/l) | 4,740 | 3,528 | 5,690 | 10,862 |
| MLVSS (mg/l) | 4,580 | 2,850 | 4,695 | 8,062 |
| Gas Production Rate (m ³ /m ³ .d) | 0.423 | 0.750 | 1.279 | 0.798 |
| % CO ₂ | 53.7 | 50.0 | 42.6 | 37.2 |
| % CH ₄ | 33.8 | 37.5 | 42.9 | 46.8 |

5.3.5.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์

ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ในแต่ละการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 5.12 และในรูปของกราฟในรูปที่ 5.16 ซึ่งพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์มีค่าลดลง เมื่อลดเวลาในการกำจัดลงหรือเพิ่มภาระระบบรทุกสารอินทรีย์ขึ้น โดยที่ช่วงเวลาในการกำจัดตั้งแต่ 4 ถึง 6 วัน หรือช่วงภาระระบบรทุกสารอินทรีย์ตั้งแต่ 3.48 ถึง 5.48 กก.ซีไอที/ม³-วัน ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์มีค่าต่ำ กล่าวคือมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอทีที่คิกจากค่าซีไอทีรวมในน้ำทิ้งที่ออกจากถังตกตะกอน 30.4-49.2 % และประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอทีที่คิกจากน้ำทิ้งส่วนที่ใสที่ผ่านเครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง 40.9-58.9 % และเมื่อพิจารณาช่วงเวลาในการกำจัดตั้งแต่ 6 ถึง 8 วัน หรือช่วงภาระระบบรทุกสารอินทรีย์ตั้งแต่ 2.67 ถึง 3.48 กก.ซีไอที/ม³-วัน พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์มีค่าแตกต่างกันมาก กล่าวคือ ที่เวลาในการกำจัด 6 วัน หรือที่ภาระระบบรทุกสารอินทรีย์ 3.48 กก.ซีไอที/ม³-วัน ระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอทีที่คิกจากค่าซีไอทีรวมในน้ำทิ้งที่ออกจากถังตกตะกอน 49.2% และประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอทีที่คิกจากค่าซีไอทีในน้ำทิ้งส่วนที่ใสที่ผ่านเครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง 58.9 % แต่เมื่อเพิ่มเวลาในการกำจัดเป็น 8 วัน หรือลดภาระระบบรทุกสารอินทรีย์ลงเหลือ 2.67 กก.ซีไอที/ม³-วัน ระบบจะมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นอย่างมาก (กรูที่ 5.16) กล่าวคือ มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอทีที่คิกจากค่าซีไอทีรวมในน้ำทิ้งที่ออกจากถังตกตะกอน 86.7% และประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอทีที่คิกจากน้ำทิ้งส่วนที่ใสที่ผ่านเครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง 94.1 % แสดงให้เห็นว่าในช่วงเวลาในการกำจัด 6 ถึง 8 วัน หรือช่วงภาระระบบรทุกสารอินทรีย์ 2.67 ถึง 3.48 กก.ซีไอที/ม³-วัน ระบบเริ่มปรับสภาวะการทำงานให้มีเสถียรภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำทิ้ง ทั้งนี้เนื่องจากแบคทีเรียพวกสร้างมีเทนมีอัตราการการใช้กรคอินทรีย์น้อยกว่ากรคอินทรีย์ที่ผลิตได้โดยแบคทีเรียพวกสร้างกรค ทำให้เกิดการสะสมของกรคอินทรีย์ในถังหมัก (ซึ่งจะไหลลงถึงปริมาณกรคอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในถังหมักอีกครั้งในหัวช้อต่อไป) กรคอินทรีย์ที่สะสมมากขึ้นนี้จะเป็อันตรรกคแบคทีเรียพวกสร้างมีเทน ทำให้อยู่ในสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อแบคทีเรียพวกสร้างมีเทน ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ลดประสิทธิภาพการทำงานของแบคทีเรียพวกสร้างมีเทนลง แต่เมื่อเพิ่มเวลาในการกำจัดขึ้น ซึ่งก็เป็นการลดภาระระบบรทุกสารอินทรีย์ลง แบคทีเรียพวกสร้างมีเทนจะมีอัตราการการใช้กรคอินทรีย์ไคทันกับกรคอินทรีย์ที่ผลิตได้โดยแบคทีเรียพวกสร้างกรค ทั้งนี้เนื่องจากการลดภาระระบบรทุกสารอินทรีย์ลงเป็นการลดปริมาณสารอาหารที่เป็นอาหารโดยตรงของแบคทีเรียพวกสร้างกรค ทำให้อัตราการผลิตกรคอินทรีย์ลดลง เนื่องจาก

ตารางที่ 5.12 ผลการทดลองประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ กรดอินทรีย์ การเกิดก๊าซชีวภาพ และประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทน ในระบบหมักแบบขั้นตอนเดียว

| Item | Hydraulic Retention Time (days) | | | |
|--|---------------------------------|-------|-------|-------|
| | 4 | 6 | 8 | 13 |
| COD Loading ;kg/m ³ .d | 5.48 | 3.48 | 2.67 | 1.64 |
| % COD Removal (based on total effluent COD) | 30.4 | 49.2 | 86.7 | 95.5 |
| % COD Removal (based an centrifuged effluent COD) | 40.9 | 58.9 | 94.1 | 98.4 |
| Effluent VFA ;mg/l as CH ₃ COOH | 7,429 | 5,149 | 876 | 426 |
| Gas Production Rate ;m ³ /m ³ .d | 0.423 | 0.750 | 1.279 | 0.798 |
| % CH ₄ | 33.8 | 37.5 | 42.9 | 46.8 |
| % CO ₂ | 53.7 | 50.0 | 42.6 | 37.2 |
| Methane Gas Production Rate ;m ³ /m ³ .d | 0.143 | 0.281 | 0.549 | 0.373 |
| Methane Yield ;m ³ /kg COD removed | 0.062 | 0.164 | 0.219 | 0.231 |

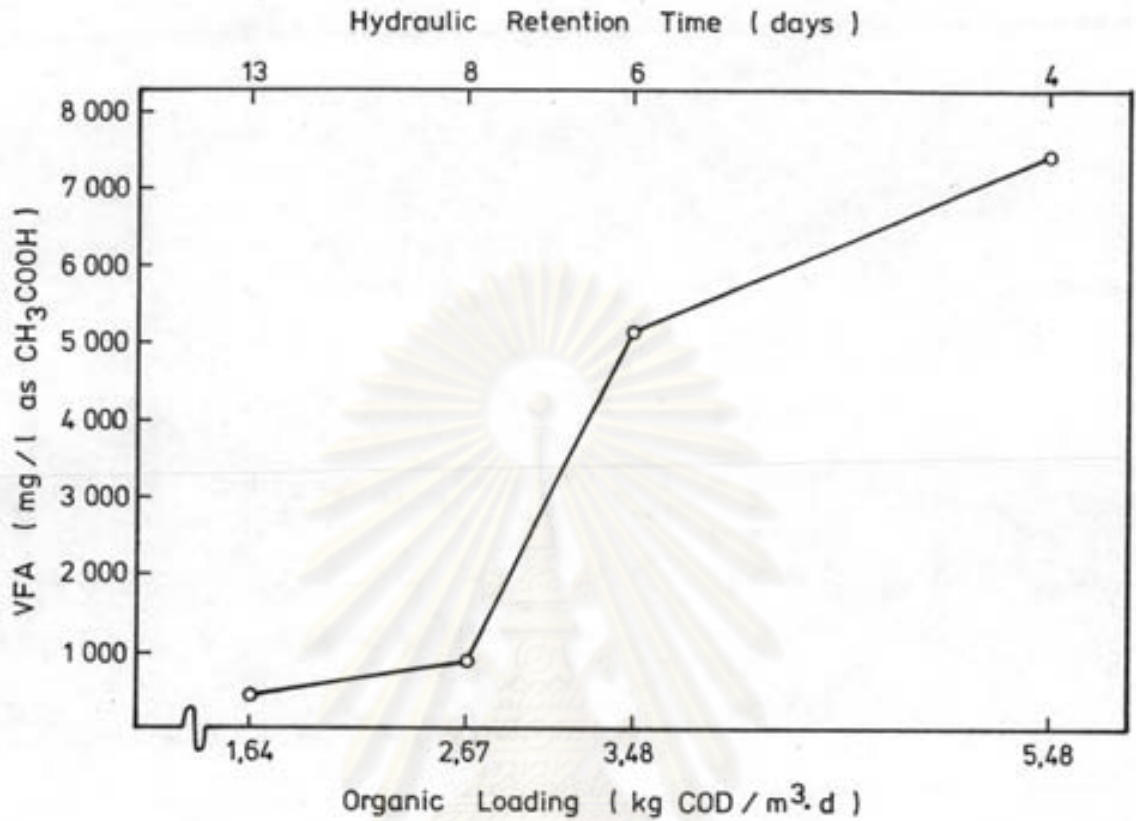


รูปที่ 5.16 ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ของชั้นคอนการหมักแบบชั้นคอนเดี่ยว
ที่เวลาในการกำจัดต่าง ๆ

ปริมาณสารอาหารของแบคทีเรียพวกสร้างกรดถูกจำกัด และโคโยที่กรดอินทรีย์ไม่มีการสะสมเพิ่มขึ้นเอง จึงทำให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมคือการทำงานของแบคทีเรียพวกสร้างมีเทน ทำให้ประสิทธิภาพในการใช้กรดอินทรีย์สูงขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์เปลี่ยนแปลงมากในช่วงเวลาในการกำจัด 6 ถึง 8 วัน หรือช่วงภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 2.67 ถึง 3.48 กก.ซีไอคิ/ม³- วัน และจากภาพที่ 5.16 ดังกล่าว เมื่อเพิ่มเวลาในการกำจัดเป็น 13 วัน หรือลดภาระบรรทุกสารอินทรีย์ลงเหลือ 1.64 กก.ซีไอคิ/ม³- วัน พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเท่านั้น กล่าวคือ มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอคิที่เกิดจากน้ำทิ้งรวมในน้ำทิ้งที่ออกจากถังตกตะกอน 95.5 % และประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอคิที่เกิดจากน้ำทิ้งส่วนที่ใสที่ผ่านเครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง 98.4% ซึ่งคาดว่าถ้าเพิ่มเวลาในการกำจัดสูงกว่า 13 วัน หรือลดภาระบรรทุกสารอินทรีย์น้อยกว่า 1.64 กก.ซีไอคิ/ม³- วัน ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์คงจะไม่สูงขึ้นกว่านี้ เพราะประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ ที่เวลาในการกำจัด 13 วัน หรือที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 1.64 กก.ซีไอคิ/ม³- วัน นั้นสูงมากอยู่แล้ว

5.3.5.2 กรดอินทรีย์

ปริมาณกรดอินทรีย์ในถังหมักในระบบหมักแบบขั้นตอนเดียวนี้ จะเป็นตัวบ่งชี้ว่าระบบมีเสถียรภาพในการทำงานหรือไม่ กล่าวคือ ถ้าปริมาณกรดอินทรีย์ในถังหมักมีมากเกินไป ระบบจะมีเสถียรภาพต่ำ ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานต่ำด้วย และระบบอาจล้มเหลวได้ ปริมาณกรดอินทรีย์ในถังหมักจากการทดลองนี้จะแสดงด้วยปริมาณกรดอินทรีย์ในน้ำทิ้งที่ออกจากถังตกตะกอน (effluent VFA) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เพราะปฏิกิริยาชีวเคมีในถังตกตะกอนจะเกิดขึ้นน้อยมาก ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 5.12 และในรูปของกราฟรูปที่ 5.17 ซึ่งพบว่าปริมาณกรดอินทรีย์ในระบบมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อลดเวลาในการกำจัดลงหรือเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์ขึ้น โดยที่ช่วงเวลาในการกำจัดตั้งแต่ 8 ถึง 13 วัน หรือช่วงภาระบรรทุกสารอินทรีย์ตั้งแต่ 1.64 ถึง 2.67 กก.ซีไอคิ/ม³- วัน ปริมาณกรดอินทรีย์มีค่ากล่าวคือ มีค่า 426 และ 876 มก./ล. CH₃COOH ตามลำดับ แต่เมื่อลดเวลาในการกำจัดลงเหลือ 6 วัน หรือเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์เป็น 3.48 กก.ซีไอคิ/ม³- วัน ปริมาณกรดอินทรีย์จะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมาก กล่าวคือ มีปริมาณกรดอินทรีย์เพิ่มขึ้นเป็น 5,149 มก./ล. CH₃COOH แสดงให้เห็นว่าการลดเวลาในการกำจัดลงในช่วงนี้หรือเท่ากับเป็นการเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์ขึ้นนั้น ทำให้ระบบเสถียรน้อยลง กล่าวคือ มี



รูปที่ 5.17 ปริมาณกรดอินทรีย์ในระบบหมักแบบชั้นคอนเทียว ที่เวลาในการก่าจักต่าง ๆ

อัตราการใช้กรดอินทรีย์โดยแบคทีเรียพวกสร้างมีเทนน้อยกว่าอัตราการผลิตกรดอินทรีย์ โดยแบคทีเรียพวกสร้างกรด ทำให้เกิดการสะสมกรดอินทรีย์ในระบบ และมีผลทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของแบคทีเรียพวกสร้างมีเทนลดลงด้วย ทั้งนี้ช่วงเวลาในการก่าจักตั้งแต่ 6 ถึง 8 วัน หรือช่วงภาระบรทุกสารอินทรีย์ 2.67 ถึง 3.48 กก.ซีไอที/ม³- วัน จึงเป็นช่วงวิกฤตสำหรับระบบหมักแบบชั้นคอนเทียวนี้ และเมื่อลดเวลาในการก่าจักคือไปอีกเป็น 4 วัน หรือคิดเป็นภาระบรทุกสารอินทรีย์ 5.48 กก.ซีไอที/ม³- วัน ปริมาณกรดอินทรีย์ในระบบจะสะสมเพิ่มขึ้นเป็น 7,429 มก./ล. CH₃COOH

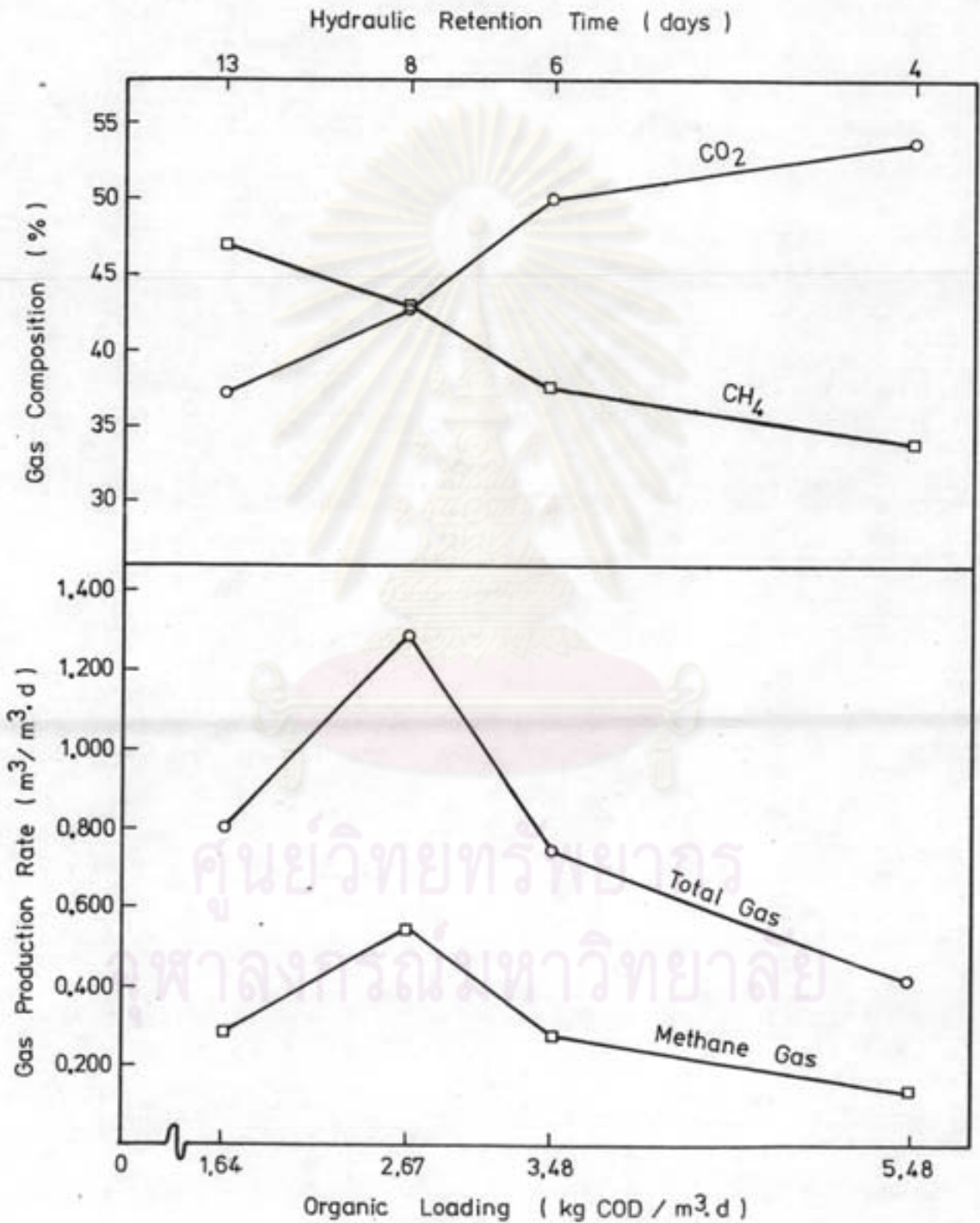
ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากปริมาณกรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในระบบ จะเห็นว่าระบบหมักแบบชั้นคอนเทียวต้องใช้เวลาในการก่าจักมากกว่า 8 วัน ขึ้นไป หรือคิดเป็นภาระบรทุกสารอินทรีย์ไม่เกิน 2.67 กก.ซีไอที/ม³- วัน

5.3.5.3 การเกิดก๊าซชีวภาพ

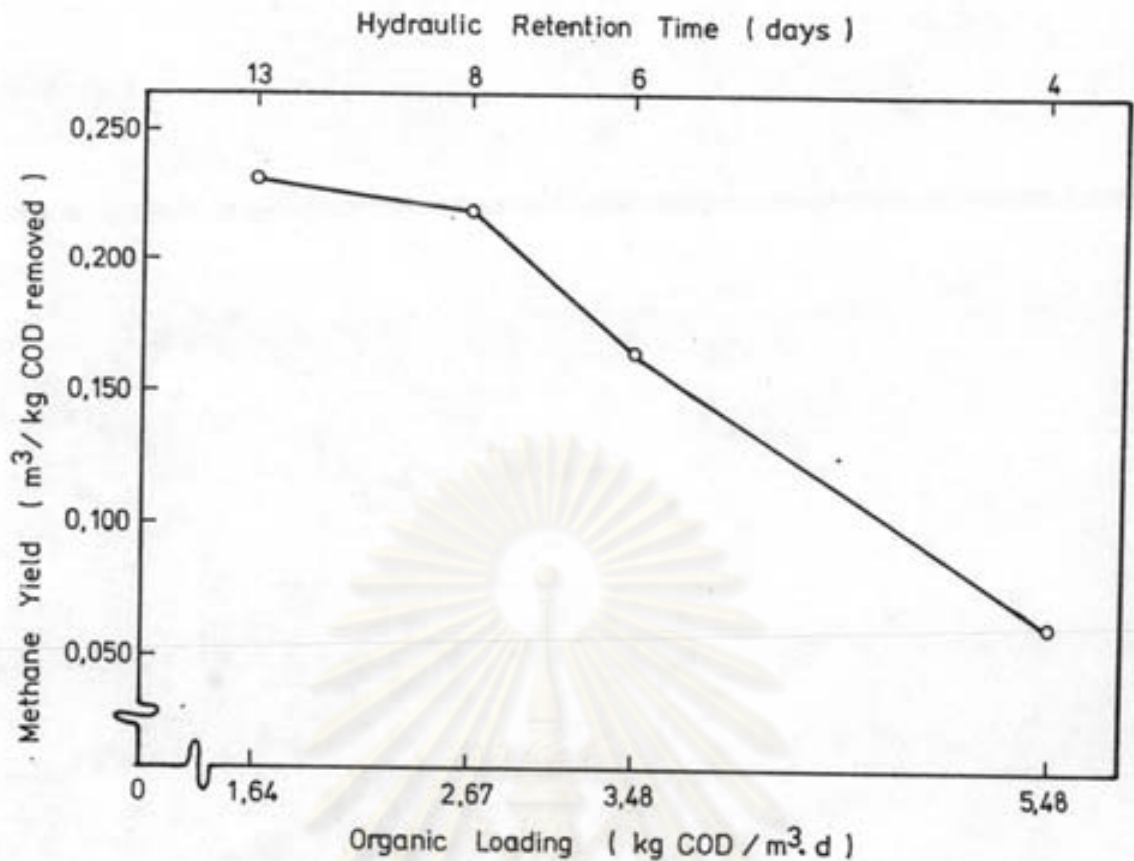
ผลการทดลองการเกิดก๊าซชีวภาพในระบบหมักแบบชั้นคอนเคียวที่เวลาในการก่าจัก หรือที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 5.12 และในรูปของกราฟรูปที่ 5.18 ซึ่งพบว่าที่เวลาในการก่าจัก 8 วัน ซึ่งตรงกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 2.67 กก.ซีไอคิ/ม³- วัน ระบบมีอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพและก๊าซมีเทนสูงสุด กล่าวคือ มีค่า 1.279 และ 0.549 ม³/ม³- วัน แต่เมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบของก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่าที่เวลาในการก่าจัก 13 วันตรงกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 1.64 กก.ซีไอคิ/ม³- วัน ระบบมีองค์ประกอบของก๊าซมีเทนสูงสุดและมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำสุด กล่าวคือ มีก๊าซมีเทน 46.8% และคาร์บอนไดออกไซด์ 37.2 % และเมื่อลดเวลาในการก่าจักลงหรือเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์ขึ้น ระบบจะมีองค์ประกอบก๊าซมีเทนลดลง ขณะเดียวกันก็จะมีองค์ประกอบของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น กล่าวคือ ที่เวลาในการก่าจัก 8, 6 และ 4 วัน ซึ่งตรงกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 2.67, 3.48 และ 5.48 กก.ซีไอคิ/ม³- วัน ระบบมีองค์ประกอบของก๊าซมีเทน 42.9, 37.5 และ 33.8% และองค์ประกอบของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 42.6, 50.0 และ 53.7% ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากที่เวลาในการก่าจักค่า ๆ ปฏิกริยาชีวเคมีในชั้นคอน Methanogenesis ยังเกิดขึ้นน้อย ส่วนใหญ่ปฏิกริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้นยังเป็นชั้นคอน Hydrolysis และ Acidogenesis ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ค่อนข้างสมบูรณ์ที่เวลาในการก่าจักค่า ๆ ซึ่งปฏิกริยาในชั้นคอน Hydrolysis และ Acidogenesis นี้ จะให้ก๊าซชีวภาพซึ่งส่วนใหญ่เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไฮโดรเจน จึงเป็นผลทำให้ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นที่เวลาในการก่าจักค่า ๆ มีองค์ประกอบของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น และมีค่ามากกว่าองค์ประกอบของก๊าซมีเทน ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนที่เวลาในการก่าจัก 4 และ 6 วัน ซึ่งตรงกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5.48 และ 3.48 กก.ซีไอคิ/ม³- วัน ตามลำดับ

5.3.5.4 ประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทน

ประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทน สำหรับระบบหมักแบบชั้นคอนเคียว ในแต่ละการทดลอง แสดงไว้ในตารางที่ 5.12 และในรูปของกราฟรูปที่ 5.19 จากตารางและภาพดังกล่าว พบว่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทนมีค่าลดลง เมื่อลดเวลาในการก่าจักลงหรือเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์ขึ้น โดยที่เวลาในการก่าจักตั้งแต่ 8 ถึง 13 วัน หรือที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ตั้งแต่ 1.64 ถึง 2.67 กก.ซีไอคิ/ม³- วัน ประสิทธิภาพ



รูปที่ 5.18 การผลิตก๊าซชีวภาพ องค์ประกอบของก๊าซมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ ในระบบหมักแบบร่นคอนเคียว ที่เวลาในการก่าจัดต่าง ๆ



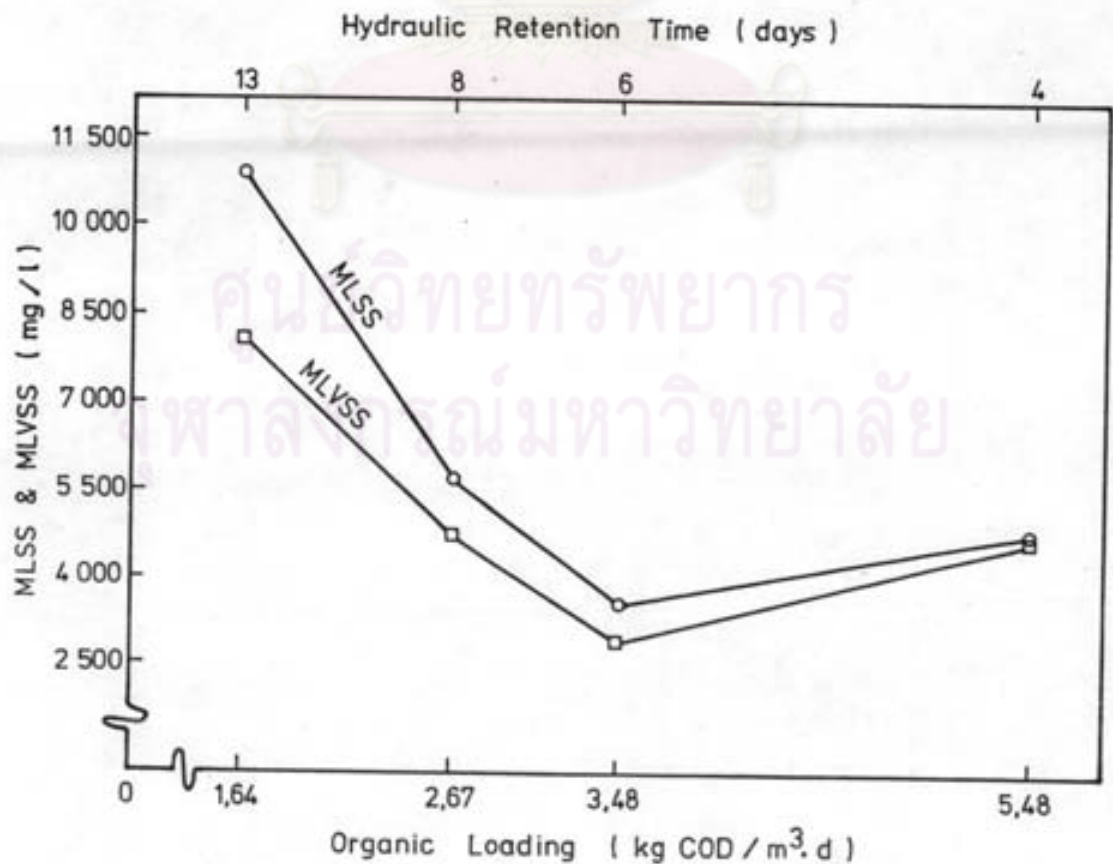
รูปที่ 5.19 ประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทนในระบบหมักแบบขึ้นคอนเตียวที่เวลาในการก่าจักต่าง ๆ

การเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทนมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย และจะมีค่าสูงสุดที่เวลาในการก่าจัก 13 วัน กล่าวคือ มีค่า 0.231 m³/กก.ซีไอทีที่ถูกทำลายไป ดังนั้นเวลาในการก่าจักและภาระบรทุกสารอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับระบบหมักแบบขึ้นคอนเตียว เมื่อพิจารณาจากประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทนสูงสุด จึงควรมีเวลาในการก่าจักมากกว่า 8 วัน หรือมีภาระบรทุกสารอินทรีย์น้อยกว่า 2.67 กก.ซีไอที/m³- วัน

5.3.5.5 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในระบบ

อายุตะกอนในระบบจะมีค่าแปรผันตามปริมาณของแข็งแขวนลอยในระบบกับปริมาณของแข็งแขวนลอยที่ออกจากระบบ ปริมาณของแข็งแขวนลอยที่ออกจากระบบมี 2 ประเภท คือ ก) ปริมาณของแข็งแขวนลอยที่ออกไปตามธรรมชาติพร้อมกับน้ำทิ้งที่ดังคกตะกอน นับเป็นแบบไม่จงใจ และ ข) ปริมาณของแข็งแขวนลอยที่ปล่อยออกจากกันดังคกตะกอน อันนับเป็นแบบจงใจ ในการทดลองนี้ปริมาณของแข็งแขวนลอยที่ออกจากระบบเป็นประเภทที่ออกไปพร้อมกับน้ำทิ้งที่ดังคกตะกอนตามธรรมชาติเพียงอย่างเดียว ส่วนตะกอนที่จมอยู่ก้นถังจะถูกสูบเข้าสู่ถังหมักตลอดเวลา โดยใช้อัตราการสูบตะกอนกลับ 100% ดังนั้น อายุตะกอนในระบบจึงถูกควบคุมโดยตัวของระบบเองตามสถานะที่เป็นจริงตามธรรมชาติ

ผลการทดลองปริมาณของแข็งแขวนลอยในรูป MLSS และ MLVSS ในระบบหมักแบบชั้นคอนเคียว ที่เวลาในการก่าจักต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 5.11 และในรูปของกราฟรูปที่ 5.20 ค่า MLSS และ MLVSS เหล่านี้เกิดขึ้นในสถานะที่เป็นจริงตามธรรมชาติเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่แล้ว จากรูปดังกล่าวจะเห็นว่าระบบมีการสะสม MLSS และ MLVSS สูงสุดเท่ากับ 10,862 มก./ล. และ 8,062 มก./ล. ตามลำดับ ที่เวลาในการก่าจัก 13 วัน ตรงกับภาระบรทุกสารอินทรีย์ 1.64 กก.ซีไอที/ม³-วัน คิดเป็นอายุตะกอนในระบบ 280 วัน (อายุตะกอนในระบบ = $MLSS \times \text{ความจุของถังหมัก} / SS \times \text{อัตราไหลของน้ำทิ้ง}$; ตัวอย่างเช่น อายุตะกอนในระบบที่เวลาในการก่าจัก 13 วัน = $10862 \text{ มก./ล.} \times 25.56 \text{ ล./505 มก./ล.} \times 1.97 \text{ ล./วัน} = 280 \text{ วัน}$) จากค่าอายุตะกอนที่สูงมากนี้ แสดงให้เห็นว่าระบบมีเสถียรภาพในการทำงานที่สูงมาก ส่วนที่เวลาในการก่าจัก 8 วัน ซึ่งตรงกับภาระบรทุกสารอินทรีย์ 2.67 กก.ซีไอที/ม³-วัน อายุตะกอนในระบบมีค่าลดลงเหลือ 60 วัน โดยมีการสะสม MLSS และ MLVSS ในระบบลดลงเป็น 5,690 มก./ล. และ 4,695 มก./ล.ตามลำดับ ซึ่งให้เห็นว่าประสิทธิภาพการทำงานของระบบเริ่มมีความไม่เหมาะสมสำหรับระบบหมักแบบชั้นคอนเคียว และเมื่อลดเวลาในการก่าจักเป็น 6 วัน ซึ่งตรงกับภาระบรทุกสารอินทรีย์ 3.48 กก.ซีไอที/ม³-วัน MLSS



รูปที่ 5.20 ของแข็งแขวนลอยในระบบหมักแบบชั้นคอนเคียว ที่เวลาในการก่าจักต่าง ๆ

และ MLVSS ที่สะสมในระบบจะมีค่าต่ำสุด กล่าวคือ มีค่าเพียง 3,528 มก./ล. และ 2,850 มก./ล. ความล่าช้า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าที่เวลาในการกำจัด 6 วันนี้ ระบบไม่มีความเหมาะสมต่อการทำงาน ทั้งนี้เป็นเพราะระบบอยู่ในสภาวะของการเปลี่ยนแปลงจากสภาวะการหมักแบบขึ้นคอนเทียว ที่มีปฏิกิริยา Methanogenesis อันเป็นขั้นตอนการทำงานของแบคทีเรียพวกสร้างมีเทนไปสู่สภาวะการหมักกรคอินทรีย์ สำหรับที่เวลาในการกำจัด 4 วัน ซึ่งตรงกับภาระบรรทุกลสารอินทรีย์ 5.48 กก.ซีไอคิ/ม³-วัน MLSS และ MLVSS กลับมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 4,740 มก./ล. และ 4,580 มก./ล. ความล่าช้า ทั้งนี้เป็นเพราะระบบเริ่มเข้าสู่สภาวะการหมักกรคอินทรีย์ ซึ่งมีปริมาณอาหารเพียงพอสำหรับแบคทีเรียพวกสร้างกรด ทั้งนี้สังเกตจากปริมาณกรคอินทรีย์ในระบบมีค่าสูงถึง 7,429 มก./ล. CH₃COOH และจากรูปที่ 5.6 เมื่อลดเวลาในการกำจัดลงไปอีกเป็น 2, 1, 0.8 และ 0.6 วัน MLSS และ MLVSS ในระบบจะมีค่าเพิ่มขึ้นอีกและใกล้เคียงกันตามที่ไถ่กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 5.3.1.6 ทั้งนี้เพราะที่เวลาในการกำจัดดังกล่าวอยู่ในสภาวะที่เหมาะสมของการหมักกรคอินทรีย์

5.3.5.6 สภาวะที่เหมาะสมสำหรับระบบหมักแบบขึ้นคอนเทียว

สภาวะการทำงานที่เหมาะสมของระบบหมักแบบขึ้นคอนเทียว จะพิจารณาจากประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ กรคอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในระบบ การเกิดก๊าซชีวภาพ และประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทน ตลอดจนปริมาณของแข็งแขวนลอยในระบบ ซึ่งไถ่กล่าวมาแล้วในข้อ 5.3.5.1 ถึง 5.3.5.5 เมื่อไถ่พิจารณาแต่ละหัวข้อดังกล่าวแล้ว เห็นว่าเวลาในการกำจัดที่เหมาะสมควรเป็น 13 วัน หรือคิดเป็นภาระบรรทุกลสารอินทรีย์ 1.64 กก.ซีไอคิ/ม³-วัน ทั้งนี้เพื่อให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ ตลอดจนองค์ประกอบของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ และประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทนมีค่าสูงสุด อีกทั้งปริมาณกรคอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในระบบก็มีค่าต่ำสุด และยังมีปริมาณสารแขวนลอยในระบบสูงสุดอีกด้วย

ข้อสำคัญประการหนึ่งในการเลือกสภาวะที่เหมาะสมที่เวลาในการกำจัด 13 วัน หรือที่ภาระบรรทุกลสารอินทรีย์ 1.64 กก.ซีไอคิ/ม³-วัน ก็คือ ระบบจะยังคงรักษาเสถียรภาพในการทำงานอยู่ได้ ในกรณีที่มีการเพิ่มภาระบรรทุกลสารอินทรีย์ของน้ำเสียเข้าสู่ระบบจำนวนไม่มาก เพราะจากการทดลองที่ภาระบรรทุกลสารอินทรีย์ 2.67 กก.ซีไอคิ/ม³-วัน หรือที่เวลาในการกำจัด 8 วัน ระบบยังคงสามารถทำงานได้ แต่ประสิทธิภาพการทำงานอาจลดลงบ้าง

5.3.5.7 การเปลี่ยนแปลงสารอาหารเสริม

การเปลี่ยนแปลงสารอาหารเสริมในระบบหมักแบบขั้นคอนเตียว มีการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารเสริม ซึ่งได้แก่ สารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส พร้อมกับการย่อยสลายสารอินทรีย์ไปเป็นก๊าซชีวภาพ การเปลี่ยนแปลงสารอาหารเสริมนี้นี้ขึ้นกับสภาวะการทำงานของระบบที่แสดงในตารางที่ 5.13 น้ำทิ้งแบ่งมันสำปะหลังที่ป้อนเข้าสู่ถังหมักได้มีการเติมสารอาหารเสริมให้เพียงพอ ดังเห็นได้จากอัตราส่วน COD:N:P ประมาณ 100:4.9-5.2:0.3-1.0 เมื่อผ่านระบบหมักแล้ว ปริมาณสารอาหารเสริมถูกกูดกลืนในปริมาณเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลาย ดังเห็นได้จากอัตราส่วน COD:N:P ที่ออกจากระบบโดยสัดส่วนธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่อซีโอซีจะสูงขึ้นเมื่อเวลาในการก่าจึกสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากที่เวลาในการก่าจึกยาวนานขึ้น สารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายได้มากขึ้นนั่นเอง ส่วนอัตราส่วนการทำลาย (removal ratio) ของ COD:N:P ก่อนข้างคังที่ไม่แปรเปลี่ยนตามเวลาในการก่าจึก ในระบบหมักแบบขั้นคอนเตียวนั้น ปริมาณไนโตรเจนถูกกูดกลืนสูงขึ้นเมื่อเพิ่มเวลาในการก่าจึกจาก 4 วัน เป็น 6 วัน แต่ถ้าเวลาในการก่าจึกสูงกว่า 6 วัน คือ 8 และ 13 วัน พบว่าปริมาณการกูดกลืนสารไนโตรเจนคังที่มีคังสูงเพิ่มขึ้น ส่วนสารไนโตรเจนในรูปออร์แกนิกไนโตรเจน พบว่าถูกย่อยสลายเป็นแอมโมเนียไนโตรเจนในอัตราสูงมาก คือ 83.6 % ที่เวลาในการก่าจึก 4 วัน เมื่อเพิ่มเวลาในการก่าจึกเป็น 6 วัน การย่อยสลายสารออร์แกนิกไนโตรเจนได้เพิ่มสูงขึ้นอีกเล็กน้อยเป็น 92.1 % แต่เมื่อเพิ่มเวลาในการก่าจึกเป็น 8 และ 13 วัน การย่อยสลายสารออร์แกนิกไนโตรเจนจะไม่เพิ่มขึ้น แต่คังข้างคังที่ส่วนธาตุฟอสฟอรัส เพอร์เซนต์การกูดกลืน (phosphorus uptake) ได้ลดลงเมื่อเวลาในการก่าจึกยาวนานขึ้น ซึ่งได้โดยตรงกันข้ามกับธาตุไนโตรเจน เนื่องจากปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบหมักในแต่ละการทดลองไม่คังที่ (ดูจากตารางที่ 5.13) แต่เมื่อพิจารณาปริมาณฟอสฟอรัสที่ถูกนำไปใช้ที่เวลาในการก่าจึกค่าง ๆ ไม่แปรเปลี่ยนมากนัก

5.3.5.8 เสถียรภาพการทำงาน

เสถียรภาพการทำงานของระบบ สามารถพิจารณาจากค่าครมค่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณการคอินทรีย์ในระบบ พีเอช องค์ประกอบของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ และปริมาณของแข็งแขวนลอยในระบบ เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการทำงานของระบบที่เวลาในการก่าจึก

ตารางที่ 5.13 การเปลี่ยนแปลงสารอาหารเสริมในระบบหมักแบบขั้นตอนเดียว ที่เวลาในการกักคั่งต่าง ๆ

| Item | Hydraulic Retention Time (days) | | | |
|---|---------------------------------|-------------|------------|-------------|
| | 4 | 6 | 8 | 13 |
| Influent TKN ; mg/l | 1,070 | 1,071 | 1,119 | 1,120 |
| NH ₄ ⁺ - N ; mg/l | 107 | 103 | 161 | 161 |
| Org - N ; mg/l | 963 | 968 | 958 | 958 |
| Effluent TKN ; mg/l | 1,016 | 903 | 936 | 945 |
| NH ₄ ⁺ - N ; mg/l | 858 | 828 | 820 | 832 |
| Org - N ; mg/l | 158 | 76 | 114 | 113 |
| Influent PO ₄ ³⁻ - P ; mg/l | 67 | 61 | 203 | 203 |
| Effluent PO ₄ ³⁻ - P ; mg/l | 54 | 52 | 182 | 190 |
| COD:N:P in Influent | 100:4.9:0.3 | 100:5.1:0.3 | 100:5.2:1 | 100:5.2:1 |
| COD:N:P in Effluent | 100:6.7:0.4 | 100:8.5:0.5 | 100:33:6.4 | 100:99:20 |
| Removal ratio of COD:N:P | 100:0.8:0.2 | 100:1.6:0.1 | 100:1:0.1 | 100:0.9:0.1 |
| % N uptake | 5.6 | 15.7 | 16.4 | 15.6 |
| % Org - N converted to NH ₄ ⁺ - N | 83.6 | 92.2 | 88.1 | 88.2 |
| % P uptake | 19.4 | 14.8 | 10.3 | 6.4 |

หรือภาวะบรรทุกลสารอินทรีย์ต่าง ๆ จะเห็นว่าปริมาณกรทอินทรีย์ในระบบมีค่าสูงขึ้นเมื่อลดเวลาในการก่าจ้กลงหรือเพิ่มภาวะบรรทุกลสารอินทรีย์ขึ้น ความที่ไ้กล่าวไปแล้ในข้อ 5.3.5.2 ซึ่งไ้กล่าวว่าระบบหมักแบบชั้นคอนเคียนนี้ ควรควบคุมระบบให้ม่เวลาในการก่าจ้มากกว่า 8 วันขึ้นไป หรือให้ภาวะบรรทุกลสารอินทรีย์ม่เกิน 2.67 กก.ซีไอที/ม³- วัน เพื่อมิให้ปริมาณกรทอินทรีย์ในระบบสูงมากเกินไป ซึ่งจะก่ออันตรายค้แบกที่เรียพวกสร้างมีเทน ส่วนค่าพีเอชในถังหมักไ้สูงขึ้นเล็กน้อย เมื่อเพิ่มเวลาในการก่าจ้ยาวนานขึ้นถึงค่าพีเอชสูงสุดเป็น 7.30 ที่เวลาในการก่าจ้ 13 วัน (ความที่แสดงไว้ในตารางที่ 5.11) และเมื่อพิจารณาจากองค์ประกอบของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น ความที่ไ้กล่าวไปแล้ในข้อ 5.3.5.3 ซึ่งไ้กล่าวว่า องค์ประกอบของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นมีค่าสูงขึ้น เมื่อเพิ่มเวลาในการก่าจ้ขึ้น หรือลดภาวะบรรทุกลสารอินทรีย์ลง และจะมีค่าสูงที่เวลาในการก่าจ้ 13 วัน หรือคิดเป็นภาวะบรรทุกลสารอินทรีย์ 1.64 กก.ซีไอที/ม³- วัน กล่าวคือ มีองค์ประกอบของก๊าซมีเทนเป็น 46.8 % ส่วนปริมาตรของแก๊สแชนลอนในระบบความที่กล่าวไปแล้ในข้อ 5.3.5.5 จะมีค่าสูงที่สุดที่เวลาในการก่าจ้ 13 วัน หรือที่ภาวะบรรทุกลสารอินทรีย์ 1.64 กก.ซีไอที/ม³- วัน ค้มี MLSS 10,862 มก./ล. และ MLVSS 8,062 มก./ล. เมื่อลดเวลาในการก่าจ้ลงเหลือ 8 วัน หรือคิดเป็นภาวะบรรทุกลสารอินทรีย์ 2.67 กก.ซีไอที/ม³- วัน ระบบจะมีปริมาตรของแก๊สแชนลอนลดลงเหลือ 5,690 และ 4,695 มก./ล. ในรูป MLSS และ MLVSS ความล้าค้บ และจะมีค่าลดลงเหลือค่าสูงที่เวลาในการก่าจ้ 6 วัน หรือคิดเป็นภาวะบรรทุกลสารอินทรีย์เป็น 3.48 กก.ซีไอที/ม³- วัน กล่าวคือ มีค่า 3,528 และ 2,850 มก./ล. ในรูป MLSS และ MLVSS ความล้าค้บ

ดังนั้นจากที่พิจารณาทั้งหมดดังกล่าว จึงสรุปไ้ได้ว่าเสถียรภาพของระบบจะค้ดีที่สุดที่เวลาในการก่าจ้ 13 วัน หรือคิดเป็นภาวะบรรทุกลสารอินทรีย์ 1.64 กก.ซีไอที/ม³- วัน และเสถียรภาพของระบบจะไม่ค้ดีถ้าควบคุมระบบที่เวลาในการก่าจ้้น้อยกว่า 8 วัน หรือที่ภาวะบรรทุกลสารอินทรีย์มากกว่า 2.67 กก.ซีไอที/ม³- วัน

5.4 เปรียบเทียบระบบหมักแบบสองชั้นคอนกับระบบหมักแบบชั้นคอนเดียว

ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระบบหมักแบบสองชั้นคอนกับระบบหมักแบบชั้นคอนเดียวนี้ จะใช้สภาวะที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพการทำงานสูงสุดของแต่ละระบบที่ไค้พิจารณาแล้ว นำมาเปรียบเทียบกัน กล่าวคือ ระบบหมักแบบชั้นคอนเดียวจะใช้เวลาในการกำจัด 13 วัน ซึ่งตรงกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 1.64 กก.ซีไอคิ/ม³-วัน ส่วนระบบหมักแบบสองชั้นคอนจะใช้เวลาในการกำจัดในชั้นคอนของการหมักกรดอินทรีย์ 1 วัน และในชั้นคอนของการหมักมีเทน 5 วัน คิดเป็นเวลาในการกำจัดรวมทั้งระบบ 6 วัน ซึ่งตรงกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 3.63 กก.ซีไอคิ/ม³-วัน รายละเอียดผลการทดลองและประสิทธิภาพการทำงานระบบหมักแบบสองชั้นคอน ที่เวลาในการกำจัด 6 วัน แสดงไว้ในตารางที่ 5.14 โดยแสดงผลการทดลองและประสิทธิภาพการทำงานของแต่ละระบบเปรียบเทียบกันในตารางที่ 5.15 ซึ่งจากตารางที่ 5.15 พบว่า ระบบหมักแบบสองชั้นคอนดีกว่าระบบหมักแบบชั้นคอนเดียวคือ

- 1) สามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ได้สูงกว่า
- 2) มีขนาดของถังหมักเล็กกว่า 1 เท่าตัว
- 3) อัตราการเกิดก๊าซมีเทนในขนาดถังหมักที่เท่ากันสูงกว่า
- 4) เปอร์เซนต์มีเทนเฉลี่ยในก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นสูงกว่า กล่าวคือ มีค่า

52.9% โดยเฉพาะก๊าซชีวภาพที่เกิดจากถังหมักในชั้นคอนของการหมักมีเทน สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้ได้โดยตรง เนื่องจากมีเปอร์เซนต์มีเทนสูงถึง 61.7% (ดูตารางที่ 5.14) ขณะที่ระบบหมักแบบชั้นคอนเดียวมีเปอร์เซนต์มีเทนในก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในถังหมักเพียง 46.8% เท่านั้น

5) สามารถรับ Shock Load ได้ดีกว่า ทั้งนี้เพราะระบบหมักกรดอินทรีย์สามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นได้ โดยที่เฮชในระบบที่ลคค่าลง เนื่องจากการสะสมของปริมาณกรดอินทรีย์ จะไม่มีผลต่อการทำงานของระบบ เพราะแบคทีเรียส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียพวกสร้างกรด ซึ่งสามารถทนทานต่อสภาพที่เฮชค่าได้ และจากผลการทดลองตามที่ไค้กล่าวไปแล้วในข้อ 5.1.3.8 ก็พบว่าที่เฮชในช่วงเป็นกลาง และที่เฮชที่ลคค่าลงในถังหมัก ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงาน of ระบบแต่อย่างใด ขณะเดียวกัน ในระบบหมักมีเทนก็สามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่ผ่านชั้นคอนการหมักกรดอินทรีย์มาแล้วได้

ตารางที่ 5.14 ผลการทดลองและประสิทธิภาพการทำงาน ระบบหมักแบบ
สองขั้นตอน ที่เวลาในการกำจัด 6 วัน

| Item | Acid Stage | Methane Stage | System |
|---|------------|---------------|--------|
| Total Influent COD ; mg/l | 21,760 | 15,321 | 21,760 |
| Total Effluent COD ; mg/l | 15,321 | 1,712 | 1,712 |
| Centrifuged effluent COD;mg/l | 13,291 | 636 | 636 |
| Influent VFA ;mg/l as CH ₃ COOH | 1,152 | 5,790 | 1,152 |
| Effluent VFA ;mg/l as CH ₃ COOH | 5,790 | 480 | 480 |
| Influent SS ; mg/l | 6,490 | 1,464 | 6,490 |
| Effluent SS ; mg/l | 1,464 | 662 | 662 |
| Influent VSS ; mg/l | 6,462 | 1,458 | 6,462 |
| Effluent VSS ; mg/l | 1,458 | 582 | 582 |
| Influent pH | 2.92 | 5.97 | 2.92 |
| Effluent pH | 5.97 | 7.50 | 7.50 |
| Fermenter pH | 6.00 | 7.58 | - |
| MLSS ; mg/l | 6,350 | 8,200 | 7,892* |
| MLVSS ; mg/l | 6,350 | 6,420 | 6,408* |
| Total Gas Production Rate ;m ³ /m ³ .d | 1.471 | 1.295 | 1.325* |
| CH ₄ Composition ; % | 13.5 | 61.7 | 52.9* |
| CO ₂ Composition ; % | 74.3 | 24.8 | 34.0* |
| Methane Gas Production Rate;m ³ /m ³ .d | 0.199 | 0.799 | 0.699* |
| COD Loading ; kg/m ³ .d | 21.76 | 3.06 | 3.63 |
| % COD Removal (based on total effluent COD) | 29.6 | 88.8 | 92.1 |
| % COD Removal (based on centrifuged effluent COD) | 38.9 | 95.8 | 97.1 |
| Methane Yield;m ³ /kg COD removed | 0.023 | 0.272 | 0.199 |

* Assuming that from both digesters are mixed

ตารางที่ 5.15 เปรียบเทียบประสิทธิภาพระบบหมักแบบสองขั้นตอน
กับระบบหมักแบบขั้นตอนเดียว

| Item | Single-Stage | Two-Stage |
|---|--------------|-----------|
| Total Influent COD ; mg/l | 21,339 | 21,760 |
| Total Effluent COD ; mg/l | 955 | 1,712 |
| Centrifuged Effluent COD;mg/l | 345 | 636 |
| Influent VFA ;mg/l as CH ₃ COOH | 1,146 | 1,152 |
| Effluent VFA ;mg/l as CH ₃ COOH | 426 | 480 |
| Influent SS ;mg/l | 5,247 | 6,490 |
| Effluent SS ;mg/l | 505 | 662 |
| Influent VSS ;mg/l | 5,187 | 6,462 |
| Effluent VSS ;mg/l | 497 | 582 |
| Influent pH | 3.10 | 2.92 |
| Effluent pH | 7.31 | 7.50 |
| Fermenter pH | 7.30 | - |
| NISS ;mg/l | 10,862 | 7,892* |
| MLVSS ;mg/l | 8,062 | 6,408* |
| Total Gas Production Rate;m ³ /m ³ .d | 0.798 | 1.325* |
| CH ₄ Composition ; % | 46.8 | 52.9* |
| CO ₂ Composition ; % | 37.2 | 34.0 |
| Methane Gas Production Rate;m ³ /m ³ .d | 0.373 | 0.699* |
| COD Loading ; kg/m ³ .d | 1.64 | 3.63 |
| % COD Removal (based on total effluent COD) | 95.5 | 92.1 |
| % COD Removal (based on centrifuged effluent COD) | 98.4 | 97.1 |
| Methane Yield ; m ³ /kg COD removed | 0.231 | 0.199 |

* Assuming that from both digesters are mixed

เพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยที่ระบบยังคงเสถียรภาพการทำงานอยู่ได้ ทั้งนี้เพราะในถังหมักมีเทนแบคทีเรียส่วนใหญ่จะเป็นพวกแบคทีเรียสร้างมีเทน และอยู่ในสภาวะที่เหมาะสมจึงมีอัตราการใช้กรดอินทรีย์ได้ดีกว่า ซึ่งจากการทดลอง พบว่าเมื่อลดเวลาในการกำจัดลงเป็น 3.5 วัน หรือเป็นการเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์ให้กับระบบเป็น 4.38 กก.ซีไอที/ม³-วัน ระบบยังคงมีเสถียรภาพในการทำงานอยู่ได้ โดยจะเห็นว่าปริมาณกรดอินทรีย์ในระบบยังมีค่าต่ำ และค่าพีเอชในถังหมักมีค่าต่ำกว่าค่าเป็นกลาง กล่าวคือ ระบบมีพีเอชเป็น 7.48 และคาดว่าระบบยังคงสามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ได้มากกว่า 4.38 กก.ซีไอที/ม³-วัน หรือลดเวลาในการกำจัดต่ำกว่า 3.5 วันได้ แต่สำหรับระบบหมักแบบชั้นคอนเคียว การเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์ จะทำให้เกิดการสะสมปริมาณกรดอินทรีย์ในระบบ เป็นผลทำให้พีเอชต่ำกว่าค่าเป็นกลาง ซึ่งเป็นอันตรายต่อแบคทีเรียพวกสร้างมีเทน และเป็นผลทำให้ระบบทำงานล้มเหลวได้ในที่สุด

ข้อเสียของ ระบบหมักแบบสองชั้นคอนเคียว

- 1) ระบบจะมีความยุ่งยากมากขึ้น เนื่องจากต้องแยกเป็น 2 ระบบย่อย อุปกรณ์ที่ใช้กับระบบจึงเพิ่มขึ้นตาม ทำให้ต้องเพิ่มภาระในการดูแลมากขึ้น
- 2) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทนต่ำกว่า
- 3) ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ต่ำกว่าระบบหมักแบบชั้นคอนเคียว

เจ็คนอย

เมื่อพิจารณาถึงข้อดีและข้อเสียของ ระบบหมักแบบสองชั้นคอนเคียว เปรียบเทียบกับระบบหมักแบบชั้นคอนเคียว สรุปได้ว่าระบบหมักแบบสองชั้นคอนเคียวจะดีกว่า เนื่องจากระบบมีขนาดเล็กกว่าครึ่งหนึ่ง ราคาค่าก่อสร้างจึงต่ำกว่า และยังมีเสถียรภาพในการทำงานที่ดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับระบบหมักแบบชั้นคอนเคียว ดังนั้นจึงควรนำเอาความรู้ที่ได้จากการทดลองนี้ไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง

5.5 แนวทางประยุกต์ใช้หลักการหมักแบบสองชั้นคอน

จากผลการทดลองโครงการวิจัยนี้ ประกอบกับเอกสารอ้างอิงต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว จึงสรุปได้ว่าระบบหมักแบบสองชั้นคอนเคียวมีความเหมาะสมสำหรับการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง หลักการหมักแบบสองชั้นคอนเคียวนี้ ยังอาจนำไปประยุกต์ใช้กับน้ำเสียประเภทอื่นที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูง ๆ และยังสามารถประยุกต์ใช้กับระบบหมักแบบต่าง ๆ นอกเหนือจากระบบ Anaerobic Contact เช่น Anaerobic Filter ,

Upflow Anaerobic Sludge Blanket และ Anaerobic Fluidized Bed เป็นต้น ในการประยุกต์ใช้นี้อาจนำขบวนการออกแบบระบบหมักแบบชั้นคอนติเยวมาใช้ โดยลดขนาดถังหมักเหลือเพียงครึ่งหนึ่งจากเดิม แล้วแบ่งเป็นถังหมักสองถัง ถังแรกเป็นถังหมักกรกอินทรีย์ให้มีขนาด $1/5 - 1/6$ ของถังหมักที่สองซึ่งเป็นถังหมักมีเทน

ส่วนการประยุกต์ใช้กับระบบหมักเคมิกซึ่งเป็นระบบหมักแบบชั้นคอนติเยวที่ใช้งานอยู่นั้น อาจปรับปรุงได้ดังนี้

1) ในกรณีที่มีถังหมักอยู่หลายถัง เช่น 3 ถัง ซึ่งปัจจุบันรับน้ำเสียเข้าสู่ถังหมักเท่า ๆ กัน ก็ให้ตัดแปลงท่อทางต่าง ๆ เพื่อให้ น้ำเสียไหลเข้าถังหมักถังแรกทั้งหมด น้ำทิ้งที่ออกจากถังหมักแรกให้แยกไปลงถังหมักที่เหลืออีกสองถังในจำนวนที่เท่า ๆ กัน การตัดแปลงนี้จะช่วยให้ระบบสามารถรับปริมาณน้ำเสียได้สูงขึ้นกว่าเดิม อีกทั้งยังให้อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพสูงขึ้น และเปอร์เซนต์มีเทนในก๊าซชีวภาพที่เกิดจากถังหมักมีเทนก็สูงขึ้นด้วย ตลอดจนระบบจะมีเสถียรภาพในการทำงานสูงขึ้น

2) ในกรณีที่ระบบเคมิกมีถังหมักเพียงถังเดียว ควรจัดสร้างถังหมักเพิ่มอีก 1 ถัง โดยให้มีขนาดใหญ่อีก $1/5 - 1/6$ ของถังหมักเดิม โดยให้สูบน้ำเสียเข้าถังหมักที่จัดสร้างขึ้นใหม่นี้ก่อน แล้วน้ำเสียที่ออกจากถังหมักแรกให้สูบน้ำเข้าถังหมักเคมิก ซึ่งจะช่วยให้ระบบที่ปรับปรุงใหม่นี้รับน้ำเสียเพิ่มขึ้นอีก 1 เท่าตัว ซึ่งจะเป็นการประหยัดค่าก่อสร้างเป็นอันมากเมื่อเปรียบเทียบกับการจัดสร้างระบบหมักใหม่ทั้งหมด เพื่อใช้บำบัดน้ำเสียส่วนที่เพิ่มขึ้นมา ทั้งนี้ให้เสถียรภาพในการทำงานดีกว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย